



ELETRICISTA DE SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

PRONATEC

*PROGRAMA NACIONAL DE ACESSO AO
ENSINO TÉCNICO E EMPREGO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO*

ELETRICISTA DE SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Material de uso exclusivo das aulas dos cursos do PRONATEC, elaborado e desenvolvido sob a responsabilidade da supervisão de curso.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
-------------------	----------

HISTÓRICO	6
------------------	----------

MÓDULO BÁSICO	7
----------------------	----------

1 - Fundamentos de eletricidade – 40H	7
1.2 - Elementos fundamentais dos circuitos elétricos	8
1.3 - Circuitos elétricos resistivos simples	9
1.4 - Potência e energia elétrica	12
1.5 - Definição de sistemas elétricos em C.A	13
1.6 - Sistemas elétricos trifásicos	13
1.7 - Instrumentos de medidas elétricas	14
1.8 - Elementos e componentes de uma instalação elétrica	18
1.9 - Elementos Fotovoltaicos	21
1.10 - Instalação de Equipamentos Elétricos	23
1.11 - Sistemas elétricos prediais	24
1.12 - Normas técnicas e de Segurança aplicáveis	25

2 - Fundamentos de energia solar fotovoltaica – 24 H	27
2.1 - Solarimetria - Generalidades	27
2.2 - Radiação solar	28
2.3 - Radiação Solar no Brasil	29
2.4 - Movimento Terra - Sol	30
2.5 - Orientação e inclinação de Módulos fotovoltaicos	31
2.6 - Sistemas de Energia Solar - Generalidades	33
2.7 - Sistemas Híbridos que utilizam energia solar	34
2.8 - Ângulos de uma instalação Solar - inclinação e orientação	36
2.9 - Suportes para Correção de ângulos	37

MODULO ESPECÍFICO	40
--------------------------	-----------

3 - Tecnologia fotovoltaica: Módulos, Arranjos e Células – 16H	40
3.1 - Células Fotovoltaicas	40
3.2 - Tipos de células fotovoltaicas	41
3.3 - Módulos fotovoltaicos	43
3.4 - Características Elétricas dos módulos fotovoltaicos	45
3.5 - Fatores de influência na geração fotovoltaica	46
3.6 - Associações de módulos fotovoltaicos	47
3.7 - Efeitos fotovoltaicos	51
3.8 - Caixa de Junção (Junction Box)	55
3.9 - Aspectos Relevantes para a Seleção de um Módulo Fotovoltaico	57
3.10 - Identificação das características Técnicas dos Módulos Fotovoltaicos	57
3.11 - Manutenção e Conservação	58

4 – Fundamentos de Energia Solar Fotovoltaica – 24H	59
4.1 – Sistemas Fotovoltaicos	59
4.2 – Sistemas Fotovoltaicos isolados	59
4.3 – Bateria	60
4.4 – Controlador de Carga	64
4.5 – Inversores	67
4.6 – Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica	71
4.7 – Dispositivos de Proteção utilizados em Sistemas Fotovoltaicos	75
5 – Medidas de Segurança do Trabalho – 16 H	82

MÓDULO AVANÇADO

6 – Montagem de Sistemas Fotovoltaicos – 60 H	90
6.1 – Fundamentos de Montagem de Sistemas FV	90
6.2 – Montagem de Sistemas FV	100
7 – Estudo da Viabilidade do Negócio – 20H	104
7.1 – A globalização e a ação empreendedora	104
7.2 – O empreendedor	105
7.3 – A teoria visionária dos empreendedores	110
7.4 – As forças e as etapas na criação de um negócio	111
7.5 – A pesquisa do mercado	112
7.6 – O plano de negócios	116

BIBLIOGRAFIA	121
---------------------	------------

INTRODUÇÃO

A energia solar pode ser convertida diretamente em eletricidade utilizando-se das tecnologias de células fotovoltaicas. É vista como uma tecnologia do futuro, visto que se utiliza uma fonte limpa e inesgotável que é o Sol. No cenário atual desta tecnologia, ela só encontra viabilidade econômica em aplicações de pequeno porte, seja sistemas rurais isolados (Iluminação, bombeamento de água etc), serviços profissionais (retransmissores de sinais, aplicações marítimas) e produtos de consumo (relógio, calculadoras, entre outros).

Porém, sabe-se que o mercado fotovoltaico tem um enorme potencial, visto que existe uma parcela significativa da população mundial, cerca de 1 bilhão de habitantes ou aproximadamente 20% da população mundial, localizadas principalmente nas áreas rurais, que não têm acesso a eletricidade. Pesquisas feitas nos últimos 10 anos, demonstram um aumento da eficiência dos módulos e diminuição considerável nos custos de produção, sinalizando boas perspectivas futuras, inclusive para aplicações de maior porte. Este futuro depende também do aumento das pressões mundiais para a utilização de fontes energéticas renováveis e limpas e a mudança de condutas e pensamento governamental dos países industrializados que buscam uma diversificação das fontes de suprimento energético.

HISTÓRICO

O conhecimento do processo fotovoltaico remonta ao século XIX, quando em 1839 o físico Antoine Henri Becquerel demonstrou a possibilidade de conversão da radiação luminosa em energia elétrica mediante a incidência de luz em um eletrodo mergulhado em uma solução de eletrólito.

Já neste século, na década de 30, os trabalhos de diversos pioneiros da física do estado sólido, como Lange, Grondahl e Schottkl, também apresentaram importantes caminhos para se obter uma clara compreensão do efeito fotovoltaico em junção do estado sólido.

No ano de 1949, Billing e Plessnar medem a eficiência de fotocélulas de silício cristalino, porém apenas em 1954 que surge a fotocélula de silício com as características semelhantes às encontradas hoje com eficiência de 6%.

O ano de 1958 marca o início, com grande sucesso, da utilização de fotocélulas nos programas espaciais, sendo este o principal uso das células solares até o final da década de 70. Grande impulso foi dado à utilização terrestre da geração fotovoltaica a partir da crise mundial de energia em 1973/1974.

A partir do fim da década de 70, o uso terrestre supera o uso espacial, sendo que esta diferença tem aumentado em grande escala. Este uso crescente vem sendo acompanhado por inovações que permitem o aumento da eficiência de conversão de energia das fotocélulas, bem como uma significativa redução de seus custos.

O problema da eficiência de conversão e custo de material, e ainda o grande conhecimento adquirido pela teoria física das células têm impulsionado a pesquisa de células solares produzidas com materiais diferentes do silício monocristalino.

No entanto, o conhecimento da tecnologia que emprega o silício, em particular o monocristal e a abundância da matéria prima que lhe dá origem, tem sido as razões mais importantes que tornaram o silício o material predominante no processo de desenvolvimento tecnológico, iniciando assim, o processo fotovoltaico.

MÓDULO BÁSICO

1. FUNDAMENTOS DA ELETRICIDADE – 40H

Grandezas elétricas no SI

No Sistema Internacional (SI) tem-se as seguintes grandezas elétricas com suas unidades:

Tensão elétrica ou DDP - (diferença de potencial)

Definição: É a diferença de potencial entre dois pontos, ou seja, é a “força” necessária para que haja o movimento de carga elétrica.

Representatividade: letra U

Unidade: Volt (V)

Corrente elétrica

Definição: É a relação entre a quantidade de carga elétrica que atravessa uma seção do condutor em um dado intervalo de tempo.

Representatividade: letra I

Unidade: Ampère (A)

$$(I) \quad I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Resistência elétrica

Definição: É uma resistência que se opõe ao fluxo da corrente elétrica.

Representatividade: letra R

Unidade: Ohm (Ω)

Potência elétrica

Definição: É uma grandeza obtida pela multiplicação da tensão pela corrente elétrica.

Representatividade: letra P

Unidade: Watt (W)

1.2 ELEMENTOS FUNDAMENTAIS DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

Nos circuitos elétricos tem-se os seguintes elementos básicos abaixo, os quais são as representações matemáticas dos componentes elétricos reais.

Fonte de tensão

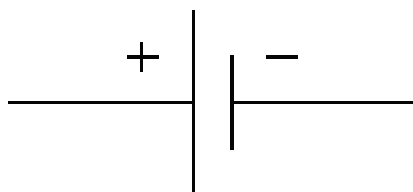


Figura: fonte de tensão contínua.



Figura: fonte de tensão alternada.



Figura: Pilha – fonte C.C

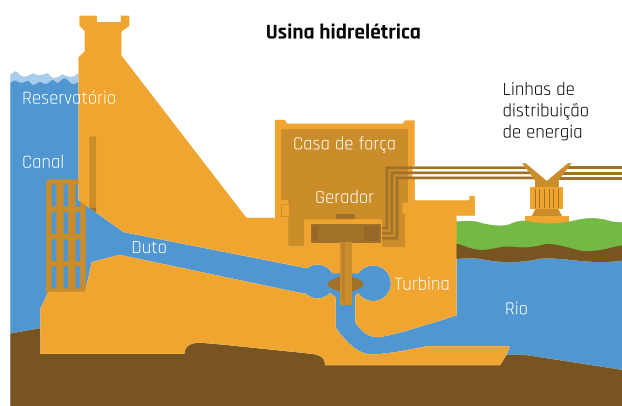


Figura . Gerador – Usina Hidrelétrica – Fonte CA

Resistência



Figura: Resistência elétrica

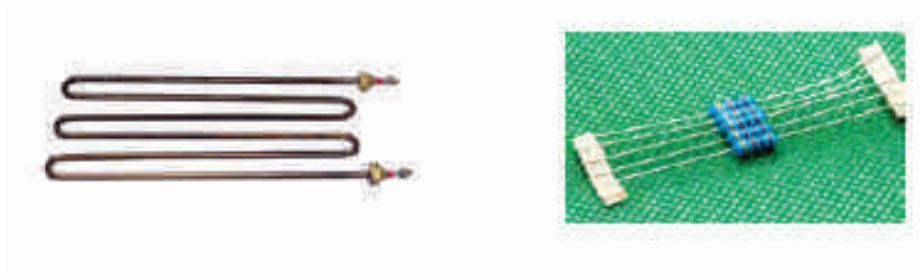


Figura: Resistência Elétrica – Imagem Real

Corrente elétrica



Figura: Indicação da Direção do Fluxo da Corrente Elétrica

OBS.: Nos circuitos Elétricos normalmente é indicado o sentido convencional da corrente elétrica, ou seja, do polo positivo para o polo negativo no caso de uma fonte CC, porém sabe-se que o sentido real da corrente elétrica é do polo negativo para o polo positivo de uma fonte CC.

1.3 CIRCUITOS ELÉTRICOS RESISTIVOS SIMPLES

Os circuitos elétricos resistivos simples são aqueles onde os componentes dos circuitos se restringem a Fonte de Tensão e Resistência Elétrica (resistores).

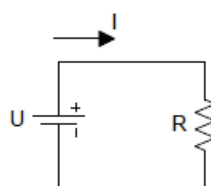


Figura: Circuito Elétrico Resistivo Simples

$$(II) U = R \times I$$

Exercício: Considerando um circuito elétrico resistivo simples, qual o valor da corrente elétrica solicitada por uma carga (Resistência) de $24\ \Omega$, quando esta está submetida a uma tensão de 12 V .

Solução: Representando matematicamente tem-se o circuito abaixo:

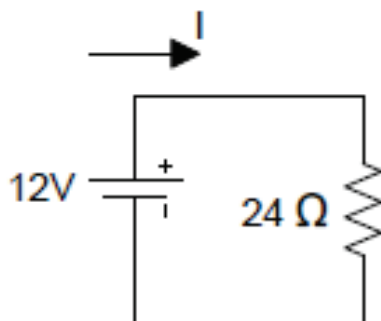


Figura: Exemplo Circuito Elétrico Resistivo Simples

Assim, pode-se aplicar a fórmula (II):

$$U = R \times I$$

$$12 = 24 \times I$$

$$I = 12/24$$

$$I = 0,5\text{ A} = 500\text{ mA}$$

Portanto, a corrente solicitada pela carga será de $0,5\text{ A}$.

Associação de resistores

Serie

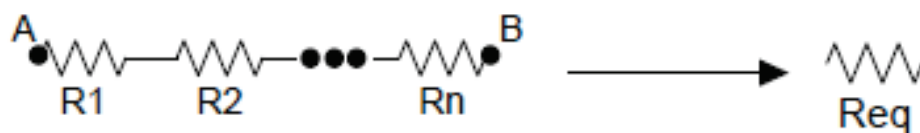


Figura: Associação de Resistores em Série

$$(III) R_{eq}(AB) = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Paralelo

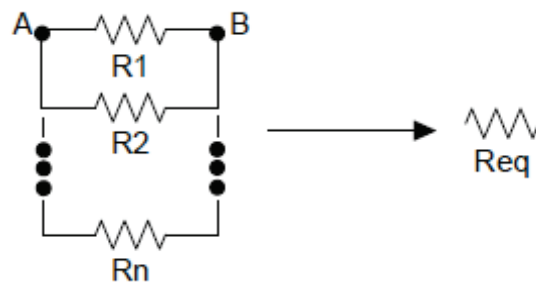


Figura: Associação de Resistores em Paralelo

$$(IV) \frac{1}{(Req(AB))} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \dots \frac{1}{Rn}$$

OBS.: Req (AB) = Resistência Equivalente entre os pontos A e B.

Exercício: Indicar a Resistência Elétrica Equivalente entre os pontos A e B das figuras abaixo.

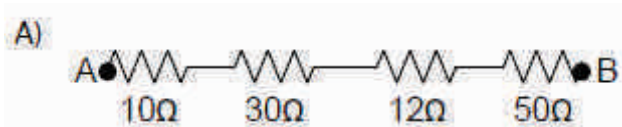


Figura: Exemplo de Associação de Resistores em Série

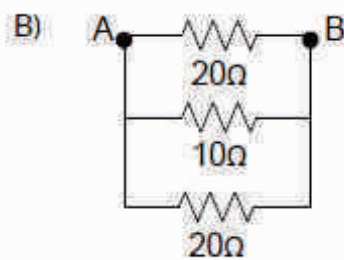
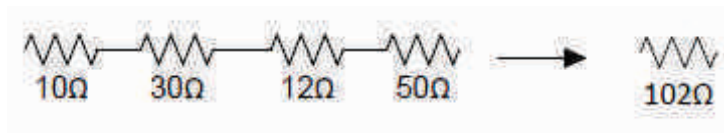


Figura. Exemplo de Associação de Resistores em Paralelo

Solução A: Observa-se que a associação anterior é em Série, portanto pode-se utilizar a Fórmula (III):

$$\begin{aligned} Req(AB) &= R1 + R2 + \dots + Rn \\ Req(AB) &= 10 + 30 + 12 + 50 \\ Req(AB) &= 102\Omega \end{aligned}$$



Solução B: Observa-se que a associação anterior é em P aralelo, portanto pode-se utilizar a Fórmula (IV):

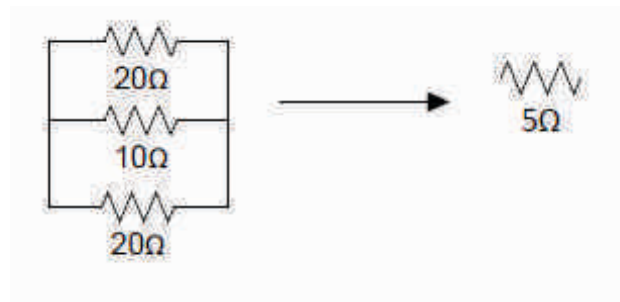
$$\frac{1}{(Req (AB))} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \dots \frac{1}{Rn}$$

$$\frac{1}{(Req (AB))} = \frac{1}{20} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{(Req (AB))} = \frac{(1+2+1)}{20} = \frac{4}{20}$$

$$\frac{(Req (AB))}{1} = \frac{20}{4}$$

$$Req(AB)=5\Omega$$



1.4 POTÊNCIA E ENERGIA ELÉTRICA

Como visto anteriormente, a potência é uma grandeza obtida pela multiplicação da tensão pela corrente elétrica. Assim tem-se a seguinte relação:

$$(V) P = U \times I$$

$$(II) U = R \times I$$

Associando a fórmula (II) com a fórmula (V), obtém-se:

$$P=R \times I \times I$$

$$(VI) P = R \times I^2$$

ou

$$(VII) P = \frac{U^2}{R}$$

Assim, a potência elétrica é uma grandeza que não necessita do tempo, portanto sua unidade é dada em W (Potência Ativa). A energia é uma grandeza obtida através da multiplicação da potência pelo tempo. Portanto:

$$(VIII) E=P \times t$$

Assim, a energia é uma grandeza que necessita do tempo, portanto sua unidade é dada em Wh (Potência Ativa).

Exemplo: Uma lâmpada que possui uma potência de 60 W, fica ligada por um período de 8h diárias. Considerando um mês de 30 dias, calcule a energia consumida em 1 mês.

Solução: Utilizando a equação (VII) tem-se:

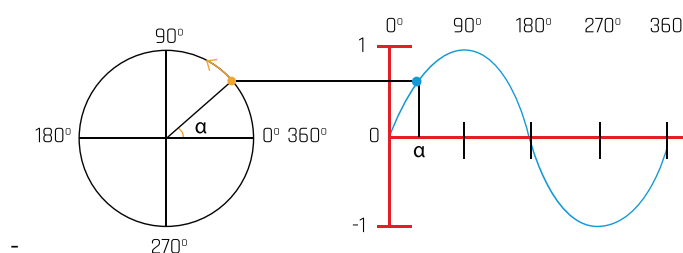
$$E = 60 \text{ W} \times 8 \text{ h} \times 30 \text{ dias}$$

$$E = 14400 \text{ Wh}$$

$$E = 14,4 \text{ kWh/mês}$$

1.5 DEFINIÇÃO DE SISTEMA ELÉTRICO EM C.A.

O sistema elétrico em CA (Corrente Alternada) é um sistema onde a fonte de tensão gera um sinal alternado. Este sinal de tensão tem a forma de uma onda senoidal, conforme figura posterior:



A frequência padronizada no Brasil é igual a $f = 60 \text{ Hz}$, ou seja, 60 ciclos em 1 segundo. Considerando que 1 ciclo é demonstrado na figura anterior.

Neste sistema tem-se um fluxo e refluxo de energia, assim a corrente elétrica altera o seu sentido a cada meio ciclo.

Para alguns equipamentos é importante essa variação do fluxo para o correto funcionamento dos mesmos, como por exemplo: transformadores, motores e etc. Lembrando que os transformadores são equipamentos de grande importância no sistema elétrico, pois através dos mesmos é possível deslocar grandes blocos de energia desde a geração (Hidrelétricas, termelétricas, etc) até o consumidor final evitando, dentre outras coisas, que o sistema necessite de bitolas de cabos com maiores dimensões que dificultariam a sua manipulação e instalação.

1.6 SISTEMA ELÉTRICO TRIFÁSICO

Um sistema elétrico trifásico é constituído por três fases de fasadas entre si em 120° conforme mostrado na figura a seguir.

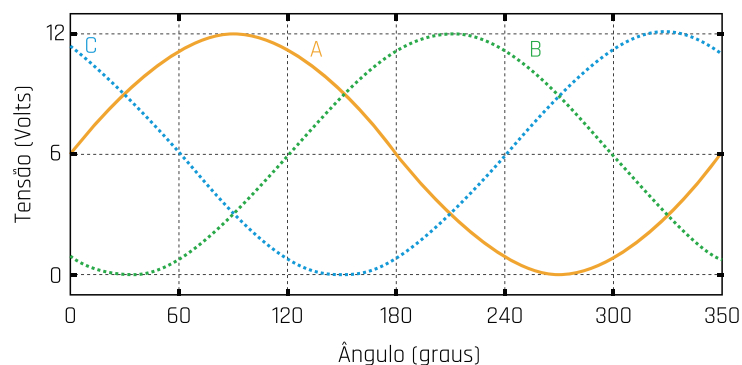


Figura: Circuito Trifásico

No setor industrial brasileiro, normalmente, a tensão entre duas fases distintas é 220 V, 380 ou 440 V alternada, dependendo da região. Assim, esta tensão é utilizada para acionar motores elétricos trifásicos.

1.7 INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS

Multímetro

Instrumento utilizado principalmente para medição de tensão, corrente e resistência elétrica.



Figura: Multímetro Digital

Amperímetro analógico

Instrumento utilizado para medição de corrente elétrica.



Figura: Amperímetro Analógico

Voltímetro analógico

Instrumento utilizado para medição de tensão elétrica.



Figura: Voltímetro Analógico

Terrômetro

Instrumento utilizado para medição de resistência de malha de aterramento e resistividade do solo.



Figura: Terrômetro digital

Medidor de relação de transformação

Instrumento utilizado para medição de relação de espiras em transformadores.



Figura: Medidor de Relação de Espiras de Transformação

Microhmímetro

Instrumento utilizado para medição de continuidade em circuitos elétricos. Pode ser utilizado para medir continuidade em sistemas de aterramento de máquinas e SPDA (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas).



Figura.: Microhmímetro Digital

Microhmímetro

Instrumento utilizado para medição da intensidade de radiação proveniente dos circuitos e equipamentos elétricos. Através desse equipamento é possível identificar pontos quentes nos circuitos elétricos.



Figura: Termovisor

Megômetro

Instrumento utilizado para medir resistência de isolamento, principalmente em buchas de transformadores.



Figura: Megômetro

Alicate amperímetro

Instrumento utilizado para medição de corrente elétrica em condutores (cabos).



Figura: Alicate Amperímetro

1.8 ELEMENTOS E COMPONENTES DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Cabos

Os cabos são condutores onde ocorre o deslocamento da corrente elétrica. Os mesmos possuem uma determinada bitola (área da seção transversal) em função da capacidade de condução de corrente elétrica bem como também nível de isolamento para a tensão elétrica os quais são submetidos.



Figura. Cabos elétricos

Disjuntores

São equipamentos utilizados para proteção dos condutores e circuitos elétricos com intuito de desligamento de um circuito quando ocorre uma sobrecarga ou curto circuito. Disjuntores Termomagnéticos:

Atuam na proteção do circuito contra sobrecargas e curto circuitos. Disjuntores DR (Diferencial Residual):

Atuam na proteção contra fuga de corrente elétrica dos circuitos protegendo os usuários contra possíveis choques elétricos.



Figura: Disjuntores Termomagnéticos



Figura: Disjuntores DR

Contactores

Equipamentos utilizados em conjunto com disjuntores para abertura do circuito controlando principalmente motores elétricos. O Contactor é considerado uma chave de abertura e fechamento do circuito elétrico, onde o fechamento é obtido quando se energiza a bobina do Contactor com tensões normalmente de 24V ou 220V, dependendo do tipo de Contactor.



Figura: Contactores

Medidores de energia

Equipamento utilizado para medição do consumo de energia elétrica em determinado circuito.



Figura: Medidores de Energia

Lâmpadas

Equipamentos utilizados para iluminação artificial de um determinado ambiente onde a luz natural não é suficiente para atender a necessidade do usuário.

Atualmente, utiliza-se bastante lâmpadas fluorescentes e há um crescimento na utilização de LEDs de alto brilho culminando em uma boa economia no consumo de energia elétrica, pois os LEDs possuem baixa potência para o mesmo nível de iluminação quando compara-se o mesmo com lâmpadas fluorescentes ou incandescentes.



Figura: Lâmpadas fluorescentes



Figura: lâmpadas de. LED s

Lâmpadas

Equipamentos utilizados para iluminação artificial de um determinado ambiente onde a luz natural não é suficiente para atender a necessidade do usuário.



Figura: Luminárias

Eletrodutos e canaletas

Equipamentos utilizados para armazenamentos e acomodação e proteção mecânica dos condutores elétricos.



Figura: Eletrodutos

Eletrodutos e canaletas

Equipamentos utilizados para transformação da energia elétrica através de aumento ou redução da tensão elétrica. Neste equipamento a corrente elétrica é inversamente proporcional a tensão, ou seja, se o transformador elevar no secundário a tensão elétrica aplicada no primário do mesmo, então irá diminuir a corrente do secundário quando comparada à corrente elétrica do primário.



Figura: Transformadores

1.9 ELEMENTOS FOTOVOLTAICOS

Em sistemas solares fotovoltaicos têm-se diversos componentes, podendo citar:

- Painéis Fotovoltaicos
- Banco de baterias
- Inversores
- Controlador de Carga

Nos painéis fotovoltaicos, é possível ter a seguinte divisão conforme descrito abaixo:
Célula fotovoltaica: Unidade elementar capaz de converter energia solar incidente em energia elétrica

- Módulo fotovoltaico: Agrupamento de células fotovoltaicas
- Painel fotovoltaico: Agrupamento de módulos fotovoltaicos

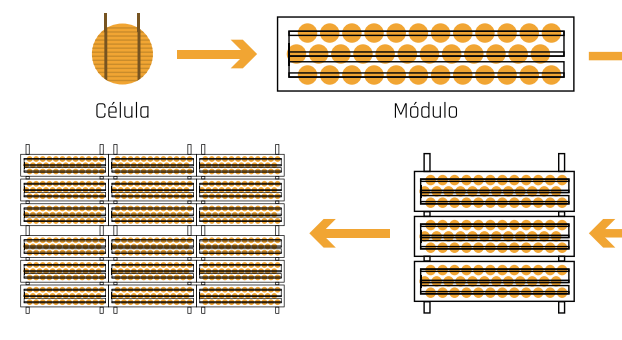


Figura: Diferença entre célula, módulo e painel fotovoltaico

Assim, a célula fotovoltaica é capaz de converter a energia solar incidente em energia elétrica. Normalmente, as células fotovoltaicas são fabricadas utilizando o material silício, podendo ser constituídas de cristais monocristalinos, policristalinos ou silício amorfo.

Na figura posterior, observa-se um sistema solar fotovoltaico não conectado (sistema isolado) a rede elétrica da concessionária local.

Esse sistema necessita de um banco de baterias para armazenamento de energia com intuito de utilização em períodos e horários em que haja pouca ou nenhuma incidência solar.

O inversor tem a finalidade de converter a tensão contínua em alternada, visto que os módulos fotovoltaicos convertem a energia solar para energia elétrica em forma contínua.

O controlador de carga tem a finalidade de regular o carregamento das baterias.

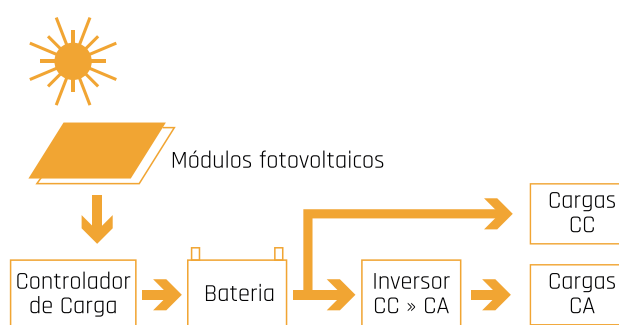


Figura: Sistema fotovoltaico isolado

Na próxima figura, é possível observar um sistema conectado a rede de energia da concessionária local, onde é necessário um medidor de energia específico para medição dos dois sentidos (geração e consumo).

Neste sistema o banco de baterias não é necessário, visto que quando há pouca ou nenhuma incidência solar o consumidor consome a energia elétrica da rede referente a concessionária local.

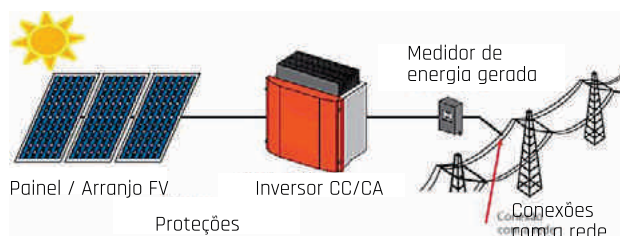


Figura: Sistema fotovoltaico conectado a rede

1.10 INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Aterramento elétrico

O sistema de aterramento elétrico é um dos pontos mais importantes quando se trata em segurança em instalações e serviços em eletricidade.

O aterramento tem a finalidade de escoar as cargas elétricas excedentes para a terra, devido a sinistros nas instalações.

O equipamento utilizado para medição de malha de aterramento é o Terrômetro, onde o mesmo calcula a resistência de malha de terra, com intuito de garantir que a resistência não seja muito elevada e que as cargas elétricas possam ser escoadas para a terra quando for necessário.

Um sistema de aterramento bem dimensionado e funcionando corretamente é de extrema importância para os sistemas de proteção dos circuitos elétricos.

Resistividade do solo

A resistividade do solo pode ser afetada de acordo com vários fatores como:

- Tipo de Solo
- Temperatura
- Pressão
- Compactação
- Umidade

Fatores que influenciam na resistência da haste

Diâmetro da Haste: Quanto maior o diâmetro da haste menor será a resistência elétrica.

Hastes em Paralelo: Quanto mais hastes em paralelo menor será a resistência elétrica equivalente.

Comprimento da haste: Quanto maior o comprimento da haste menor será a resistência elétrica.

Tratamento Químico do solo: Através do tratamento químico do solo pode-se reduzir o valor da resistividade do mesmo.

Superfícies equipotenciais de uma Haste: Se as hastes estiverem em paralelo, as mesmas devem estar distantes o suficiente para que a superfície equipotencial de cada haste não seja cancelada pela superfície equipotencial proveniente de uma segunda haste.

Caso, haja o cancelamento parcial das superfícies equipotenciais, o aterramento teria uma menor eficácia, pois haveria uma redução na capacidade de escoamento de uma determinada carga elétrica.

1.11 SISTEMAS ELÉTRICOS PREDIAIS

De acordo com a Norma Técnica NT- 001/2012 R-05 da COELCE referente ao fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição, tem-se:

Ligação Monofásica

Unidades consumidoras

Conectadas à rede aérea de BT (Baixa Tensão):

Carga Instalada até o limite de 10kW.

Conectadas à rede Subterrânea de BT: Carga instalada até o limite de 15kW.

Estas unidades consumidoras devem ser atendidas através de condutor fase e neutro, onde a tensão fase- neutro seja 220 V.

Neste contexto podem ser conectadas no máximo as seguintes cargas individuais:

Motor com potência individual até 3 CV;

Aparelho com potência individual até 5 kW;

Máquina de solda a transformador com potência até 2 kVA;

Aparelho de Raios X com potência até 4 kVA.

NOTA: Em áreas rurais, onde a unidade consumidora for suprida através de transformador monofásico exclusivo para o cliente, admite-se a ligação de motor monofásico com potência individual até 5 CV.

Ligação Bifásica

Unidades consumidoras

Conectadas à rede aérea de BT (Baixa Tensão):

Carga Instalada até o limite de 20kW.

Conectadas à rede Subterrânea de BT: Carga instalada até o limite de 30kW.

Estas unidades consumidoras devem ser atendidas através de dois condutores fase e um neutro, onde a tensão fase-neutro seja 220 V e a tensão de linha seja de 380 V.

Neste contexto podem ser conectadas no máximo as seguintes cargas individuais:

- Motor monofásico com potência individual até 5 CV, em 380 V;
- Aparelho com potência individual até 8 kW, em 380 V;
- Máquina de solda a transformador com potência individual até 6 kVA, em 380 V;
- Aparelho de Raios X com potência individual até 8 kVA, em 380 V.

Ligação Trifásica

Unidades consumidoras

- Conectadas à rede aérea de BT (Baixa Tensão):
- Carga instalada até o limite de 75kW.
- Conectadas à rede Subterrânea de BT: Carga instalada até o limite de 100kW.

Estas unidades consumidoras devem ser atendidas através de três condutores fase e um neutro, onde a tensão fase-neutro seja 220 V e a tensão de linha seja de 380 V.

Neste contexto podem ser conectadas no máximo as seguintes cargas individuais:

- Motor trifásico com potência individual até 30 CV, em 380 V;
- Aparelho trifásico não resistivo, com potência individual até 20 kVA;
- Máquina de solda a transformador trifásico com potência até 15 kVA;
- Aparelho de Raios X trifásico com potência até 20 kVA.

OBS: É importante estudar e analisar as características de tensão de fornecimento da distribuidora local, pois no caso acima mencionamos como exemplo a norma NT-001/2012 pertencente a distribuidora de energia elétrica COELCE (Companhia Energética do Ceará).

Para ter o conhecimento das normas de fornecimento de energia elétrica com relação a prédios de múltiplas unidades consumidoras referentes a área de atuação da COELCE deve-se analisar a NT-003/2012 R-03 pertencente a mesma distribuidora de energia.

1.12 NORMAS TÉCNICAS E DE SEGURANÇA APLICÁVEIS

- NR 06: Equipamentos de Proteção Individual – EPI
- NR 10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
- NR 17: Ergonomia
- NR 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
- NR 26: Sinalização de Segurança
- NR 35: Trabalho em Altura
- NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão

- NBR 14039: Instalações Elétricas de Média Tensão
- NBR 14200/1998: Acumulador Chumbo-Ácido estacionário ventilado para o sistema fotovoltaico - Ensaaios
- NBR 15389/2006: Bateria de Chumbo-Ácido estacionária regulada por válvula – Instalação e Montagem
- NBR 11704/2008: Sistemas fotovoltaicos –Classificação
- NBR 10899/2013: Energia Solar fotovoltaica –Terminologia
- NBR IEC 62116/2012: Procedimentos de Ensaio de Anti-ilhamento para inversores de Sistemas Fotovoltaicos
- Conectados à rede Elétrica.
- ABNT NBR 16149/2013: Sistemas Fotovoltaicos (FV)

2. FUNDAMENTOS DE ENERGIAS SOLAR FOTOVOLTAICA – 24H

2.1 SOLARIMETRIA – GENERALIDADES

Para o desenvolvimento de projetos com intuito de captação e conversão da energia solar é importante a medição da radiação solar na superfície terrestre, pois como normalmente as regiões possuem variações da intensidade dessa radiação ao longo do ano, essas medições terão a funcionalidade de garantir o máximo de aproveitamento dos recursos naturais, viabilizando instalações e sistemas fotovoltaicos.

Os instrumentos mais utilizados para a medição da irradiação solar são o piranômetro e o pireliômetro, vejamos:

Piranômetro: Utilizado para medições da irradiação global. Os tipos principais de piranômetro são o termoeletrico e o piranômetro fotovoltaico. O piranômetro do tipo fotovoltaico tem a vantagem de possuir um menor custo, porém com uma menor precisão quando comparado ao piranômetro termoeletrico.



Figura: Piranômetro Fotoelétrico



Figura Piranômetro Fotovoltaico

Pireliômetro: Utilizado para medições da irradiação direta.

Os instrumentos podem ser classificados em três categorias de acordo com a ISO 9060 (Energia Solar – Especificação e classificação de instrumentos para medir a radiação solar e direta hemisférica). Essas categorias referem-se a precisão do equipamento.

- Padrão Secundário
- Primeira Classe
- Segunda Classe

Segundo a WMO – World Meteorological Organization, os instrumentos possuem a seguinte classificação:

- Alta qualidade (erro máximo de 2% admitido na irradiação diária)
- Boa qualidade (erro máximo de 5% admitido na irradiação diária)
- Qualidade razoável (erro máximo de 10% admitido na irradiação diária)

Assim, os piranômetros termoeletricos são classificados como de boa qualidade enquanto que os piranômetros fotovoltaicos são classificados como de qualidade razoável. Veja a imagem abaixo:



Figura: Pireliômetro

Com as medições realizadas é possível elaborar um trabalho com um índice maior de acerto na fase de projeto.

Os dados coletados devem ser verificados, observando a veracidade dos mesmos mediante alguns parâmetros como os valores obtidos por modelos, bem como se existe proximidade de valores entre sensores diferentes.

Em primeiro momento os dados coletados, após os filtros descritos anteriormente, serão reduzidos culminando em várias formas de apresentação, dentre elas pode-se citar as curvas de distribuição de frequência da irradiância.

As estações de medição de dados e técnicas de medição da radiação solar a partir de satélites estão sendo aprimoradas proporcionando maior abrangência das áreas estudadas.

Os sistemas computacionais são grandes aliados nas obtenções dos dados de medição da irradiação solar, porém deve-se observar que estes dados são normalmente indicados em superfícies horizontais, enquanto que os painéis fotovoltaicos geralmente são colocados em planos inclinados e com diferentes orientações.

2.2 RADIAÇÃO SOLAR

A energia em forma de ondas eletromagnéticas que provém do sol, chamamos de Radiação Solar, sendo que esta pode ser transmitida através do vácuo, ou seja não precisa de meio para se propagar.

Irradiância X Irradiação

- **Irradiância Solar:** É a relação entre potência e área da região de incidência. Assim, a mesma é expressa por W/m^2 .

Curiosidades: A Irradiância que chega à terra advinda do Sol possui valor médio de aproximadamente 1.367 W/m^2

- **Irradiação Solar:** É a relação entre a quantidade de energia solar incidente e a área de determinada superfície durante um período de tempo definido. Assim, a mesma é expressa por $\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{dia})$ ou $\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{mês})$ ou $\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$.

OBS: Para instalação solar fotovoltaica a irradiação solar anual em determinada localidade é considerada um parâmetro fundamental.

Componentes da Radiação Solar

- Radiação direta: incide diretamente na superfície sem ter sido espalhada pela atmosfera
- Radiação difusa: radiação incidente na superfície após ter sido dispersada de raios solares diretos por moléculas em suspensão na atmosfera.
- Radiação refletida: radiação que incide na superfície após reflexão (devida ao albedo).

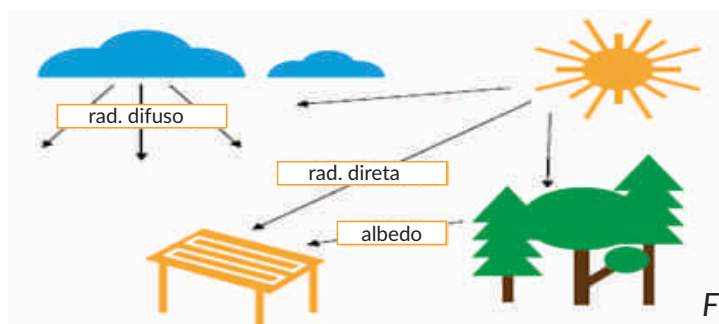


Figura: Componentes da Radiação Solar

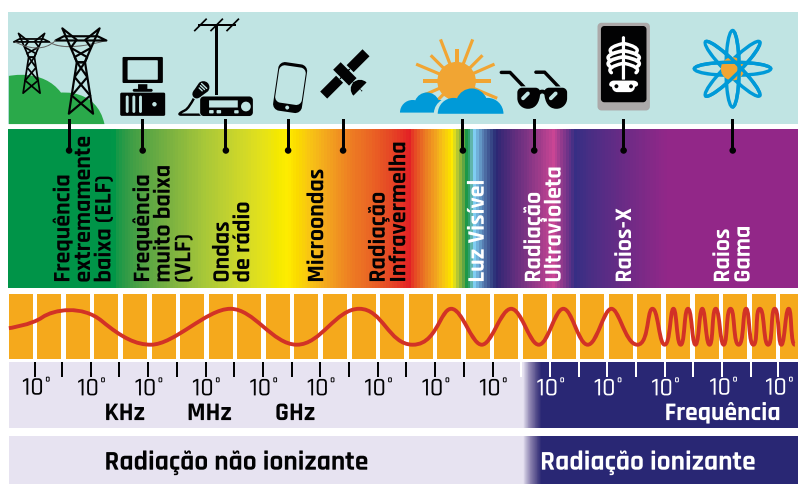


Figura: Espectro Eletromagnético

2.3 RADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL

Quando se compara o Brasil com outros países da Europa com relação a incidência de radiação solar verifica-se que aquele possui um índice mais elevado, facilitando a instalação de estruturas com intuito de captação da energia solar para conversão em energia elétrica.

No Brasil, o desenvolvimento de módulos fotovoltaicos foi iniciado em meados dos anos 50 no INT- Instituto Nacional de Tecnologia e no CTA - Centro Tecnológico de Aeronáutica. Por volta de 1970, o IME- Instituto Militar de Engenharia com parceria internacional iniciou o desenvolvimento de tecnologias de filmes finos.

No final dos anos 70 e início da década de 80, duas fábricas de módulos fotovoltaicos (Silício Cristalino) iniciaram suas atividades no Brasil, porém as mesmas tiveram baixa produtividade devido a falta de incentivo e consequente migração da pesquisa para outras áreas.

Nos anos 80 e 90 houve pesquisas destinadas à purificação do Silício com intuito de utilização em células fotovoltaicas.

Na década de 90, países como a Alemanha e Japão tiveram grande desenvolvimento na área de tecnologia fotovoltaica enquanto que a difusão da tecnologia no Brasil ficou defasada.

Atualmente, o Brasil possui várias linhas de pesquisas em universidades bem como laboratórios destinados a testes e análises de módulos fotovoltaicos, inversores e controladores de carga, porém o Brasil ainda está bastante defasado em relação ao desenvolvimento de países europeus no quesito utilização da energia solar.

Abaixo tem-se um gráfico mostrando os maiores fabricantes de módulos fotovoltaicos do mundo em 2012.

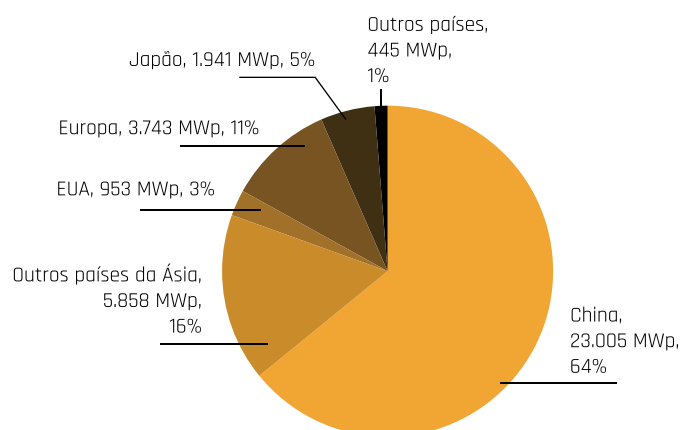
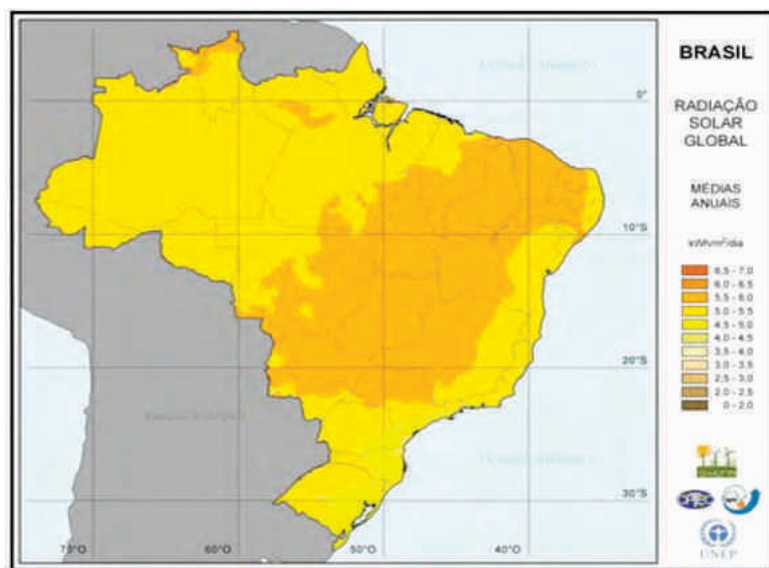


Figura - Distribuição de produção mundial de módulos fotovoltaicos em 2012

Para além disso, tem-se uma figura demonstrando as médias anuais dos níveis de irradiação solar no Brasil.



2.4 MOVIMENTO TERRA – SOL

O sol possui a seguinte estrutura dividida em regiões conforme figura abaixo.

Assim, o Sol é considerado uma grande esfera de gás incandescente, onde há geração de energia através de reações termonucleares no núcleo.

A terra descreve uma trajetória elíptica em seu movimento anual em torno do sol.

O Eixo da Terra em relação ao plano normal à elipse apresenta uma inclinação de aproximadamente 23,450. Essa inclinação da Terra em conjunto com o seu movimento de translação resulta nas estações do ano.

Ao lado segue figura com relação ao movimento da terra em relação a sol, proporcionando as estações do ano. A Terra também possui um sistema de rotação em torno do seu próprio eixo culminando em dias e noites.

Para que a Terra possa concluir uma volta em torno do seu próprio eixo é necessário um tempo de aproximadamente 24 h, ou seja, 1 dia.

Para que a Terra possa concluir uma volta em torno do sol é necessário um tempo de aproximadamente 365 dias, ou seja, 1 ano.

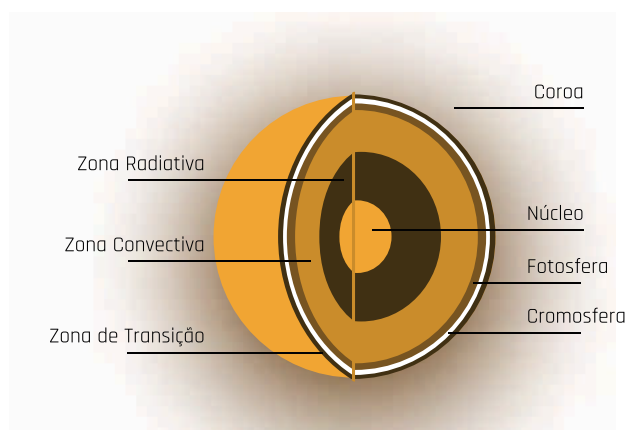


Figura: Estrutura do Sol

2.5 ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Para que ocorra a máxima captação da energia solar, deve-se observar tanto a orientação como a inclinação dos módulos fotovoltaicos.

Com relação a orientação, os módulos devem ser orientados em direção à linha do equador.

- Instalações localizadas no hemisfério Sul

A face do módulo voltada para o norte verdadeiro.

- Instalações localizadas no hemisfério Norte

A face do módulo voltada para o Sul verdadeiro.

Normalmente, a direção do Sul verdadeiro (ou do Norte Verdadeiro) não coincide com a do Sul Magnético (ou Norte Magnético). Assim, deve ser realizada a correção do referencial magnético, para tanto utiliza-se a Declinação magnética do local de instalação. A declinação Magnética pode ser encontrada através de mapas e programas computacionais.

Vejamos as figuras abaixo:

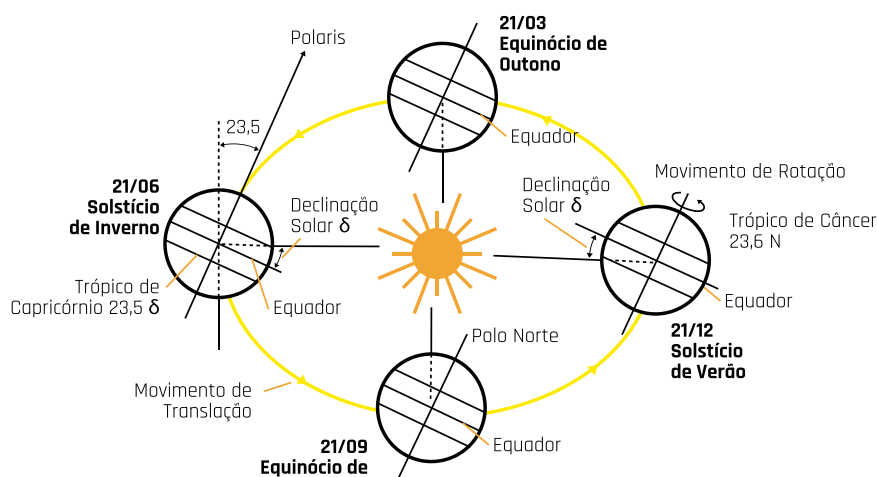


Figura: Órbita da Terra em torno do Sol

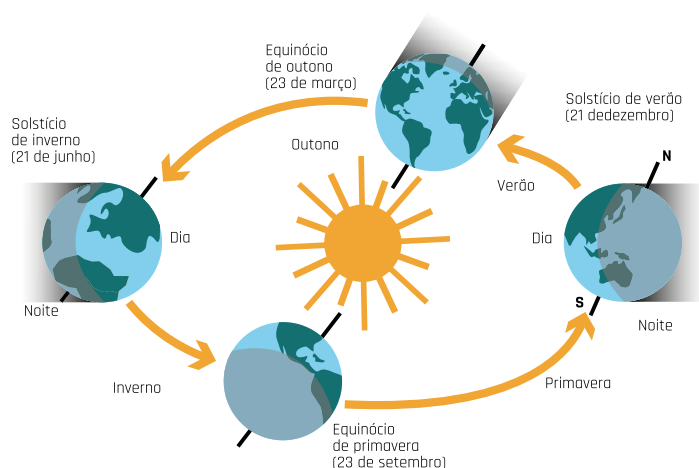


Figura: Movimentos da Terra e as Estações do ano

Bússola

É uma ferramenta de orientação com uma agulha magnética onde a mesma é atraída pelo magnetismo terrestre, assim é possível localizar-se através dos pontos cardeais. Desde a antiguidade, a bússola foi utilizada para navegação, porém com o crescimento da tecnologia, hoje é possível se localizar através de sistemas como GPS – “Global Positioning System”.



Figura: Bússola

Características magnéticas da terra

A Terra se comporta como um grande ímã onde o pólo Norte geográfico está próximo do pólo Sul Magnético assim como o pólo Sul geográfico está próximo do pólo Norte Magnético, conforme figura abaixo.

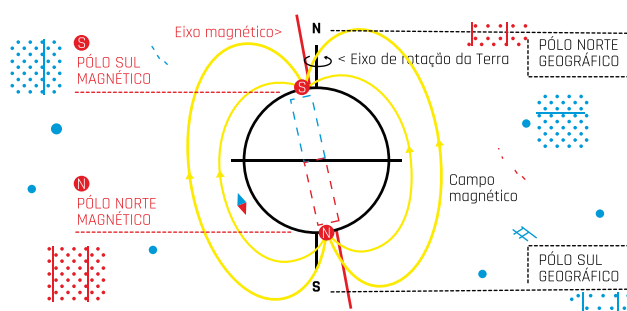


Figura: Características Magnéticas da Terra

Com relação ao ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos, com o intuito de obter a máxima geração de energia ao longo do ano, o mesmo deve ser igual à latitude onde o sistema será instalado.

Montagem da estrutura de suporte dos módulos

A estrutura possui a seguinte finalidade:

- Posicionar os módulos fotovoltaicos de forma estável
- Auxiliar na dissipação de calor garantindo a eficiência dos módulos
- Possibilitar distanciamento dos módulos evitando danos aos mesmos devido ao processo de dilatação.

Portanto, os módulos em alguns casos devem ser montados sobre essas estruturas para que o sistema funcione da melhor forma possível garantindo a eficiência do módulo e correta orientação e angulação de inclinação.

Vejamos a figura:



Figura: Suporte para módulo fotovoltaico

2.6 SISTEMA DE ENERGIASOLAR – GENERALIDADES

Sistema Fotovoltaico Isolado

O sistema fotovoltaico isolado tem a característica principal de não ser conectado a rede elétrica. A figura abaixo representa este sistema.

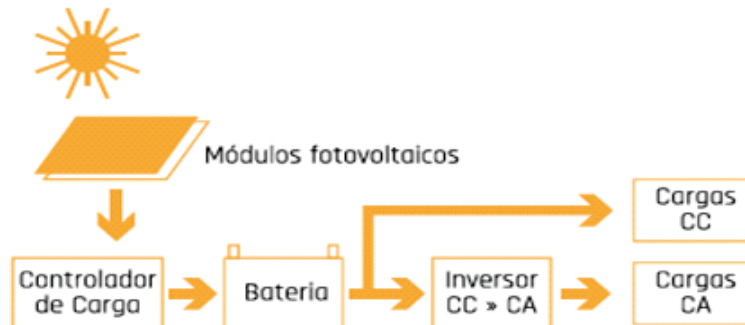


Figura: Sistema fotovoltaico isolado

Os principais equipamentos que constituem este sistema são:

Módulos Fotovoltaicos: Captação da luz solar convertendo em energia elétrica.

Controlador de carga: Controlar o nível de carregamento da Bateria

Baterias: Armazenamento de carga para ser utilizada posteriormente quando não existir incidência solar nos módulos fotovoltaicos

Inversor CC/CA: converte a tensão elétrica contínua para alternada

OBS: O módulo Fotovoltaico gera tensão contínua, portanto é necessário um inversor CC/CA para alimentação de cargas CA (Alternada).

Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

Para um sistema fotovoltaico conectado à rede não é necessário um banco de baterias, pois este sistema fornece energia elétrica para o consumidor em conjunto com a rede elétrica tradicional.

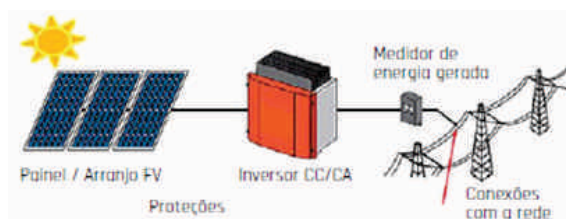


Figura. Sistema fotovoltaico conectado a rede

Assim quando há incidência de radiação solar o consumidor será abastecido com energia proveniente do módulo fotovoltaico e quando não há incidência solar o consumidor é abastecido pela rede da concessionária local.

Através da resolução 482 da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, quando ocorre uma geração de energia elétrica superior ao que o consumidor necessita através de módulos fotovoltaicos, esse excedente irá para a rede elétrica da concessionária local e gera-se um crédito de energia que pode ser utilizado como desconto na próxima fatura de energia elétrica do consumidor.

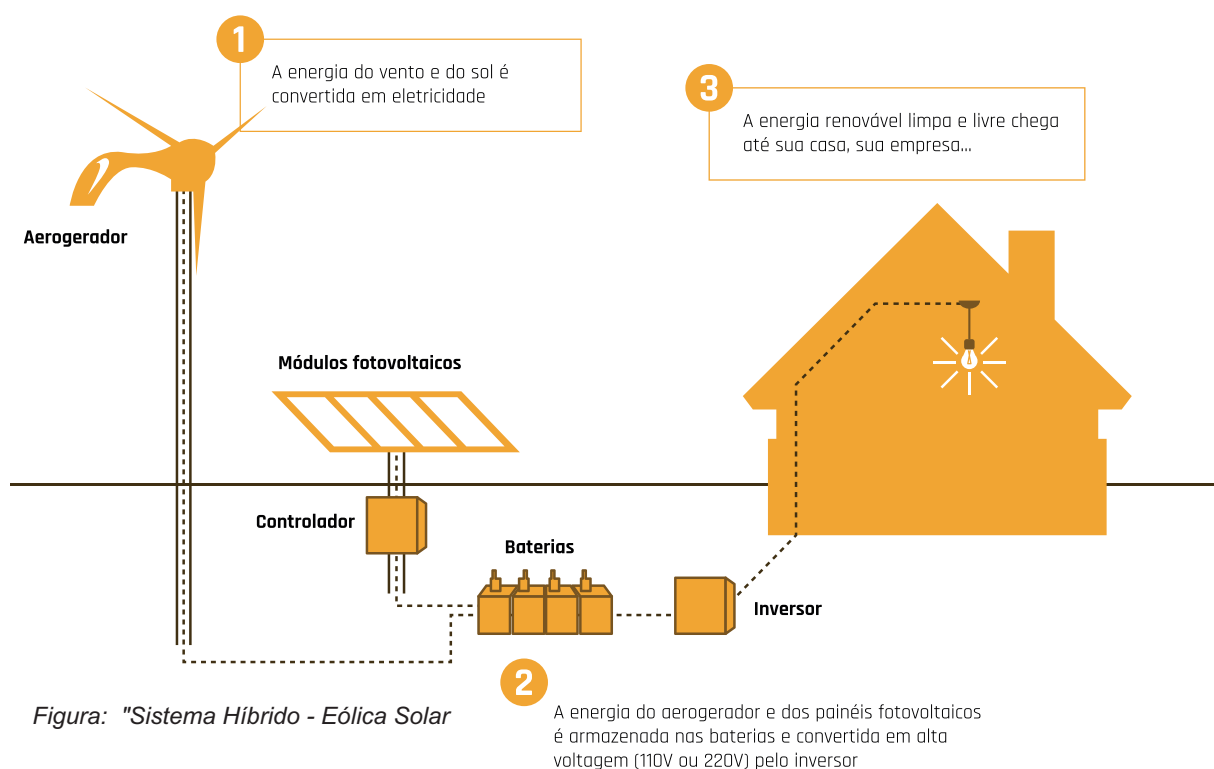
2.7 SISTEMAS HÍBRIDOS QUE UTILIZAM ENERGIA SOLAR

Os Sistemas Híbridos têm a característica de utilizar diferentes fontes de energia de forma combinada, como Energia Solar e Energia Eólica. Cada uma das aplicações depende principalmente da disponibilidade dos recursos energéticos na localidade.

O Sistema Híbrido tem como finalidade proporcionar maior eficiência no sistema, assim como um maior equilíbrio no fornecimento de energia.

Quando se considera por exemplo um sistema híbrido diesel- fotovoltaico, cada fonte terá contribuição no sistema dependendo dos seguintes fatores:

- Investimento inicial
- Custo de Manutenção
- Dificuldade de Obtenção do Combustível
- Poluição do ar
- Poluição sonora do grupo gerador a diesel
- Área ocupada pelo sistema fotovoltaico
- Curva de Carga



Na página anterior a demonstra um sistema Híbrido onde o mesmo é composto por módulos fotovoltaicos em conjunto com uma turbina eólica.

É importante observar que na figura passada é importante o armazenamento de energia através de banco de baterias.

Normalmente, os sistemas híbridos são utilizados para atendimento de cargas em corrente alternada (CA), portanto é necessário um inversor para converter o sistema CC em CA.

Quando o empreendimento se localiza em regiões remotas, o sistema híbrido torna-se desvantajoso, considerando que esse sistema possui uma maior complexidade em termos de operação e manutenção.

Quando há um sistema híbrido através da combinação de painéis fotovoltaicos e aerogeradores pode-se ter tanto geração durante o dia como durante a noite, pois o aerogerador poderia gerar principalmente energia elétrica no período noturno.

Nas figuras abaixo, também pode ser utilizado um sistema de aquecimento de água (Solar Térmica).



Figura: Sistema Híbrido 2 – Eólica-solar



Figura: Sistema Híbrido 3 – Eólica-solar

A instalação de um sistema híbrido proporciona um maior rendimento e retorno econômico quando se compara com sistemas independentes de energia solar, hídrica, eólica ou biomassa.

É possível também ser encontrado um sistema combinado entre painéis fotovoltaicos em conjunto com grupo gerador diesel e aerogeradores conforme figura abaixo:

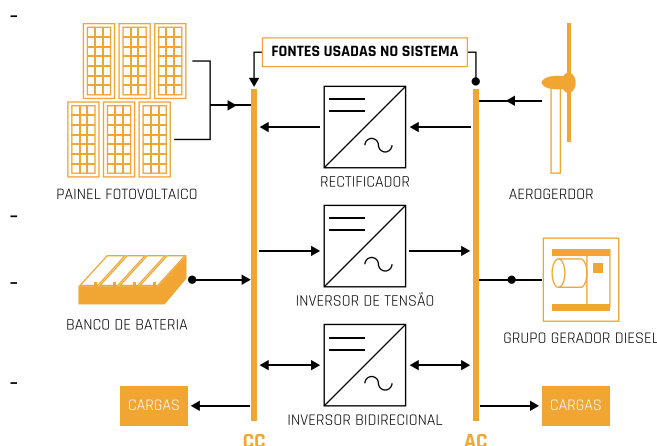


Figura Sistema Híbrido – Eólica-Solar- Gerador Diesel

Assim, diversas combinações de fontes distintas podem ser obtidas, constituindo assim um sistema híbrido.

2.8 ÂNGULOS DE UMA INSTALAÇÃO SOLAR – INCLINAÇÃO E ORIENTAÇÃO

Como visto anteriormente, os módulos fotovoltaicos localizados no hemisfério Sul devem estar com a face orientada para o Norte Verdadeiro. Neste caso, é importante que o clima local não varie muito ao longo do dia.

Quando o local da instalação esteja no hemisfério norte, os módulos fotovoltaicos devem estar com sua face voltada para o Sul verdadeiro.

Com relação a inclinação dos módulos fotovoltaicos observa-se que a mesma deve estar no máximo entre -10° e $+10^{\circ}$ em torno da latitude do local com intuito obtenção do máximo desempenho dos módulos.

Para áreas localizadas próximas ao equador, onde a latitude varia entre -10° e $+10^{\circ}$ é importante que a inclinação mínima do módulo seja de 10° , com intuito de facilitar a limpeza dos módulos em períodos de chuva.

As impurezas como poeira reduzem a capacidade de captação de luz dos módulos, portanto a limpeza periódica desses torna-se essencial para um bom funcionamento do sistema.

Atualmente, já existem geradores fotovoltaicos onde ocorre o rastreamento do movimento aparente do sol proporcionando melhorias na captação da radiação solar.

Quando se compara em termos de custos, os sistemas automáticos possuem o custo mais elevado de implantação e manutenção em relação aos sistemas manuais, porém aqueles possuem um maior desempenho no sistema.

2.9 SUPORTES PARA CORREÇÃO DE ÂNGULOS

O suporte de instalação tem como finalidade proporcionar em todos os casos estabilidade e correto posicionamento do módulo fotovoltaico em terrenos ou estrutura de prédios sem prejudicar a estética deste.

A estrutura de suporte deve ser eletricamente aterrada e de material resistente as condições ambientais do local garantindo confiabilidade e segurança.

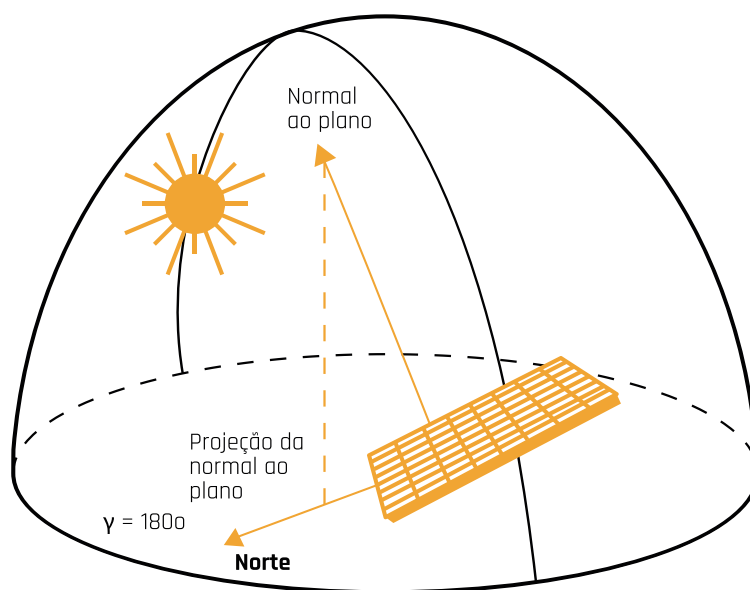


Figura: Orientação da face dos módulos em local no hemisfério sul

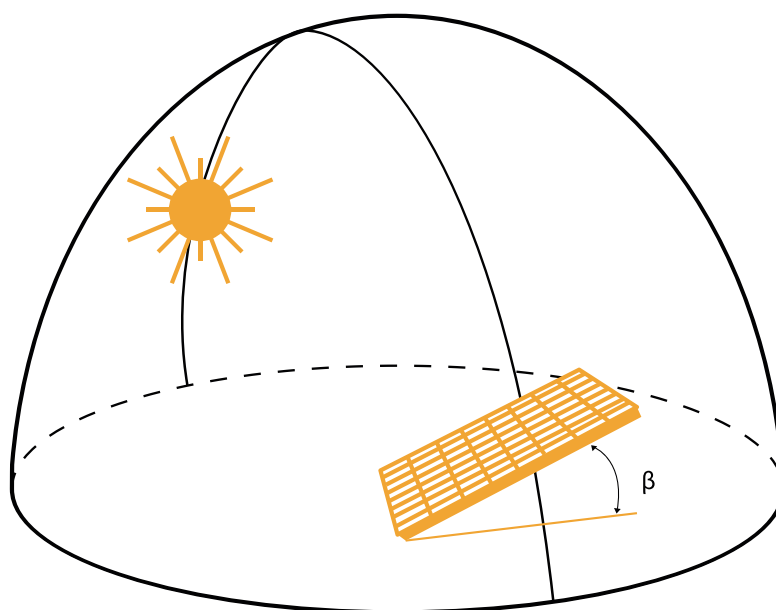
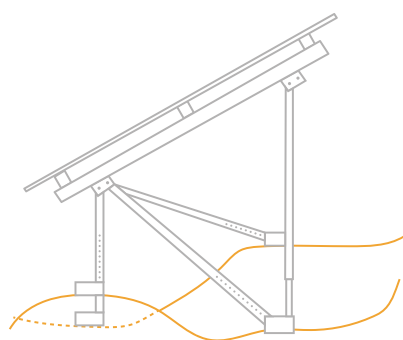


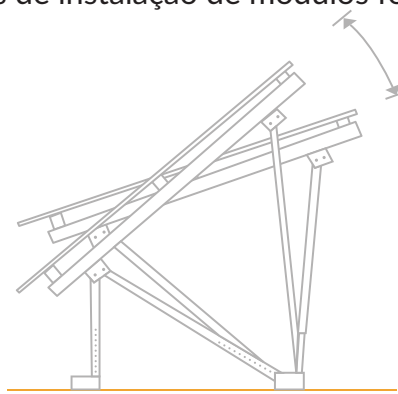
Figura: Ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos

Conforme figura abaixo, tem-se as formas usuais de instalação de módulos fotovoltaicos.

- 1.Solo
- 2.Poste
- 3.Fachada
- 4.Telhado



Adaptação a superfície



Flexibilização do posicionamento dos módulos

Figura: Estruturas de sustentação fotovoltaico

Dentre as vantagens e desvantagens das diferentes formas de instalação podem-se citar as que estão na tabela abaixo.

Forma de Instalação	Vantagens	Desvantagens
(1) Estrutura de sustentação no solo	· Fácil instalação · Fácil manutenção · Estrutura robusta · Indicado para sistemas de qualquer porte	· Mais propícia a situações de sombreamento · Mais sujeita a acúmulo da poeira e contato de pessoas, objetos e animais
(2) Poste	· Fácil instalação · Menos propícia a situações de sombreamento · Mais segura contra contato de pessoas, objetos e animais	· Estrutura menos robusta · Maior dificuldade de manutenção · Indicada apenas para sistemas de pequeno porte
(3) Fachada	· Menos propícia a situações de sombreamento · Mais segura contra contato de pessoas, objetos e animais · Ajuda a reduzir a carga térmica interna da edificação	· Instalação mais trabalhosa · Maior dificuldade de manutenção · Riscos associados ao trabalho em altura · O porte do sistema deve ser adequado à área e à suportabilidade mecânica da edificação
(4) Sobre a edificação	· Menos propícia a situações de sombreamento · Mais segura contra contato de pessoas, objetos e animais · Estrutura de suporte mais simples	· Instalação mais trabalhosa · Maior dificuldade de manutenção · Riscos associados ao trabalho em altura · O porte do sistema deve ser adequado à área e à suportabilidade mecânica da cobertura

Tabela 1. Vantagens e desvantagem de formas de instalação de módulos fotovoltaicos

Normalmente, em sistemas residenciais os módulos fotovoltaicos são instalados no telhado, porém quando não é possível a instalação no telhado, os módulos são instalados em poste ao lado a residência.

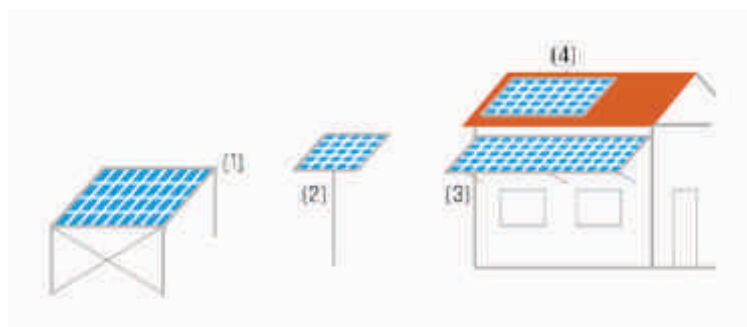


Figura: Formas de instalação de módulos fotovoltaicos



Figura: Sistema fotovoltaico localizado em região isolada

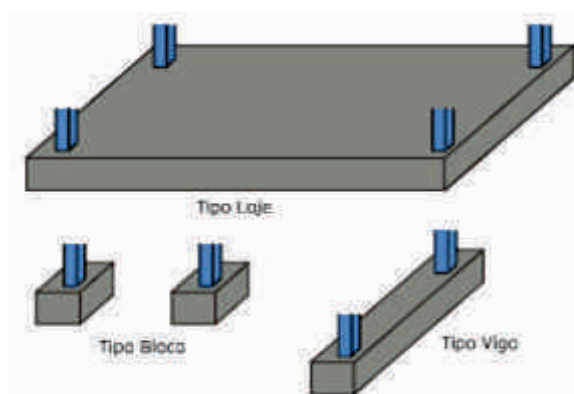


Figura: Fundação tipo bloco de cimento

Figura: Sistema fotovoltaico localizado em região isolada

MODULO ESPECÍFICO

3. TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA – 16H

3.1 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

A célula fotovoltaica é o elemento principal na geração de eletricidade a partir da energia solar. Quando uma célula fotovoltaica é exposta a luz surge uma tensão em seus terminais e assim a capacidade de gerar corrente elétrica. A palavra fotovoltaica vem de Foto, que tem sua raiz na língua grega que significa 'luz' e Voltaica, da unidade de medida de tensão elétrica volt.

As células fotovoltaicas são feitas de materiais semicondutores onde o material que é mais utilizado para a fabricação das mesmas é o silício. No entanto, o silício por si só não é capaz de gerar muita eletricidade quando exposto à luz.

Para conseguir níveis elevados de corrente elétrica o silício é misturado com outros materiais (a exemplo do fósforo e boro) para conseguir gerar eletricidade a níveis satisfatórios.

A mistura desses materiais com o silício faz com que a célula fotovoltaica gere corrente elétrica em apenas um sentido, em outras palavras as células fotovoltaicas geram corrente contínua.

Veja abaixo uma ilustração que mostra uma célula fotovoltaica recebendo radiação solar e convertendo em eletricidade para alimentar uma carga. Note que a parte superior é o pólo negativo e a parte inferior é o pólo positivo da célula fotovoltaica.

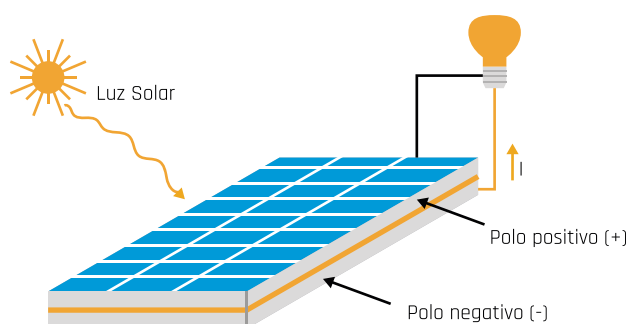


Figura: Célula fotovoltaica recebendo radiação solar

Se expusermos uma célula fotovoltaica ao sol e ligarmos uma carga formando um circuito elétrico fechado podemos medir com um amperímetro a corrente gerada e com um voltímetro a tensão da célula aplicada a essa carga.

De forma geral podemos dizer que a tensão nominal de uma célula fotovoltaica é da ordem de 0,5V e que sua corrente varia de acordo com a sua potência nominal.

Exemplo: Dadas duas células fotovoltaicas, sendo uma de 2W e a outra de 3,6W, calcule a corrente nominal que essas células podem fornecer.

Sabendo que a tensão nominal de uma célula fotovoltaica é de aproximadamente 0,5V, para calcular a corrente basta tomar mão da clássica equação de potência. Sendo assim, para a célula de 2W, teremos:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{2W}{0,5V} = 4A$$

Já para a célula de 3,6W, teremos:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3,6W}{0,5V} = 7,2A$$

3.2 TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

As células fotovoltaicas mais comuns encontradas atualmente no mercado são de três tipos, as de silício monocristalino, as de silício policristalino e as de filme fino de silício. Vejamos a seguir as diferenças entre essas tecnologias.

Silício Monocristalino

As células de silício monocristalino são as mais eficientes devido ao material utilizado apresentar um grau de pureza bastante elevado. Essas células podem apresentar uma eficiência na ordem de 18% comercialmente e chegar aos 25% de eficiência em laboratório, mas para que o silício apresente um grau de pureza muito elevado o seu processo de fabricação demanda de muito investimento e energia, o que eleva o preço final desse tipo de célula, tornando-a a mais cara dentre as três. Essas células costumam apresentar uma aparência e coloração uniforme como podemos notar na imagem abaixo.



Figura: Célula de silício Monocristalino

Silício Policristalino

As células de silício policristalino apresentam uma desuniformidade em sua coloração devido ao processo de purificação do material ser menos exigente e mais barato. Essa produção menos exigente faz com que a eficiência desse tipo de célula seja mais baixa em relação a das células de silício monocristalino, podendo ficar em torno dos 13 e 15% nas células comerciais.

Podemos notar na imagem abaixo o aspecto de cor desuniforme em uma célula de silício policristalino.

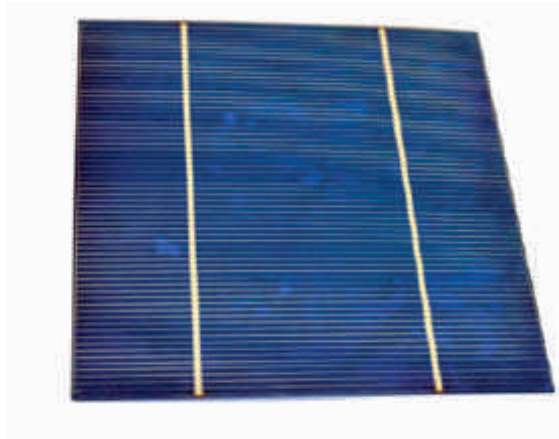


Figura: Célula de silício Policristalino

Filme Fino De Silício

A tecnologia das células de filme fino de silício é mais recente que a tecnologia monocristalina e policristalina.

O seu processo de fabricação se dá por meio do depósito de finas camadas de material a base de silício sobre uma superfície que pode ser rígida ou flexível. A tecnologia de filme fino mais empregada é a desilício amorfo. Essa tecnologia apresenta um baixo rendimento (entre 5 e 8%) e a desvantagem de diminuir sua eficiência no primeiro ano de uso devido à degradação pela exposição a radiação solar.

Essa redução tende a se estabilizar após o primeiro ano de uso. Devido ao seu baixo custo de fabricação esse tipo de célula é muito utilizada em calculadoras, brinquedos e pequenos aparelhos eletrônicos que demandam uma baixa energia em seu funcionamento.

As células de silício amorfo apresentam uma coloração escura e uniforme como mostrado na imagem abaixo.



Figura: Célula de filme fino de silício

A tabela abaixo relaciona as diferentes tecnologias de células fotovoltaicas com suas respectivas eficiências:

Tipo de célula fotovoltaica	Eficiência em laboratório	Eficiência comercial
Silício Monocristalino	25%	15 a 18%
Silício Policristalino	20%	13 e 15%
Silício Amorfo	13%	5 a 8%

Tabela: Eficiência das tecnologias de energia fotovoltaica

3.3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Vimos que as células fotovoltaicas geram tensões muito baixas (da ordem de 0,5V) se forem utilizadas individualmente. Em aplicações práticas se faz necessário o uso de tensões mais elevadas para alimentar cargas habituais.

Vimos que as células fotovoltaicas geram tensões muito baixas (da ordem de 0,5V) se forem utilizadas individualmente. Em aplicações práticas se faz necessário o uso de tensões mais elevadas para alimentar cargas habituais.

Os módulos fotovoltaicos (também chamados de painéis fotovoltaicos ou placas fotovoltaicas) são estruturas rígidas que comportam várias células interligadas em série para se obter uma tensão maior em seus terminais. Quando vamos representar um módulo fotovoltaico em um diagrama elétrico utilizamos a simbologia abaixo:



Figura: Simbologia do módulo fotovoltaico

Os módulos fotovoltaicos de silício Monocristalino e Policristalino apresentam conexões em série entre suas células, onde a parte superior de uma célula (pólo negativo) é conectada ao pólo inferior (pólo positivo) da próxima célula. O número de células conectadas em série depende da tensão final desejada para o módulo. A figura abaixo ilustra uma conexão em série típica entre 36 células fotovoltaicas:

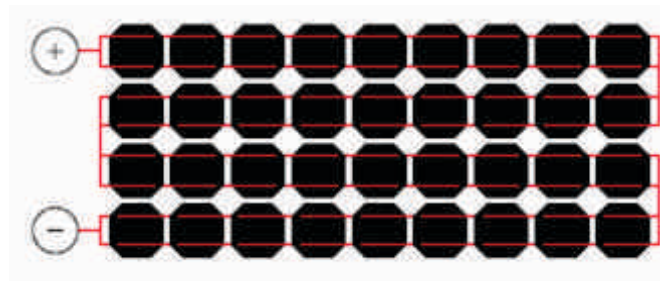


Figura: Exemplo de como é feita a conexão entre células fotovoltaicas em um módulo

É muito comum encontrarmos módulos fotovoltaicos com 36 células para aplicações de baixa e média potência, onde a tensão requerida dos módulos não é tão elevada. Para aplicações de maior potência é comum o uso de módulos fotovoltaicos de até 60 células, pois os equipamentos de condicionamento de potência em sistemas de maior porte utilizam tensões mais altas em suas entradas, com isso o número de módulos no projeto se torna reduzido.

Já os módulos de filme fino apresentam uma única célula, pois o material é depositado sobre toda a área do módulo desejado. Os módulos de filme fino geralmente apresentam uma tensão maior que os módulos de silício monocristalino e policristalino podendo chegar até 70V, no entanto a corrente de saída geralmente é reduzida.

Na construção de um módulo fotovoltaico as células são recobertas com lâminas plásticas transparentes para evitar o contato direto com a lâmina de vidro que fica na parte superior. A parte inferior do módulo é revestida com um material plástico um pouco mais rígido e a moldura é feita com peças de alumínio para dar rigidez e não comprometer o peso do módulo.

Por fim é instalada uma caixa de conexões elétricas, também conhecida como caixa de junção (do inglês Junction Box), na parte inferior do módulo onde são conectados os cabos de saída. Veja na figura abaixo uma vista explodida de um módulo fotovoltaico.

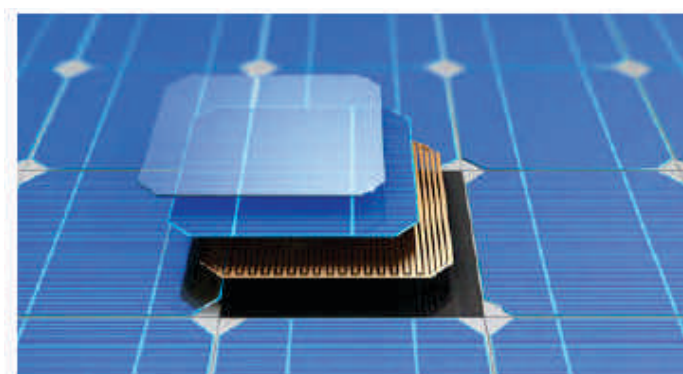


Figura: Vista explodida de um módulo fotovoltaico para identificar suas partes

3.4 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Um módulo fotovoltaico pode ser especificado por sua potência elétrica de pico nominal (W_p), no entanto, as características de tensão e corrente para módulos de mesma potência e de fabricantes diferentes podem variar um pouco.

A potência nominal ou potência de pico que é informada pelo fabricante é a potência que o módulo pode fornecer levando em consideração as condições de teste padrão realizadas em laboratório (STC – do inglês Standard Test Conditions).

Após a fabricação de um módulo, o fabricante realiza testes de desempenho elétrico para traçar a curva característica do módulo e extrair alguns parâmetros importantes. Nesse teste, o módulo é colocado em uma câmara que simula níveis de radiação solar, temperatura e massa de ar fixa. A Irradiância na qual o módulo é submetido é de $1000W/m^2$, a temperatura das células fotovoltaicas controlada em $25^\circ C$ e a massa de ar (AM) de 1,5.

A seguir vamos entender o funcionamento dos módulos fotovoltaicos e compreender as informações técnicas fornecidas pelos fabricantes.

Curva característica $I \times V$ de um módulo fotovoltaico

O módulo fotovoltaico apresenta uma curva característica diferente das curvas de fontes de tensão convencionais. Mantendo um nível de Irradiância fixa sobre o plano frontal do módulo fotovoltaico, a tensão e a corrente do mesmo dependem da carga que está conectada em seus terminais.

A relação entre a tensão e a corrente de um módulo fotovoltaico é mostrada na figura abaixo.

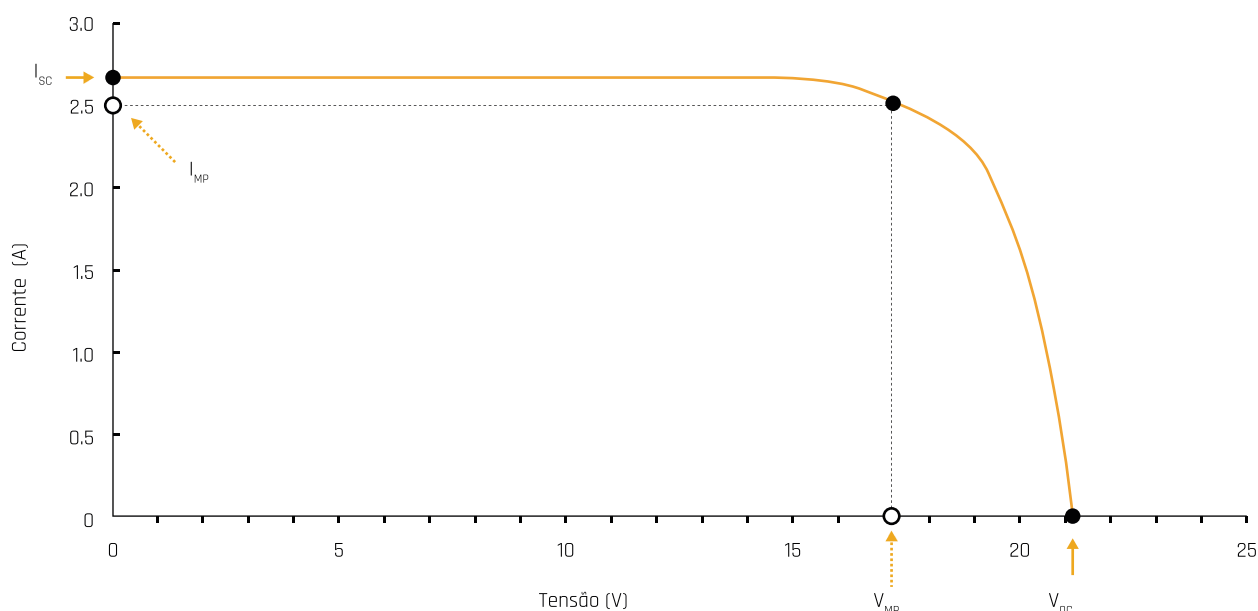


Figura: Curva $I \times V$ de um módulo fotovoltaico

O ponto de operação do módulo pode excursionar por toda a curva traçada acima a depender da carga conectada. Podemos notar alguns pontos singulares nesta curva, tais como:

- **ISC** – Corrente de Curto Circuito: Corrente máxima que um módulo fotovoltaico pode fornecer. Como o próprio nome diz, a mesma é obtida a partir de um curto circuito em seus terminais. Para realizar a medição de ISC basta fazer um curto circuito nos terminais do módulo e medir a corrente que flui com um amperímetro. Na curva acima esse valor é de aproximadamente 2,7A.
- **VOC** – Tensão de Circuito Aberto: Máxima tensão entre os terminais de um módulo. É quando o mesmo não está fornecendo corrente elétrica. Pode ser medida com um voltímetro ligado aos terminais do módulo fotovoltaico sem que o mesmo esteja alimentando qualquer carga, ou seja, em circuito aberto. Na curva acima essa tensão é de 21V.
- **IMP** – Corrente de Máxima Potência: Valor de corrente que corresponde à situação na qual o módulo fornece máxima potência. Na curva essa corrente vale 2,5A.
- **VMP** – Tensão de Máxima Potência: Valor de tensão que corresponde à situação na qual o módulo fornece máxima potência. Na curva essa tensão é de 17V.
- **PMP** – Ponto de Máxima Potência: Máxima potência que o módulo fotovoltaico pode entregar para um determinado nível de irradiância solar. É calculado como sendo o produto VMP x IMP, portanto, se levarmos em consideração que essa curva foi traçada a partir das condições de teste padrão (STC = irradiância de 1000W/m^2 , temperatura de célula de 25°C e massa de ar de 1,5), podemos estimar que a potência desse módulo é de aproximadamente $17\text{A} \times 2,5\text{A} = 42,5\text{W}$.

3.5 FATORES DE INFLUÊNCIA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

O principal fator que influencia a geração fotovoltaica é o nível de Irradiância solar que chega até as células fotovoltaicas, mas existe outro fator que pode também influenciar na geração que é a temperatura das células.

Influência da radiação solar

A corrente elétrica que o módulo fotovoltaico pode fornecer depende diretamente da intensidade da radiação solar que incide sobre as células. Com uma Irradiância de 1000W/m^2 o módulo é capaz de fornecer a corrente máxima especificada em sua etiqueta (sob temperatura de 25°C). Com pouca luz a corrente fornecida pelo módulo é muito pequena e sua capacidade de gerar energia é severamente reduzida. Veja no gráfico ao lado as diferentes curvas I-V para diferentes níveis de Irradiância.

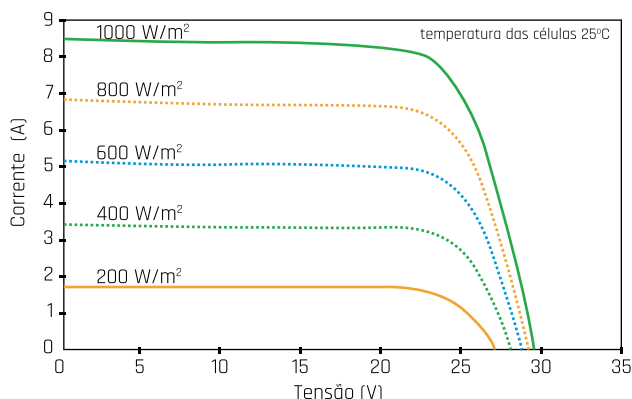


Figura: Curva I x V para diferentes níveis de irradiância

Notamos que à medida que a irradiância solar diminui a corrente gerada pelo módulo cai quase que proporcionalmente enquanto a tensão do módulo pouco sofre com esse efeito. Concluimos que quanto menor a irradiância solar incidente no módulo menor será a potência gerada pelo mesmo.

Influência da temperatura

A temperatura tem influência sobre a tensão que o módulo apresenta em seus terminais e, conseqüentemente, na potência fornecida pelo mesmo. Em temperaturas mais baixas a tensão aumenta e em temperaturas mais altas a tensão diminui. Veja no gráfico abaixo como a tensão pode variar para diferentes temperaturas de células.

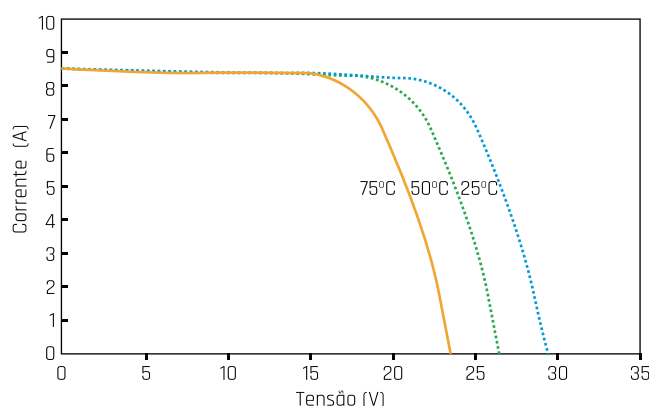


Figura: Curva I x V para diferentes temperaturas de células

3.6 ASSOCIAÇÕES DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

No dimensionamento da geração fotovoltaica, o projetista tem que identificar as características elétricas do módulo fotovoltaico a ser instalado no sistema. Com exceção de pequenos sistemas de baixa potência, costuma-se associar módulos fotovoltaicos para atingir uma faixa de tensão, corrente ou potência na qual um único módulo não é capaz de produzir.

Módulos fotovoltaicos em série

Associamos módulos fotovoltaicos em série quando o projeto necessita que a geração fotovoltaica atinja valores de tensão nos quais os módulos comerciais não apresentem.

Na conexão série as tensões dos módulos se somam e a corrente que percorre os módulos é a mesma. Um detalhe importante é que os módulos fotovoltaicos conectados em série devem ser de mesmo tipo e modelo mantendo a unicidade das características elétricas entre eles para evitar que um módulo fotovoltaico de menor capacidade de geração (seja de potência menor ou de corrente menor) limite a capacidade de geração dos módulos de maior capacidade

A figura abaixo ilustra a associação série entre dois módulos fotovoltaicos:

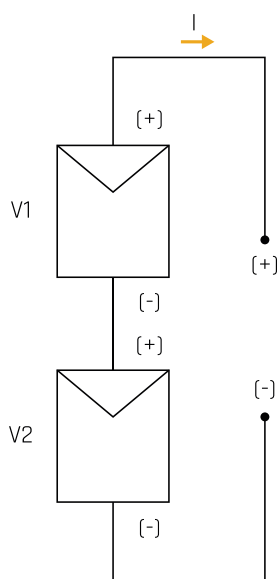


Figura : Conexão de módulos fotovoltaicos em série

Damos o nome de string a um conjunto de módulos conectados em série.

Exemplo: Vejamos o resultado de uma conexão série entre dois módulos fotovoltaicos que apresentam para as condições de teste padrão STC as seguintes características elétricas:

Características elétricas para 1000W/m² e 25°C	
Potência de pico (Wp)	140W
Tensão de circuito aberto (VOC)	22,1V
Tensão de máxima potência (VMP)	17,7V
Corrente de curto circuito (ISC)	8,68A
Corrente de máxima potência (IMP)	7,91A

Tabela: Características elétricas

Na conexão série as tensões dos módulos se somam, sendo assim teremos:

- **VOC = 22,1V + 22,1V = 44,2V**
- **VMP = 17,7V + 17,7V = 35,4V**

No entanto as correntes permanecem as mesmas.

Sendo assim:

- **ISC = 8,68A**
- **IMP = 7,91A**

O produto $V_{MP} \times I_{MP}$ resulta na potência de pico W_p da associação, se calcularmos com os resultados obtidos anteriormente, teremos:

- $W_p = V_{MP} \times I_{MP} = 35,4V \times 7,91A = 280W$

Com isso concluímos que a potência também é somada na associação série.

Módulos fotovoltaicos em paralelo

Ao associar módulos fotovoltaicos em paralelo as correntes geradas por cada módulo se somam e a tensão entre eles permanece a mesma. Esse tipo de associação também soma as potências de cada módulo resultando em uma potência final maior. Note que os terminais positivos dos módulos são interligados entre si e o mesmo deve acontecer para os terminais negativos.

É importante que os módulos associados em paralelo apresentem mesma tensão, pois um módulo de tensão menor pode passar a receber energia de outro módulo de tensão maior, funcionando como consumidor ao invés de gerador.

Vejamos o diagrama de uma associação em paralelo entre dois módulos fotovoltaicos:

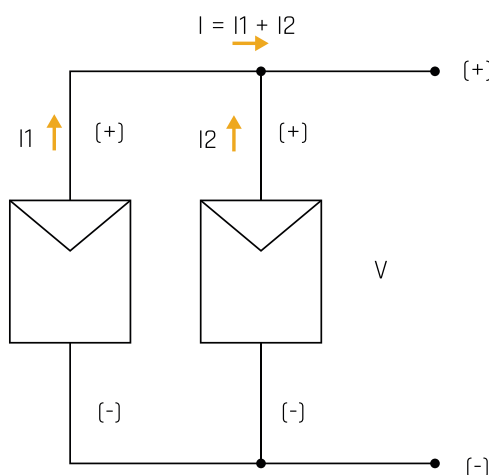


Figura: Conexão paralela entre módulos fotovoltaicos

Exemplo: Utilizando os mesmos módulos fotovoltaicos da tabela 1 anterior, teremos como resultado de uma associação paralela o seguinte:

As tensões permanecem as mesmas:

- $V_{OC} = 22,1V$
- $V_{MP} = 17,7V$

Já as correntes geradas pelos módulos serão somadas resultando em:

- $I_{SC} = 8,68A + 8,68A = 17,36A$
- $I_{MP} = 7,91A + 7,91A = 15,82A$

Ao multiplicarmos os resultados de V_{MP} por I_{MP} chegaremos na seguinte potência de pico dessa associação:

- $W_p = 140W + 140W = 280W$

Notamos que a potência de cada módulo também foi somada como na associação série.

Associação mista (série – paralela)

É muito comum a associação mista entre módulos fotovoltaicos aplicados a projetos de médio/grande porte para atingir níveis de tensões e potências mais altas do que um simples string pode chegar.

Ao conectarmos strings em paralelo estaremos somando as correntes de cada string e no final de tudo somando as potências de todos os módulos fotovoltaicos.

Note na figura abaixo como é feita uma associação mista:

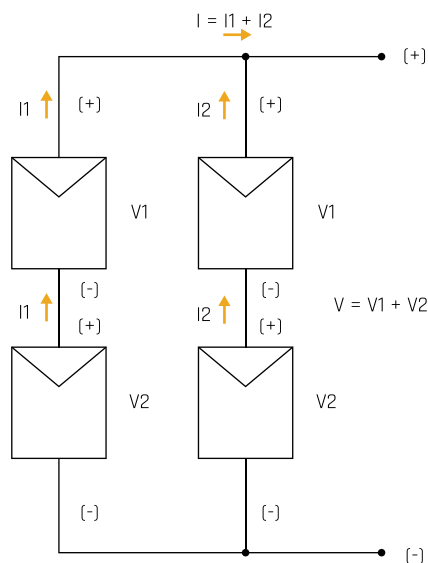


Figura: Conexão mista entre módulos fotovoltaicos

Exemplo: Conectando em paralelo dois strings iguais, teremos:

As tensões finais serão as tensões dos strings que é resultado da soma de dois módulos em série:

- $VOC = 22,1V + 22,1V = 44,2V$

- $VMP = 17,7V + 17,7V = 35,4V$

As correntes geradas por cada string se somarão, resultando em:

- $ISC = 8,68A + 8,68A = 17,36A$

- $IMP = 7,91A + 7,91A = 15,82A$

Para calcular a potência de pico total dessa associação basta multiplicar VMP por IMP resultando em:

- $Wp = 35,4V \times 15,82A = 560W$

Outra forma de calcular a potência de pico resultante de qualquer associação é multiplicar o número de módulos associados pela potência dos mesmos. Sendo assim:

- $Wp = N^{\circ} \text{ de módulos} \times \text{Potência}$

Como nessa associação mista temos quatro módulos de 140W, teremos:

- $Wp = 4 \times 140W = 560W$

3.7 EFEITOS DO SOMBREAMENTO

Quando um módulo fotovoltaico é sombreado parcialmente, onde apenas uma ou mais células passam a receber menos radiação solar em relação as demais, o mesmo diminui sua capacidade de geração elétrica. Como as células em um módulo fotovoltaico são conectadas em série, a célula sombreada que teve sua capacidade de geração reduzida acaba limitando a passagem de corrente das demais comprometendo toda a geração do módulo.

O efeito de sombreamento parcial pode ser gerado por uma folha de uma árvore que caiu sobre o módulo, pela sombra causada por uma antena ou por qualquer outro objeto que venha gerar sombra.

Esse efeito pode causar danos à célula sombreada e, conseqüentemente, ao módulo fotovoltaico, pois essa célula passará a funcionar como uma carga elétrica consumindo energia e dissipando em forma de calor.

Caso a energia dissipada por essa célula seja demasiadamente elevada poderão surgir pontos permanentemente danificados, nos quais chamamos de pontos quentes, podendo chegar a destruir a célula e inutilizar o módulo.

Para identificarmos pontos quentes em células fotovoltaicas podemos utilizar uma câmera termográfica.

A imagem abaixo mostra com clareza esse efeito:

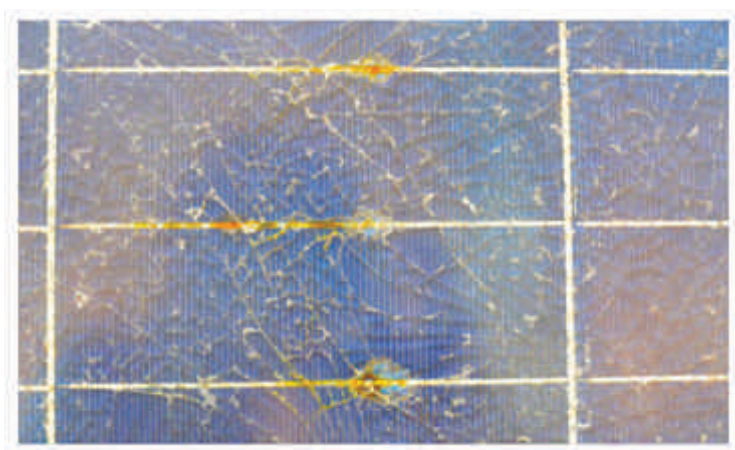


Figura: Célula fotovoltaica destruída por ponto quente.

Diodos de desvio

Para diminuir os problemas causados pelo sombreamento parcial em módulos fotovoltaicos são utilizados diodos semicondutores conectados em antiparalelo a um conjunto de células ou ao próprio módulo fotovoltaico.

Diodos são dispositivos eletrônicos que permitem a passagem de corrente elétrica em apenas um sentido.

Quando o diodo está diretamente polarizado, ou seja, quando existe um potencial positivo entre o seu Ânodo e o seu Cátodo, o mesmo passa a conduzir corrente funcionando como uma chave fechada. Já quando aplicamos um potencial negativo entre o Ânodo e o Cátodo do diodo, dizemos que o mesmo está inversamente polarizado e dessa forma passa a não conduzir corrente, funcionando como uma chave aberta.

Veja na figura abaixo a simbologia de um diodo e como o mesmo funciona diretamente e inversamente polarizado.

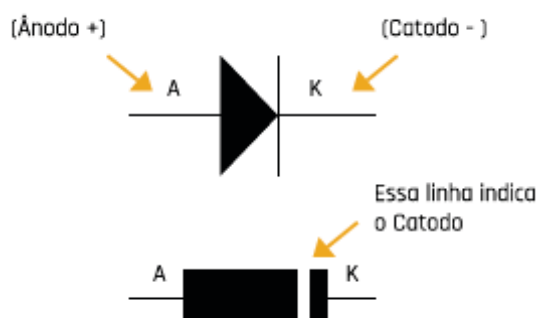


Figura: Simbologia do diodo e sua representação física. A listra indica o cátodo.

Note que a seta do seu símbolo indica o sentido que a corrente elétrica pode percorrer. Na polarização direta o diodo passa a conduzir corrente funcionando como uma chave fechada como na figura abaixo:

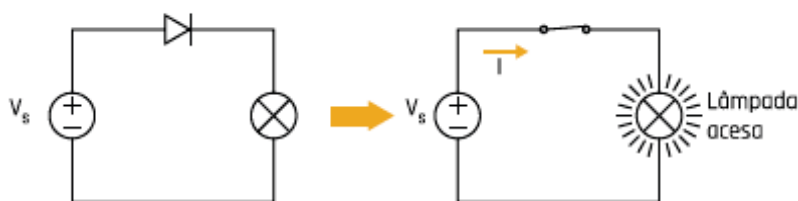


Figura: Polarização direta do diodo: conduz corrente.

Já na polarização inversa o diodo passa a funcionar como uma chave aberta, não conduzindo corrente como ilustra a figura.

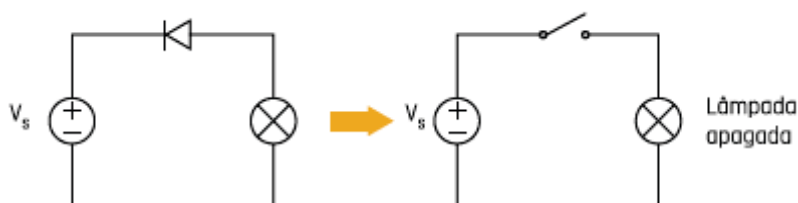


Figura: Polarização inversa do diodo: não conduz corrente

Agora que entendemos um pouco como funciona um diodo, veremos quatro casos, de forma simples e ilustrada, como é o funcionamento de um conjunto de células em série onde uma delas é sombreada e o que acontece sem a conexão dos diodos e em seguida com a conexão dos diodos.

As setas vermelhas indicam o caminho percorrido pela corrente elétrica.

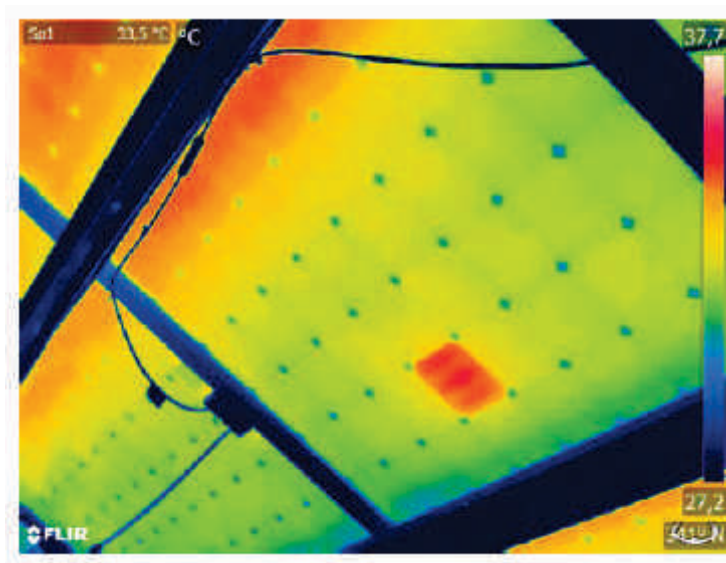
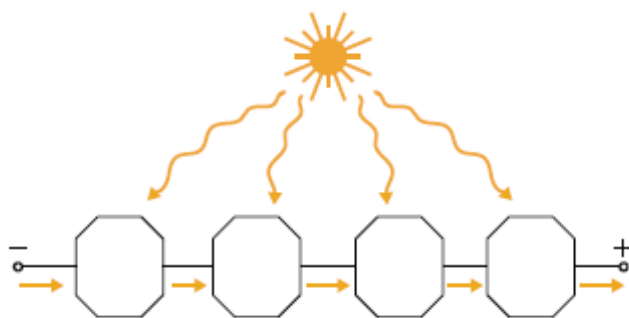


Figura: Ponto quente em uma célula fotovoltaica.

Caso 1 – Sem sombreamento e sem diodos

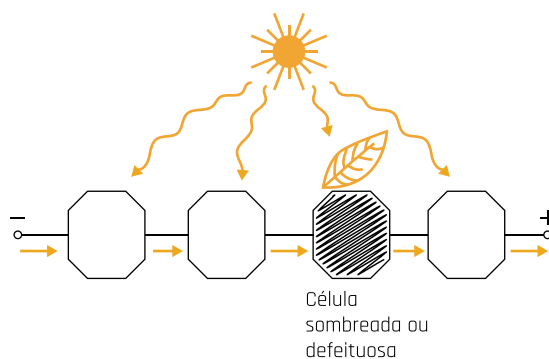
Ao incidir radiação solar sobre as células fotovoltaicas as mesmas passam a gerar corrente elétrica se conectadas a uma carga. Nesse caso a geração ocorre de forma natural com boa intensidade de corrente a depender apenas do nível de Irradiância incidente.



Caso 2 – Com sombreamento e sem diodos

No momento em que uma das células é sombreada ou danificada a mesma passa a limitar a corrente gerada pelas outras células, gerando aquecimento e diminuindo a quantidade de energia gerada pelo conjunto.

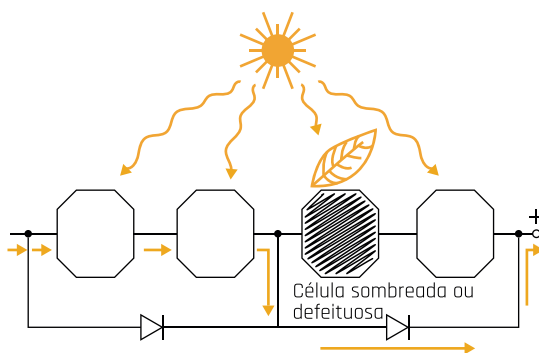
Veja figura:



Caso 4 – Com sombreamento e com diodos

Notamos o efeito dos diodos de desvio quando uma ou mais células são sombreadas ou apresentam defeito, pois a corrente é desviada pelo diodo aproveitando assim a geração das demais células que estão em perfeito funcionamento.

Um detalhe importante é que com o desvio da corrente a célula que estava sombreada evita de dissipar muita energia atuando como uma carga, preservando sua vida útil.



Os diodos de desvio também são muito úteis quando conectamos módulos fotovoltaicos em série formando strings. Caso um módulo seja sombreado ou apresente defeito a corrente gerada pelos demais será desviada pelo diodo aproveitando a energia gerada pelos módulos não sombreados.

O funcionamento desses diodos é análogo ao explicado anteriormente com as células fotovoltaicas. Veja a figura abaixo um string de dois módulos com diodos de desvio conectados em antiparalelo a cada módulo.

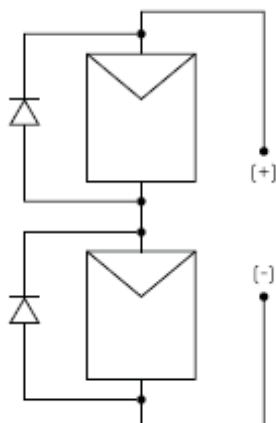


Figura: Diodos de desvio conectados em antiparalelo a cada módulo fotovoltaico

Diodos de bloqueio

Os diodos também podem ser conectados em série a um módulo fotovoltaico ou string quando há ligações em paralelo para evitar que um módulo (ou string) injete corrente em outro caso as tensões entre eles sejam diferentes. A esse diodo damos o nome de diodo de bloqueio.

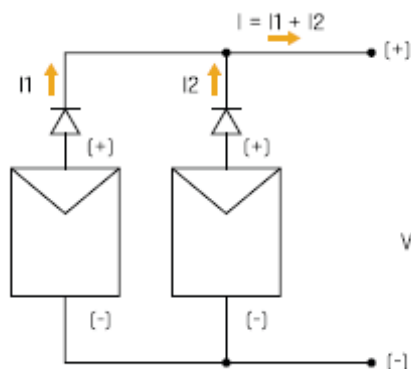


Figura: Diodos conectados em série aos módulos para evitar corrente reversa.

Outra vantagem dos diodos de bloqueio ocorre quando são instalados em sistemas fotovoltaicos com armazenamento de energia através de baterias.

À noite, quando os módulos fotovoltaicos não estão gerando energia, as baterias passam a injetar corrente nos módulos caso a conexão entre eles seja de forma direta.

Mesmo essa corrente sendo a níveis baixos acaba contribuindo com o descarregamento das baterias. Com o uso dos diodos de bloqueio evitamos esse tipo de efeito.

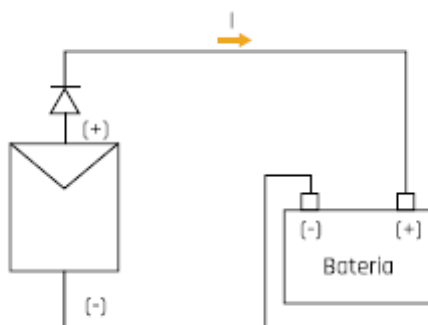


Figura: O diodo de bloqueio evita que a bateria injete corrente nos módulos durante a noite.

3.8 CAIXA DE JUNÇÃO (JUNCTION BOX)

Como vimos anteriormente os diodos de bloqueio são conectados em série ao módulo e os diodos de desvio conectados em antiparalelo ao módulo ou a conjuntos de células. Esses diodos geralmente ficam abrigados na caixa de junção que fica na parte traseira do módulo fotovoltaico.

É da caixa de junção que sai o cabeamento dos módulos fotovoltaicos. Alguns módulos já vêm de fábrica com os cabos conectados e com os plugues próprios para módulos fotovoltaicos. Os conectores dos tipos MC3 e MC4 são padronizados para uso fotovoltaico e podem ser encontrados em lojas especializadas.

Existem também conectores apropriados para fazer as conexões série e paralelo dos módulos sem a necessidade de solda ou emendas. Veja abaixo algumas imagens de conectores dos tipos MC3 e MC4 bem como os conectores série e paralelo.



Figura: Caixa de junção com três diodos.



Figura: Conector tipo MC4 Macho.



Figura: Conector tipo MC4 Fêmea.



Figura: Conector MC4 para conexão paralela entre dois módulos.

3.9 ASPECTOS RELEVANTES PARA A SELEÇÃO DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO

Devido à grande oferta de módulos fotovoltaicos no comércio atual, é de grande importância que os módulos fotovoltaicos escolhidos para os projetos sejam certificados pelo INMETRO e atendam as normas nacionais e internacionais, pois só assim podemos garantir boa qualidade no funcionamento desses módulos e durabilidade por maior tempo. Veja abaixo algumas normas (nacionais e internacionais) e regulamentações que tratam de testes e ensaios de módulos fotovoltaicos:

- **IEC – 61215** : 2005 – Estabelece ensaios de qualificação para módulos fotovoltaicos de silício monocristalino e policristalino.
- **IEC – 61701** : 2011 – Estabelece o procedimento de ensaio da resistência de módulos fotovoltaicos à corrosão por névoa salina.
- **NBR – 11876** : 2010 – Estabelece requisitos e critérios de aceitação de módulos fotovoltaicos de uso terrestre.
- **INMETRO**: Portaria nº 004, de 04 de janeiro de 2011 – Especifica os procedimentos de ensaio para etiquetagem de módulos fotovoltaicos (e outros equipamentos).

Outro ponto relevante na escolha de módulos fotovoltaicos é a sua eficiência, pois quanto maior a eficiência dos módulos utilizados, menor será o espaço a ser destinado à instalação para uma dada potência.

3.10 IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Todo módulo fotovoltaico tem em sua traseira uma etiqueta que apresenta suas características técnicas.

Nessa etiqueta podemos encontrar as seguintes informações:

- Nome do fabricante
- Modelo do módulo
- Potência nominal ou potência de pico (Wp)
- Tensão de circuito aberto (VOC)
- Tensão de máxima potência (VMP)
- Corrente de curto circuito (ISC)
- Corrente de máxima potência (IMP)
- Tensão máxima do sistema (Maximum system voltage) – máxima tensão por string
- Peso
- Dimensões
- País de origem

As características elétricas informadas geralmente valem para as condições de teste padrão STC (1000W/m² e 25°C). Outras informações adicionais também podem constar na etiqueta.

Todo módulo fotovoltaico comercializado no Brasil deve apresentar a etiqueta do INMETRO / PROCEL informando a classificação de eficiência energética.

Essa etiqueta é muito importante, pois garante que o modelo do módulo escolhido tenha passado pelos testes e ensaios realizados em laboratórios credenciados. Vejamos:

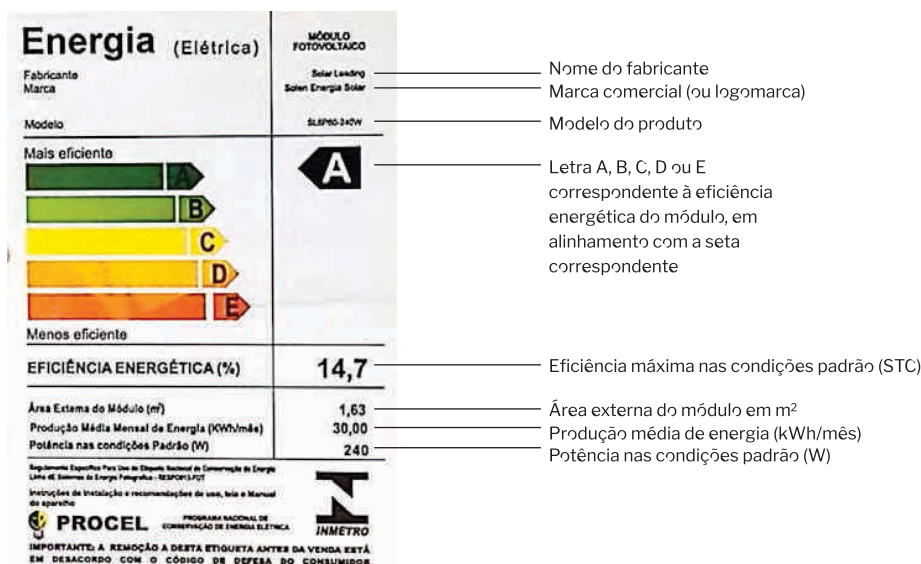


Figura: Modelo de etiqueta do Inmetro afixada nos módulos fotovoltaicos

3.11 MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO

Módulos fotovoltaicos são elementos bastante duráveis e de pouca manutenção. Existem fabricantes que dão até 10 anos de garantia contra defeito de fabricação e 25 anos de garantia ao rendimento do módulo (perda máxima de 20% da potência em 25 anos).

No entanto algumas medidas devem ser tomadas para preservar a geração:

Limpeza dos vidros: A poeira acumulada sobre os vidros dos módulos fotovoltaicos diminui a quantidade de radiação solar que chega até as células. A limpeza dos vidros deve ser realizada periodicamente com água e materiais de limpeza apropriados para vidros.

Muitas vezes a própria chuva se encarrega de retirar a poeira acumulada. Não devem ser utilizados materiais abrasivos, raspantes ou cortantes, pois o uso desses materiais pode levar a perda da garantia do fabricante.

Conexões elétricas: Periodicamente devem ser verificadas as conexões elétricas dos módulos. Como tempo algumas conexões podem oxidar ou ficar frouxas e gerar mal contato o que pode ocasionar pontos quentes, faíscas e uma diminuição na geração.

Portanto, é aconselhável que de ano em ano sejam verificadas todas as conexões elétricas e cabos dos módulos para que seja corrigida qualquer imperfeição.

4. FUNDAMENTOS DE ENERGIAS SOLAR FOTOVOLTAICA – 24H

4.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Podemos classificar os sistemas fotovoltaicos em três tipos:

Sistemas isolados

- Sem armazenamento de energia
- Com armazenamento de energia

Sistemas híbridos

Sistemas conectados a rede elétrica

Veremos nesse capítulo como é o funcionamento de cada sistema bem como a identificação dos elementos que compõem cada um.

4.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS

Os sistemas fotovoltaicos isolados não têm nenhuma ligação com a rede elétrica. Em outras palavras, são sistemas autônomos, capazes de gerar toda energia que será consumida pelas cargas sem haver a necessidade de outra fonte geradora de energia. São sistemas muito utilizados em localidades remotas onde não há rede de distribuição de energia elétrica.

Os sistemas isolados ainda podem ser classificados como sistemas sem armazenamento de energia e sistemas com armazenamento de energia.

Sem armazenamento de energia

Os sistemas isolados sem armazenamento de energia são sistemas de geração direta, onde a energia gerada pelo sistema é consumida no mesmo instante pela carga.

Esse tipo de sistema é comumente utilizado em sistemas de bombeamento de água, onde a água é bombeada somente durante o período ensolarado do dia podendo ser armazenada em caixa d'água para uso posterior.

Por não conter banco de baterias para armazenar energia esse tipo de sistema se torna barato e muito viável para localidades remotas onde não há sistema de distribuição de energia elétrica nem sistema de água encanada.

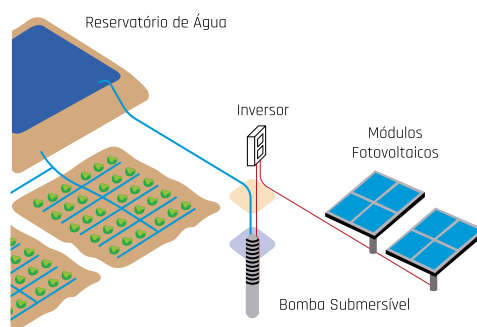


Figura: Sistema de bombeamento de água com energia solar fotovoltaica.

O módulo fotovoltaico pode ser conectado diretamente a uma bomba d'água DC, específica para uso fotovoltaico, ou conectado a um equipamento de condicionamento de potência, chamado de inversor, para que a energia gerada pelo módulo chegue à bomba d'água com parâmetros adequados para seu perfeito funcionamento.

A quantidade e a potência dos módulos fotovoltaicos empregados em sistemas de bombeamento variam de acordo com os parâmetros elétricos do inversor ou do próprio motor quando for o caso.

Comercialmente é muito fácil de encontrar kits de bombeamento solar onde a bomba d'água já vem com seu próprio inversor. Isso é muito bom, pois como o fabricante desenvolve o inversor com características apropriadas para um determinado modelo de motor as perdas na conversão de potência serão minimizadas, garantindo maior eficiência no final.

O único inconveniente dos sistemas isolados sem armazenamento de energia é sua forte dependência da radiação solar. Como a irradiância solar que chega ao plano terrestre é intermitente, pode ser que em alguns momentos do dia a bomba d'água não tenha força suficiente para bombear devido o baixo nível de radiação solar que chegou aos módulos.

Com armazenamento de energia

Os sistemas isolados com armazenamento de energia são muito utilizados em localidades onde não há abastecimento de energia pela rede elétrica das concessionárias.

Esse sistema conta com um banco de baterias que armazenam a energia gerada pelos módulos para alimentar cargas em qualquer momento do dia.

4.3 BATERIA

Quando ligamos uma lâmpada incandescente diretamente a um módulo fotovoltaico exposto ao sol, podemos notar que o brilho da lâmpada varia de acordo com o nível de radiação solar que chega às células fotovoltaicas. Esse experimento simples, mas muito interessante mostra o quanto o fornecimento de energia é afetado ao longo do dia só pelo simples fato de uma nuvem passar entre o sol e o módulo fotovoltaico.

Para garantir que a carga não sofra com as intermitências da geração fotovoltaica é utilizada uma bateria ou um banco de baterias em paralelo ao módulo e a carga. Isso faz com que a tensão aplicada à carga se estabilize e garante o fornecimento de energia nos momentos de baixa ou nenhuma geração fotovoltaica.

Tipos de baterias

Apesar de existirem vários tipos de baterias, como as de Níquel-Cádmio, Níquel-Metal-Hidreto e etc, as mais utilizadas atualmente em aplicações fotovoltaicas são as baterias de chumbo ácido devido seu melhor custo x benefício.

Além dos tipos citados acima, podemos ainda classificar as baterias de acordo com sua aplicação, sendo para uso automotivo ou uso estacionário.

As baterias automotivas são desenvolvidas para fornecer níveis elevados de corrente em um período de tempo curto, situação característica de partida em automóveis. Geralmente não são desenvolvidas para ciclos profundos de descarga, podendo descarregar no máximo 20% de sua carga nominal sem prejudicar sua vida útil.

Já as baterias estacionárias são ideais para aplicações fotovoltaicas, pois permitem geralmente uma profundidade de descarga maior do que as automotivas.

No entanto, baterias do tipo estacionárias são geralmente mais caras que as baterias automotivas.

Podemos encontrar ainda dois tipos diferentes de baterias, as seladas e as não seladas. As baterias seladas são ditas livres de manutenção, pois o fabricante garante que o eletrólito em seu interior dura por toda sua vida útil sem a necessidade de ser repostado.

Já as baterias não seladas requerem manutenção periódica onde o usuário deverá verificar o nível do eletrólito e, caso esteja baixo, realizar a reposição.

Existem também as baterias de chumbo ácido com eletrólito em gel, comumente chamadas de baterias de gel. São baterias um pouco mais caras que as de chumbo ácido convencionais mas apresentam algumas vantagens como maior tempo de vida útil.

Vida útil

A vida útil de uma bateria de chumbo ácido é influenciada por dois fatores: quantidade ciclos de carga e descarga e sua temperatura de trabalho.

À medida que a bateria vai sendo utilizada, o material de suas placas metálicas vai sendo transferido para seus terminais. Ao se separar das placas, esse material não pode ser repostado nem utilizado novamente, o que diminui sua capacidade de armazenamento de energia ao longo do tempo de uso.

Descargas profundas diminuem a quantidade de ciclos de carga e descarga e, conseqüentemente, a vida útil da bateria. O aumento da temperatura de trabalho das baterias influencia negativamente sua vida útil. Temperaturas de trabalho acima de 40°C acarretam numa forte diminuição de sua vida útil.

Características elétricas das baterias

Vamos agora identificar as características elétricas das baterias informadas pelo fabricante:

- **Tensão nominal:** Tensão média de uma bateria.

Geralmente 12V, mas também podemos encontrar baterias com tensão nominal de 24V.

- **Capacidade:** Expressa em ampéres-hora (Ah), indica a quantidade de corrente que pode ser retirada da bateria em uma hora. Como exemplo, uma bateria de 120Ah pode fornecer 120 ampéres em uma hora, ou 60 ampéres em duas horas, ou 30 ampéres em quatro horas, ou 1 ampére em cento e vinte horas. Note, nesse exemplo, que ao multiplicarmos o valor da corrente pelo tempo sempre vai dar os 120Ah.

- **Tensão de flutuação:** Nível de tensão que deve ser mantido na bateria para manter o estado de carga no máximo sem sobrecarregá-la. Nas baterias de chumbo ácido essa tensão gira em torno dos 13,2V e 13,8V.

- **Tensão de carga:** Tensão que deve ser aplicada para carregar a bateria. Valores indicados pelos fabricantes estão entre 14,4V e 15,5V.

Banco de baterias

Podemos associar baterias para atingir níveis de tensão ou capacidade nas quais não encontramos em uma única bateria comercial. Ao conjunto de baterias associadas eletricamente damos o nome de banco de baterias.

Para ilustrar os resultados das associações de baterias, vamos utiliza nos exemplos, baterias de 12V de tensão nominal e capacidade de 150Ah.

Associação Série

Na associação série o pólo negativo de uma bateria deve ser conectado ao pólo positivo da outra e assim sucessivamente. Nessa associação as tensões são somadas enquanto que a capacidade se mantém a mesma.

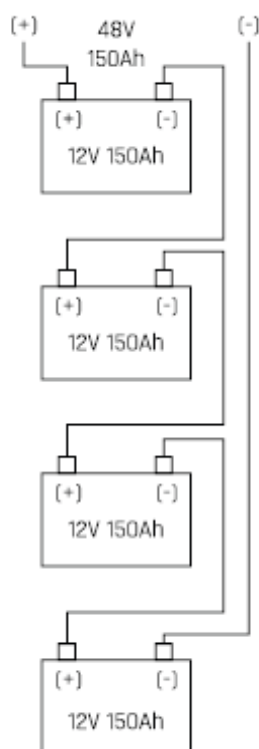
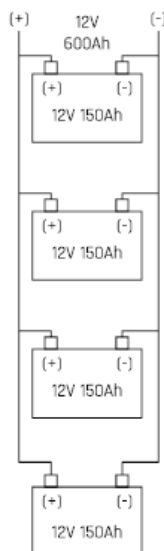


Figura: Associação de baterias em série. As tensões se somam enquanto que a capacidade permanece a mesma.

Associação Paralela

Na associação paralela os pólos de mesma polaridade devem ser unidos. Os pólos positivos são conectados entre si e o mesmo deve ser feito com os pólos negativos, tomando cuidado para não unir pólos de diferentes polaridades para não gerar um curto circuito e provocar algum acidente. Para esse caso as tensões permanecem as mesmas enquanto que as capacidades se somam.

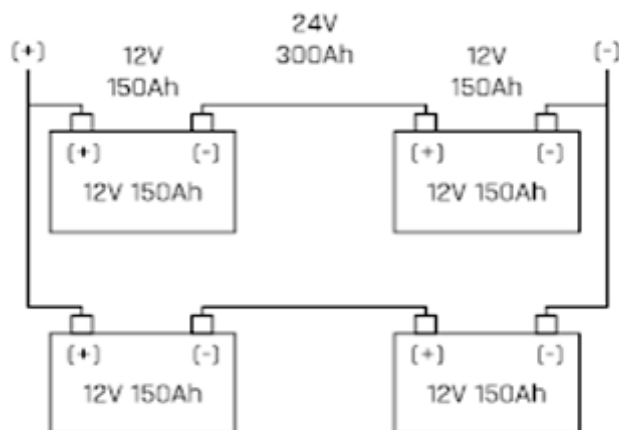
Veja a imagem abaixo:



*Figura: Associação de baterias em paralelo.
A tensão do banco permanece igual a das baterias enquanto que as capacidades se somam.*

Associação mista (série-paralela)

Na associação mista duas ou mais fileiras de baterias em série são conectadas em paralelo. A tensão do banco é igual à tensão das fileiras e a capacidade será a soma das capacidades de cada fileira.



*Figura: Associação mista de baterias.
A tensão do banco será igual a tensão das fileiras em série enquanto que a capacidade do banco será a soma das capacidades de cada fileira.*

Em sistemas isolados com armazenamento a bateria (ou o banco de baterias) é conectada em paralelo ao módulo e à carga. A figura ao lado ilustra um sistema isolado simples com armazenamento de energia:

O sistema ilustrado acima apresenta as seguintes desvantagens:

- O módulo fotovoltaico pode fornecer energia para a bateria mesmo após o nível de carga ter atingido o nível máximo. Isso acarreta o que chamamos de sobrecarga e pode gerar aquecimentos indesejáveis e diminuir o tempo de vida útil das baterias.
- Caso a carga fique ligada por um tempo maior, demandando mais energia do que o determinado, sem que haja recarga do banco, o nível de carga das baterias pode chegar a níveis muito baixos, o que também provoca uma diminuição na sua vida útil. Esse fato pode acontecer no período noturno onde os módulos não geram energia e a carga pode ser utilizada por um tempo maior do que o especificado no projeto.

Para evitar sobrecargas no banco de baterias e níveis de descarga muito baixos é necessário realizar o controle da carga e da descarga da bateria constantemente.

O elemento que realiza essas funções é chamado de controlador de carga.

4.4 CONTROLADOR DE CARGA

O controlador de carga é um equipamento essencial e indispensável nos sistemas isolados com armazenamento de energia por baterias. Para determinar o estado de carga das baterias o controlador de carga realiza a medição da tensão do banco de baterias (ou da bateria) para tomar algumas decisões.

Quando o nível de carga da bateria atinge seu máximo, o controlador “desliga” o carregamento para evitar sobrecarga na bateria. No entanto os módulos fotovoltaicos continuam fornecendo energia para as cargas.

Caso a demanda de energia aumente de tal forma que a potência entregue pelos módulos fotovoltaicos seja menor que a potência das cargas a bateria passa também a fornecer energia somando com a dos módulos. Nesse momento o nível de carga da bateria torna a cair e o controlador de carga volta a permitir o carregamento da bateria.

Quando o nível de carga da bateria cai demasiadamente, chegando a níveis considerados prejudiciais a vida útil da mesma, o controlador de carga desliga o fornecimento de energia para as cargas e só volta a fornecer energia quando a carga da bateria estiver a níveis não comprometam a vida útil da bateria.

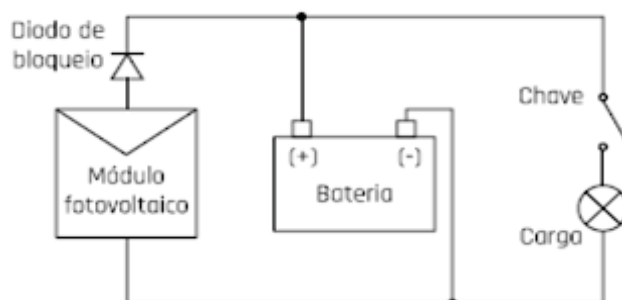


Figura: Modelo simplificado de um sistema fotovoltaico isolado com armazenamento de energia.

Além de controlar carga e descarga das baterias os controladores de carga podem apresentar algumas outras funções que podem ser de grande utilidade.

São elas:

Monitoramento do sistema

A maioria dos controladores de carga comercial apresenta um meio de visualizar o estado do sistema. Alguns vêm com displays ou LED's que podem indicar o nível de carga da bateria, se os módulos estão fornecendo energia, se o fornecimento de energia para as cargas está ativo, etc. Outros controladores de carga mais sofisticados podem transmitir dados ao computador para um monitoramento mais completo do sistema fotovoltaico.

Proteção contra corrente reversa

Durante a noite as baterias podem fornecer energia aos módulos fotovoltaicos caso não haja o diodo de bloqueio. Alguns controladores de carga contam com a função de proteção contra corrente reversa que evita o fornecimento de corrente das baterias para os módulos fotovoltaicos mesmo sem a presença do diodo em série.

Proteção contra sobrecorrente

Alguns controladores de carga contam com circuito de proteção contra sobrecorrente. Esse tipo de proteção evita que níveis de corrente muito elevados danifiquem o controlador. Alguns deles vêm com fusíveis externos para facilitar a reposição.

Seguidor do ponto de máxima potência

Os controladores de carga mais simples realizam o controle de carga e descarga simplesmente desconectando da bateria os módulos fotovoltaicos ou a alimentação das cargas. Dessa forma, quando o módulo está fornecendo energia para a bateria é como se os dois estivessem em paralelo. Como já foi visto, existe um único ponto de operação do módulo fotovoltaico no qual é extraída a máxima potência.

No entanto, se o módulo fotovoltaico for conectado diretamente a uma bateria seu ponto de operação ficará restrito a faixa de tensão da mesma. Para exemplificar o que foi dito, o gráfico ao lado ilustra a operação de um módulo fotovoltaico que tem sua tensão de máxima potência (VMP) de 17V conectado em paralelo a uma bateria de tensão nominal de 12V.

A partir do gráfico acima podemos concluir que o ponto de operação do módulo ficará restrito à faixa de tensão de 10V a 14,5V, que dessa maneira nunca poderá chegar aos 17V e extrair a sua máxima potência.

Alguns controladores de carga contam com a função MPPT que significa Rastreador do Ponto de Máxima Potência (do inglês Maximun Power Point Tracking). Os equipamentos com essa função conseguem manter o ponto de operação do módulo fotovoltaico na região de máxima potência conseguindo extrair mais energia do que os controladores de carga comuns. Estudos indicam um aumento médio de 30% na geração quando se utilizam equipamentos com MPPT.

Controle e acionamento automático de cargas

Uma função muito interessante e que pode evitar a compra de outros equipamentos é a de controle e acionamento automático de cargas. Controladores que apresentam essa função podem acionar e ou desacionar cargas sem a intervenção do usuário. Uma das mais conhecidas é a função fotocélula, muito utilizada em postes de iluminação por energia solar fotovoltaica.

Durante a noite o controlador identifica que os módulos fotovoltaicos não estão gerando energia e aciona a luminária. Quando o sol nasce e os módulos começam a gerar energia o controlador identifica que é dia e desliga a luminária. Com isso pode ser evitado o uso dos relés fotoelétricos que são equipamentos que vez por outra estão dando defeito.

Compensação de temperatura

Como já foi visto, o aumento da temperatura das baterias implica numa diminuição de sua vida útil. Para minimizar isso alguns controladores de carga vêm com a função de compensação de temperatura. O controlador de carga realiza a medição de temperatura da bateria para fazer o controle da tensão que será aplicada para carregá-la de forma a minimizar os danos causados pelo efeito da temperatura.

Diagrama elétrico simplificado

Segue abaixo um layout de um sistema fotovoltaico isolado com armazenamento por bateria.

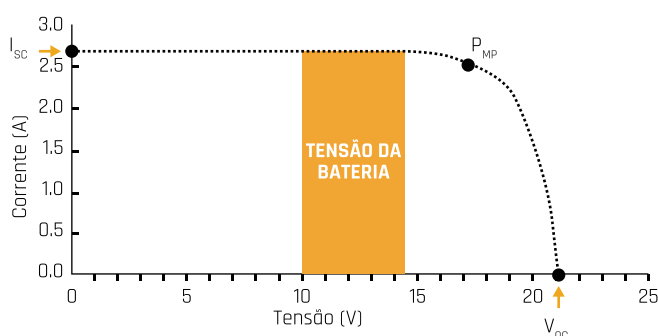


Figura: Curva $I \times V$ de um módulo fotovoltaico conectado em paralelo a uma bateria de 12V. Note que a bateria força o módulo a operar em tensões que não sejam a de máxima potência.

Características elétricas dos controladores de carga comerciais

Os controladores de carga geralmente são especificados por tensão de trabalho e a máxima corrente que os mesmos suportam.

Tensão: A tensão dos controladores de carga é especificada de acordo com a tensão da bateria ou do banco de baterias que vai ser ligado a ele. Podemos encontrar controladores de carga com tensão de 12VDC, 24VDC ou 48VDC com certa facilidade no comércio brasileiro. Existem controladores de carga que funcionam com tensão automática, a maioria sendo de 12 ou 24 volts.

Corrente: Podemos encontrar controladores de carga que suportam níveis de corrente de 5A, 10A, 15A, 20A, 40A e até 60A. Outros valores também podem ser encontrados, no entanto é mais difícil de encontrar controladores de carga de corrente acima de 60 ampéres devido a fiação elétrica na instalação ser muito cara.

A partir do que foi mostrado até aqui, podemos notar que o controlador de carga é o elemento central do sistema, que recebe a energia proveniente dos módulos fotovoltaicos, realiza o controle de carga e descarga da bateria e libera energia para as cargas.

Esse tipo de sistema fotovoltaico é muito utilizado quando temos cargas de baixa potência, baixa tensão (da ordem de 12V, 24V ou 48V) e de corrente contínua (DC). No entanto, a dificuldade em encontrar cargas com essas características faz com que esse sistema seja pouco utilizado.

4.5 INVERSORES

Na maioria dos casos os equipamentos eletroeletrônicos que utilizamos funcionam com tensão de 127V ou 220V e de corrente alternada, que são características da rede elétrica local. Vimos que o sistema fotovoltaico apresentado até o então era de baixa tensão e de corrente contínua.

Dessa forma, é intuitivo imaginar que, para fazer funcionar equipamentos eletroeletrônicos que funcionam com tensões da rede (127V ou 220V) em corrente alternada, é necessário um equipamento que converta a energia fornecida pelos módulos e baterias (corrente contínua em baixa tensão) para valores adequados às novas cargas (corrente alternada em tensão elevada).

Os equipamentos que convertem energia de corrente contínua em corrente alternada são chamados conversores DC/AC ou simplesmente inversores.

Os inversores podem ser classificados como:

Inversores isolados – Convertem tensão contínua em alternada sem haver a necessidade de estar conectado a uma rede elétrica.

Inversores conectados à rede – Convertem tensão contínua em alternada com a necessidade de estar conectado a uma rede elétrica para fazer a leitura dos parâmetros de tensão e frequência da mesma.

Podemos encontrar inversores de variadas potências a depender de sua aplicação, sendo os de baixa potência (até algumas dezenas de kilowatt) para aplicações simples como em residências, por exemplo, e os de alta potência, chamados de inversores centrais, utilizados em usinas fotovoltaicas com potência de centenas de kilowatt.

A depender da aplicação, os inversores podem receber energia de um único módulo fotovoltaico (microinversor), de um único string (quando a tensão de entrada do inversor é maior do que a tensão de um único módulo) ou até de vários strings.

Por enquanto vamos nos deter ao estudo dos inversores para sistemas isolados, mas logo em breve estudaremos também os inversores para sistemas conectados à rede.

Inversores para sistemas fotovoltaicos isolados

Os inversores utilizados em sistemas fotovoltaicos isolados, comumente chamados de inversores isolados, são equipamentos eletrônicos que geralmente recebem em sua entrada 12V ou 24V de corrente contínua (DC) e convertem para 127V ou 220V em corrente alternada (AC) com frequência fixa de 50Hz ou 60Hz.

A simbologia utilizada para representar um inversor é a seguinte:

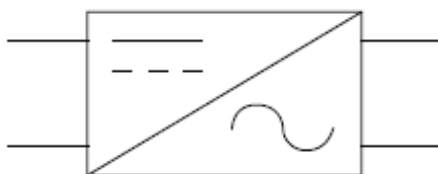


Figura: Simbologia do inversor.

O inversor é conectado entre o controlador de carga e os equipamentos eletroeletrônicos que funcionam com corrente alternada. A figura abaixo ilustra isso.

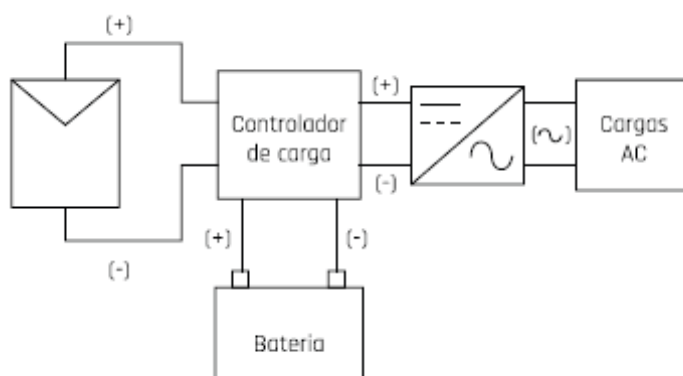


Figura: Sistema fotovoltaico isolado com armazenamento de energia e inversor.

Note que esse sistema só apresenta polaridade definida (positiva e negativa) até a entrada do inversor. Na sua saída a tensão é alternada, o que gera uma corrente também alternada.

Formas de onda nos inversores

São várias as formas de onda que podemos encontrar nos inversores isolados. Os inversores comerciais mais comuns podem ser de onda quadrada, retangular (senoide modificada), PWM ou senoidal.

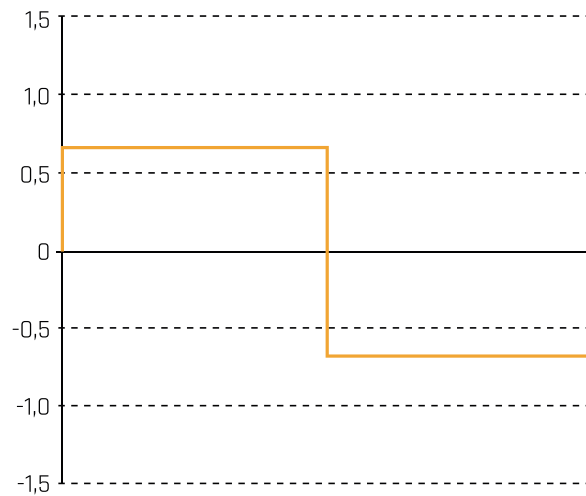
Onda quadrada

Os inversores de onda quadrada fornecem uma saída AC com harmônicos elevados e baixa regulação de tensão. A onda quadrada é obtida simplesmente alternando-se a tensão e corrente.

Comparando-se com a operação em tensão senoidal da rede, um motor de indução operando em onda quadrada tem somente cerca de 60% do seu torque normal e apresenta aquecimentos indesejáveis.

Os inversores de onda quadrada são tipicamente mais baratos, devido seu circuito simplificado e de grande facilidade de montagem, porém não devem ser usados para alimentar cargas predominantemente indutivas como motores.

ONDA QUADRADA



Entretanto, são muito adequados para cargas puramente resistivas.

Onda retangular (senóide modificada)

Os inversores de onda retangular (também conhecidos como senóide modificada) são um refinamento dos inversores de onda quadrada. Chaveamentos adicionais são usados para tentar aproximar à forma de uma onda senoidal e, por isso, estes possuem menor distorção harmônica que os de onda quadrada.

São inversores adequados para uma maior variedade de cargas, incluindo lâmpadas, equipamentos eletrônicos e motores, embora não consigam operar um motor tão eficientemente quanto um inversor de onda senoidal.

ONDA RETANGULAR

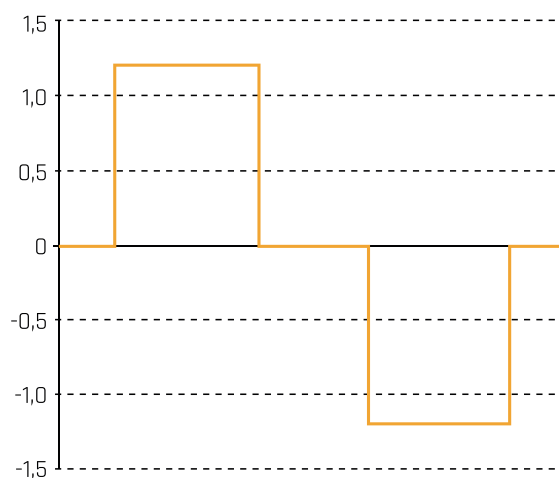


Figura: Note que a mudança de polaridade é menos brusca devido maior tempo de repouso no zero.

De forma geral, podemos dizer que esse tipo de inversor é o que apresenta melhor custo x benefício. Apenas cargas muito sensíveis a ruído não devem ser alimentadas com esse tipo de inversor.

Onda PWM

Inversores com saída PWM (do inglês Pulse Width-Modulation que significa Modulação por Largura de Pulso), apesar de seu aspecto visual de forma de onda, possuem níveis de distorção harmônica muito baixa, principalmente em configurações trifásicas. Pode ser obtida a partir de uma senóide “misturada” com outra forma de onda chamada de portadora.

A tecnologia PWM é muito utilizada no acionamento de motores na indústria onde são utilizados os chamados Inversores de Frequência. Os inversores com saída PWM são adequados para praticamente todo tipo de cargas CA, exceto equipamentos muito sensíveis.

Vejamos a figura abaixo:

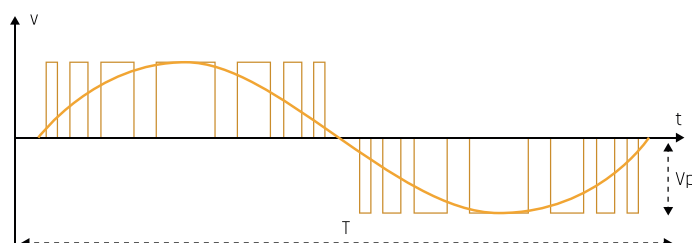


Figura: Onda PWM. É obtida a partir de uma senóide e apresenta baixa distorção harmônica comparada às ondas quadradas e retangulares.

Onda senoidal

A tensão que chega até as tomadas de nossas casas apresenta a forma de uma senóide. Os inversores de onda senoidal conseguem reproduzir fielmente uma senóide e assim fornecer uma energia mais limpa, com baixíssimo teor de harmônicos.

Geralmente utilizam a técnica PWM com um filtro elétrico bem dimensionado para “limpar” o sinal e deixar passar somente a senóide na frequência de 50Hz ou 60Hz. Com isso podem alimentar qualquer equipamento eletroeletrônico de corrente alternada, desde que seja respeitada a potência do inversor. Os inversores de onda senoidal para sistemas isolados são os mais caros da categoria.

ONDA SENOIDAL

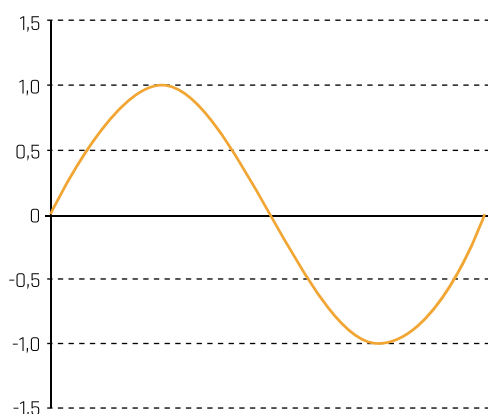


Figura: Onda senoidal. Melhor forma de onda para operar qualquer tipo de carga.

Características elétricas dos inversores isolados comerciais

Vejamos algumas características elétricas que podemos encontrar nos inversores comerciais:

Tensão de entrada: Os inversores isolados de pequeno ou médio porte geralmente podem receber em sua entrada 12VDC ou 24VDC. Inversores de porte maior podem apresentar uma tensão de entrada maior, da ordem de 100VDC ou mais, isso é feito pra diminuir a corrente na entrada do inversor.

Tensão de saída: No comércio brasileiro podemos encontrar inversores com saída de 127VAC ou 220VAC devido à diferença de tensão que podemos encontrar entre as regiões do país. É importante sempre observar a tensão de trabalho das cargas que serão ligadas ao inversor para evitar qualquer problema.

Frequência da onda: Podemos encontrar inversores com frequência de onda de 50Hz ou 60Hz. No Brasil a frequência da rede é de 60Hz e muitos equipamentos eletroeletrônicos desenvolvidos e vendidos no país só funcionam nessa frequência. Por isso a importância de verificar a frequência da onda do inversor.

Potência: Comercialmente podemos encontrar inversores que vão de potências de dezenas de watt, como os inversores automotivos que podem alimentar pequenas cargas (celular, notebook) dentro do carro, até dezenas de milhares de watt em casos de centrais de geração fotovoltaica isolada. Não devemos ultrapassar a potência nominal do inversor, pois o mesmo poderá ser danificado.

Potência de pico: Outra característica importante é a potência de pico que o inversor pode suportar, pois indica o quanto de sua potência nominal poderá ser ultrapassada por um curto período de tempo sem que o mesmo seja danificado. Muito importante quando vamos ligar cargas elétricas que demandam muita potência na sua partida, como é o caso dos motores elétricos.

4.6 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS

À rede elétrica

Em 17 de abril de 2012 o Brasil deu o primeiro grande passo em direção ao fortalecimento das energias renováveis no país com a resolução de número 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Essa resolução trata da regularização de sistemas de geração de energia elétrica através de fontes de energias renováveis (fotovoltaica, eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas) conectados à rede de distribuição elétrica. Os sistemas de geração podem ser classificados a partir de sua potência instalada como podemos ver abaixo:

- **Microgeração:** Sistemas de potência de pico instalada de até 75kW. Compreende a maioria dos sistemas fotovoltaicos residenciais.
 - **Minigeração:** Sistemas de potência de pico instalada entre 75W e 5MW. São, na maioria dos casos, empregados em indústrias onde o consumo de energia é muito elevado.
 - **Usina de geração de eletricidade:** Potência instalada acima de 5MW. Engloba as usinas de geração voltadas para o comércio de energia elétrica.
- Sistemas de micro e minigeração são instalados para realizar um abatimento no consumo de energia da rede elétrica diminuindo o valor a ser pago as concessionárias. Diferente de países como Alemanha e Portugal, no Brasil os sistemas de microgeração e minigeração não podem vender energia.

Funcionamento dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica

Os sistemas conectados à rede elétrica são instalados em paralelo à rede local e seu funcionamento é muito simples.

No momento em que o sistema fotovoltaico gera mais energia do que está sendo consumido, o excesso de energia que sobra é injetado na rede elétrica e registrada por um medidor do tipo bidirecional.

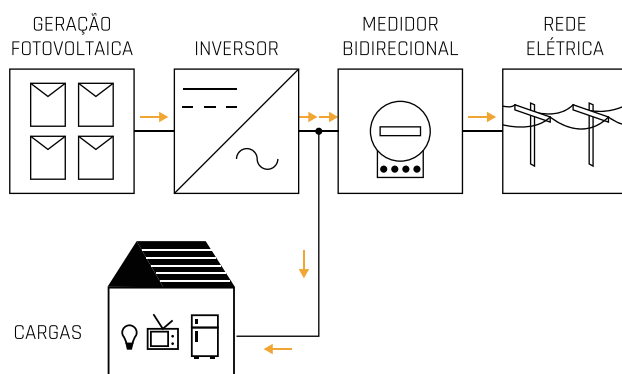


Figura: O excesso de energia gerada pelos módulos é injetado na rede elétrica e registrada pelo medidor bidirecional.

No momento em que a geração é menor que o consumo de energia, a rede elétrica passa a fornecer a energia que falta às cargas e o consumo de energia da rede é registrado pelo medidor.

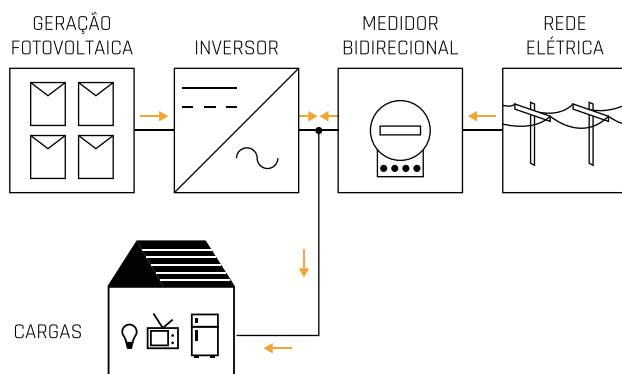


Figura: Geração menor que o consumo. Parte da energia é retirada da rede elétrica e registrada pelo medidor.

Durante a noite, momento em que os módulos fotovoltaicos não geram energia, toda energia consumida pelas cargas é fornecida pela rede elétrica local e todo consumo é também registrado pelo medidor bidirecional de energia elétrica.

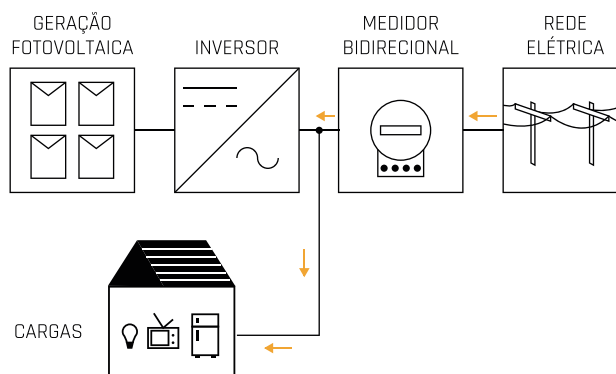


Figura: Durante a noite toda energia é consumida da rede elétrica e registrada pelo medidor.

A fatura de energia elétrica que chega mensalmente ao usuário deve informar a quantidade de energia elétrica injetada na rede e a quantidade de energia elétrica consumida da rede naquele mês. A energia cobrada ao usuário será o valor líquido entre o que foi injetado na rede e o que foi consumido da rede elétrica.

Caso o saldo do mês seja positivo para a geração, ou seja, a quantidade de energia injetada na rede tenha sido maior do que a energia consumida da rede naquele mês, será creditada em sua fatura de energia o excedente resultante da geração desse mês que poderá ser utilizado nos meses seguintes. Esse crédito tem validade máxima de 3 anos.

Observação: Muito embora o usuário feche o mês com saldo positivo na sua geração, ainda deverá ser cobrado um valor mínimo devido o estabelecido em contrato de prestação de serviços, como por exemplo iluminação pública entre outros.

Vejamos um exemplo numérico que pode melhorar o entendimento sobre esse assunto:

Exemplo: Em uma residência foi registrado 100kWh de consumo de energia elétrica, enquanto que a energia gerada pelo sistema fotovoltaico nesse mês foi de 60kWh.

O valor líquido entre o que foi gerado e o que foi consumido será de:

$$\text{Geração} - \text{Consumo} = 100\text{kWh} - 60\text{kWh} = 40\text{kWh}$$

Portanto, será cobrado do usuário o valor referente à apenas 40kWh de consumo.

Exemplo 2: Nessa mesma residência houve um mês em que a energia consumida foi de 80kWh enquanto a energia gerada pelo sistema fotovoltaico foi de 90kWh.

O valor líquido para esse caso será de:

$$\text{Geração} - \text{Consumo} = 80\text{kWh} - 90\text{kWh} = -10\text{kWh}$$

Concluimos que nesse mês foi creditado 10kWh na fatura de energia do usuário e que poderá ser utilizado durante o prazo máximo de 3 anos.

Inversores conectados à rede elétrica

Diferentemente dos inversores para sistemas isolados, os inversores para sistemas conectados à rede elétrica necessitam da rede para funcionar. Os inversores conectados à rede (também conhecidos como inversores Grid-Tie) realizam a leitura de parâmetros da rede constantemente para trabalhar em sincronismo com a mesma.

Caso algum desses parâmetros não esteja dentro de valores pré-definidos pelo fabricante ou usuário o inversor é desligado automaticamente e deixa de mandar energia para a rede.

Dentre muitas exigências cobradas pelas concessionárias para autorizar o uso de inversores conectados à rede, uma delas é que o inversor tenha a função anti-ilhamento. Essa função garante que o inversor pare de fornecer energia no momento em que a rede elétrica seja desligada.

Podemos citar muitos casos que mostram a importância dessa função, mas citaremos apenas uma:

"Quando a rede elétrica local é desenergizada para a realização de uma manutenção é importante que o inversor pare de mandar energia para a rede. Caso o inversor continue fornecendo energia, o técnico que está realizando a manutenção na rede corre um enorme risco de sofrer uma descarga elétrica proveniente do sistema fotovoltaico."

Características elétricas dos inversores conectados à rede

Os inversores conectados à rede podem apresentar características elétricas de entrada bem diferentes em comparação aos inversores isolados. Começando pela tensão de entrada, os inversores isolados apresentam uma tensão de entrada bem definida, geralmente 12VDC ou 24VDC, enquanto que os inversores conectados à rede geralmente trabalham com uma faixa de tensão mais elevada. Talvez fique mais fácil de notar a diferença e as particularidades dos inversores conectados à rede com um exemplo.

Exemplo: A tabela abaixo mostra os dados fornecidos por um fabricante de inversores conectados à rede:

DC		AC	
V_{DCmax}	500 V	V_{AC}	220 V
V_{DCMPP}	200 – 400 V	P_{AC}	3800 W
I_{DCmax}	20 A	f_{AC}	60 Hz
		I_{ACmax}	18 A

Vejamos o significado de cada parâmetro desses:

VDCmax: Indica o valor máximo da tensão de entrada do inversor. Tensões de strings maiores que a especificada pode levar a queima do inversor. Nesse inversor a máxima tensão por string é de 500V.

VDC MPP: Faixa de tensão de entrada na qual o inversor opera extraindo a máxima potência do arranjo fotovoltaico. Para esse inversor essa faixa de tensão vai de 200 a 400 volts. Com tensões entre 400 e 500 volts o inversor opera normalmente, no entanto a função MPPT não irá atuar.

IDC_{max}: Máximo valor de corrente DC na entrada do inversor. Valores acima do especificado podem provocar a queima do inversor. Para o inversor desse exemplo a corrente DC máxima de entrada é de 20 ampéres.

VAC: Tensão nominal da rede elétrica no qual o inversor será interligado. Geralmente existe uma tolerância da variação dessa tensão na qual o inversor aceita para funcionar. Se considerarmos que a variação de tensão aceitável pelo inversor seja de $\pm 5\%$, então valores de tensão abaixo de 209VAC e 231VAC fazem com que o inversor deixe de funcionar e entre em modo de segurança.

PAC: Potência máxima que o inversor pode fornecer a rede elétrica. É comum a utilização de um arranjo fotovoltaico que tenha potência nominal igual a do inversor para que o mesmo opere com máxima eficiência. Para esse inversor a potência máxima é de 3800 watts.

FAC: Valor nominal de frequência da tensão da rede no qual o inversor pode operar. Como na tensão AC, existe uma tolerância na qual essa frequência pode variar sem que o inversor deixe de operar. Se considerarmos para esse inversor uma variação máxima de $\pm 4\text{Hz}$, a frequência da rede pode variar entre 56Hz e 64Hz que o inversor funcionará normalmente.

IAC_{max}: Máximo valor de corrente que o inversor pode injetar na rede elétrica. Para esse inversor a máxima corrente é de 18 ampéres.

4.7 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Pelo que foi visto até agora podemos resumir um sistema fotovoltaico em três partes:

- Geração: Compreende os módulos fotovoltaicos;
- Condicionamento de potência: Inclui o sistema de armazenamento, controladores de carga e inversores;
- Cargas: São os equipamentos que vão ser alimentados pelo sistema.

No entanto é muito importante que sejam empregados dispositivos de proteção elétrica no sistema, tanto na parte DC quanto na parte AC.

Vejamos onde devem ser inseridos os dispositivos de proteção nos sistemas fotovoltaicos isolados:

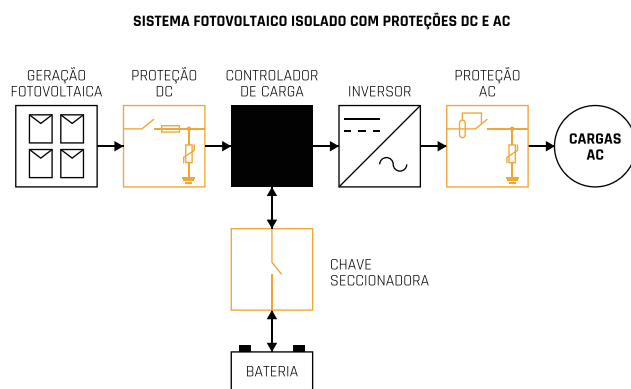


Figura: Diagrama em blocos de um sistema fotovoltaico isolado com proteções DC e AC.

Segue abaixo um digrama em blocos de um sistema fotovoltaico conectado a rede com proteções DC e AC:

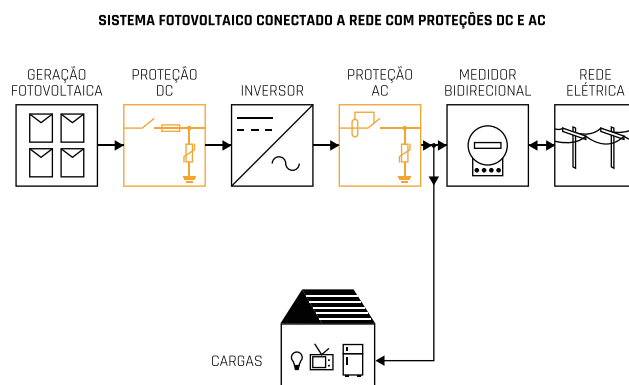


Figura: Diagrama em blocos de um sistema fotovoltaico conectado a rede com proteções DC e AC.

Dispositivos de proteção DC

Um quadro de proteção DC de um sistema fotovoltaico simples é composto geralmente por uma chave de seccionamento sob carga DC, fusíveis e dispositivo de proteção contra surtos – DPS.

Chave de seccionamento sob carga DC: Tem como finalidade desconectar os módulos fotovoltaicos do resto do sistema. As chaves de seccionamento sob carga em corrente contínua são mais robustas que as de corrente alternada por possuírem internamente uma câmara de extinção de arco que ameniza os efeitos gerados pelo arco voltaico dentro delas.

Chaves comuns para uso em corrente alternada podem ser danificadas rapidamente caso sejam utilizadas na interrupção de corrente contínua.

Fusíveis: São dispositivos de proteção contra sobrecorrente que rompem seu filamento ao serem percorridos por uma corrente maior que a especificada nominalmente. Os fusíveis utilizados em aplicações fotovoltaicas são dos tipos que têm areia em seu interior para extinguir o arco voltaico gerado pela interrupção do circuito.

Em certas aplicações podemos utilizar porta fusíveis que são instalados sob o mesmo trilho que os demais dispositivos de proteção de modo a facilitar a troca desses fusíveis quando houver necessidade.

As figuras abaixo ilustram a simbologia do fusível e um porta fusível que é montado sob trilho tipo DIN:

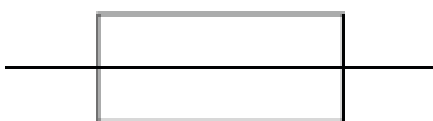


Figura: Simbologia do fusível.

Dispositivo de proteção contra surtos – DPS: Os raios provenientes de descargas atmosféricas podem causar sobre tensões em redes elétricas podendo danificar os equipamentos ligados a mesma. O dispositivo de proteção contra surtos, comumente chamado de DPS, tem a finalidade de limitar sobre tensões a níveis adequados aos equipamentos e desviar altas correntes provenientes das descargas atmosféricas.

Os DPS são necessários em qualquer instalação elétrica que tenha riscos de sofrer danos por sobre tensão (raios diretos, indiretos e surtos por chaveamento).

São utilizados em instalações industriais, comerciais e residenciais. Nas aplicações de energia solar fotovoltaica o uso do DPS é justificado devido os módulos fotovoltaicos estarem expostos ao tempo, aumentando o risco de sofrer uma descarga atmosférica.

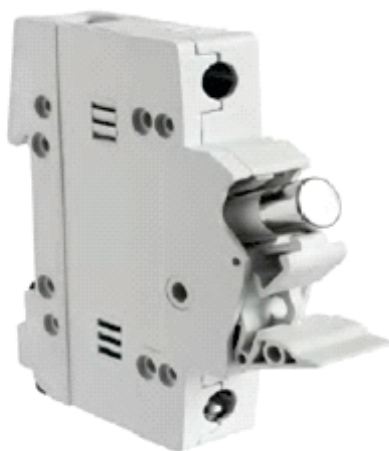


Figura: Porta fusível montável sob trilho tipo DIN.

Os DPS utilizados em aplicações fotovoltaicas devem ser próprios para corrente contínua e de preferência uma combinação de dois tipos de tecnologia, o de varistor e o centelhador como descrito abaixo:

Varistor – limita o nível de tensão a um dado valor desde que seja respeitada sua corrente nominal. É utilizado na proteção contra descargas indiretas;



Figura: Simbologia do varistor.

Centelhador (spark gap) – atuam como um curto circuito desviando toda corrente para a terra. É utilizado na proteção contra descargas diretas.

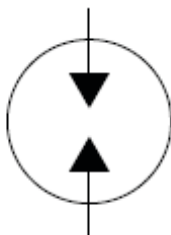


Figura: Simbologia do spark gap (centelhador).

Em aplicações fotovoltaicas os DPS do tipo varistor e o do tipo centelhador podem ser utilizados juntos.

Dessa forma o sistema ficará protegido tanto por descargas atmosféricas indiretas quanto por descargas diretas. Comercialmente encontramos DPS para uso fotovoltaico com as duas tecnologias encapsuladas, bastando apenas conectar os cabos positivo, negativo e de terra ao dispositivo como podemos ver na ilustração abaixo:

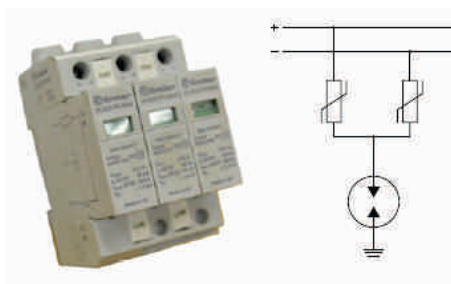


Figura: DPS para aplicações fotovoltaicas.

Em aplicações mais simples não se faz necessário o uso de DPS do tipo centelhador, podendo ser utilizado apenas o do tipo varistor entre cada pólo e o terra.

Podemos ver na ilustração abaixo o diagrama elétrico de um quadro de proteção DC com todos os dispositivos de proteção citados acima:

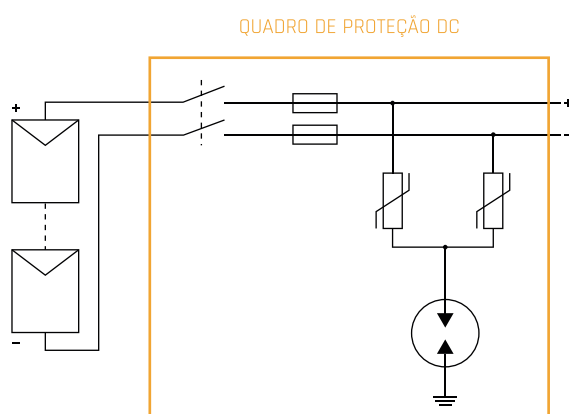


Figura: Diagrama elétrico de um quadro de proteção DC.

Proteção ac

Nos sistemas com inversores é importante o uso de dispositivos de proteção no lado CA, tanto para proteção do inversor e dos condutores quanto para proteção dos usuários. Veja abaixo quais os dispositivos de proteção mais utilizados na parte de corrente alternada:

Disjuntor termomagnético: Dispositivo de proteção capaz de interromper a corrente quando surgem condições anormais de trabalho no circuito que resultam em sobrecorrente, como uma sobrecarga ou um curto-circuito.

Podemos ver na imagem abaixo um disjuntor monopolar com sua respectiva simbologia:

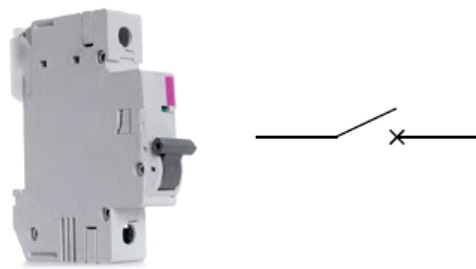


Figura: Disjuntor monopolar e sua respectiva simbologia.

Os disjuntores são fabricados em três modelos: monopolar, bipolar e tripolar como mostra a imagem abaixo:

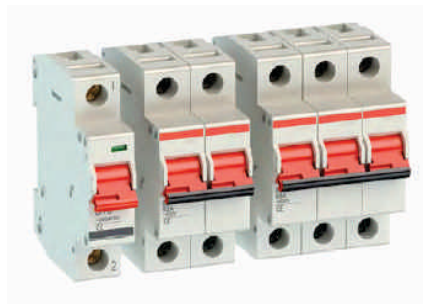


Figura: Da esquerda para a direita temos os disjuntores monopolar, bipolar e tripolar..

Diferencial Residual – DR: O dispositivo diferencial residual – DR atua desligando o circuito elétrico caso haja uma fuga de corrente de pelo menos 30mA que coloque em risco a vida de pessoas e animais. A utilização do DR em instalações elétricas de baixa tensão nos circuitos elétricos que atendam às áreas molhadas ou sujeitas as lavagens e às áreas externas é obrigatório no Brasil.

Quando há uma diferença de corrente entre o condutor de entrada e o de saída de pelo menos 30mA o DR é desarmado desligando o circuito. O mesmo ainda conta com um botão que simula um desvio de corrente para teste do dispositivo.

Caso o DR esteja em perfeito estado de funcionamento, após apertar o botão de teste o DR deverá desarmar desligando o circuito. Por motivos de segurança é aconselhável que esse teste seja realizado mensalmente.

A imagem a seguir ilustra um DR tetrapolar 544 e sua simbologia:

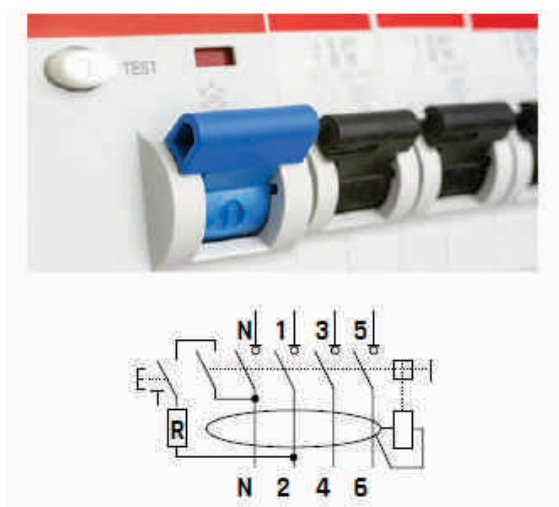


Figura: Dispositivo DR.

Os dispositivos diferenciais residuais podem ser classificados em dois tipos:

IDR – Interruptor Diferencial Residual: Atua somente quando há diferença de corrente entre o condutor de entrada e o de saída. Em caso de curto-circuito ou sobrecorrente esse dispositivo não tem a capacidade de desconectar o circuito elétrico.

DDR – Disjuntor Diferencial Residual: Além de atuar como DR também atua como disjuntor termomagnético desarmando em casos de curto-circuito ou sobrecorrente.

Nos sistemas fotovoltaicos esses dispositivos são ligados na saída dos inversores, seja em sistemas conectados a rede ou em sistemas isolados.

O diagrama ao lado mostra como é a ligação dos dispositivos de proteção DPS e DDR após o inversor.

Caso o instalador não disponha de um DDR (disjuntor DR) a proteção contra sobrecorrente e curto-circuito pode ser feita com um disjuntor bipolar em série com um IDR (interruptor DR).

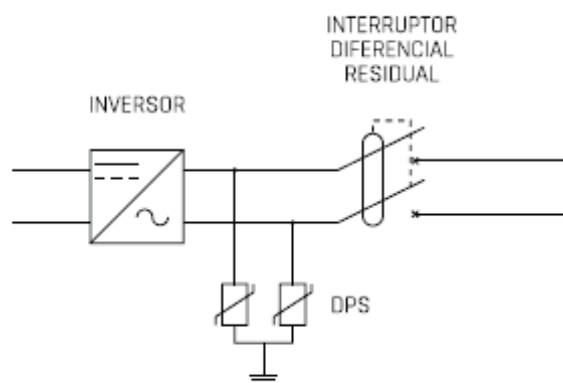


Figura: Circuito de proteção no lado de corrente alternada com DPS e DDR.

Note que nos circuitos de proteção do lado AC também são instalados DPS. Diferente dos DPS utilizados na proteção do lado de corrente contínua, esses agora devem ser próprios para tensão alternada.

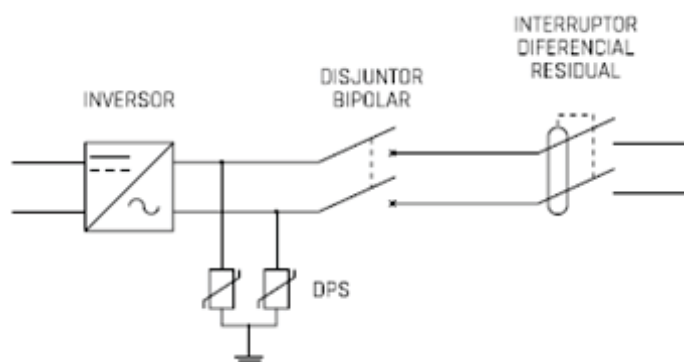


Figura: Circuito de proteção no lado de corrente alternada com DPS, disjuntor bipolar e IDR.

5. MEDIDAS DE SEGURANÇA DO TRABALHO – 16H

5.1 MEDIDAS DE SEGURANÇA DO TRABALHO APLICADAS AO SETOR FOTOVOLTAICO

Tendo em vista os módulos passados, abordaremos agora alguns aspectos gerais de saúde e segurança do trabalho em serviços em energia solar fotovoltaica.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) e divulgado pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), a representação da energia solar no país e seus estados, na matriz energética nacional, mesmo com todos os incentivos e investimentos cada vez maiores no Brasil, ainda é bastante remoto.

No ano de 2016 em comparação com o ano de 2015, foi feito um levantamento e constatou que a energia solar brasileira contribui para a geração de energia elétrica no patamar de 60GWh, o que corresponde a apenas 0,01% de nossa matriz energética..

Tendo em vista os baixos dados de energia sustentável (fotovoltaica), têm havido grandes esforços e incentivos diretos do governo estimulando a micro e minigeração distribuída, de forma que no cenário atual, uma pessoa física pode instalar painéis fotovoltaicos em sua residência, comércio ou condomínio, contribuindo para a injeção de energia elétrica na rede, participando do processo de geração e distribuição de energia, consequentemente, ganhando créditos para posterior uso da energia elétrica.

Essa resolução foi publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2012, que instituiu os primeiros itens regulatórios para mini e microgeração distribuída. Neste contexto, no ano de 2015, houve uma reformulação e aprovaram uma resolução, através da REN 687/2015, a qual representou avanços significativos para o incentivo da geração de energia solar fotovoltaica, incluindo:

Formulação e ampliação da capacidade de geração de energia;

- Redução de custos de implantação de dispositivos solares, tornando essa solução ainda mais atrativa economicamente;
- Ampliação da duração de contrato de três para cinco anos;
- Redução de burocracia, diminuindo o tempo para liberação de pedidos;
- A discriminação do consumidor gerador, ou seja, um determinador consumidor proprietário de mais de um imóvel pode usufruir seus créditos, mesmo que tal propriedade não tenha sido o pólo de geração de energia solar fotovoltaica (uma espécie de descentralização do consumo);
- Possibilidade de geração compartilhada, reunindo grupos de consorciados ou sócios geradores de energia. (possibilidade de reunir um grupo de consorciados ou sócios para geração fotovoltaica, proprietários de uma mesma unidade de geração).

No que se refere a variedade dos aspectos de saúde e segurança do trabalho nessa área, incluindo as etapas ou fases de fabricação e/ou produção dos painéis e dispositivos solares, bem como a instalação, montagem, operação, manutenção e inspeção, como é uma atividade nova, ainda se tem muito pouco conhecimento das etapas das prestações de serviço e suas peculiaridades.

Assim, além de abordados questões de manutenção, inspeção, distribuição de energias, entre tantos outros fatores, devemos ter em mente e saber identificar os Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva – EPI e EPC hoje presente no mercado, conforme bem elucidada a norma regulamentar número 06, vejamos:

Norma Regulamentar 06

NR.6 - Para os fins de aplicação desta Norma Regulamentadora - NR, considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.



Figura: Equipamentos de Proteção Individual

Neste contexto, os EPI's utilizados numa atividade que gere riscos a saúde e segurança do trabalhador podem variar, tudo vai depender do ambiente de trabalho que o profissional está inserido, condições de laboro e a parte do corpo que se pretende proteger, tais como:

- Proteção auditiva: abafadores de ruídos ou protetores auriculares;
- Proteção respiratória: máscaras e filtro;
- Proteção visual e facial: óculos e viseiras;
- Proteção da cabeça: capacetes;
- Proteção de mãos e braços: luvas e mangotes;
- Proteção de pernas e pés: sapatos, botas e botinas;
- Proteção contra quedas: cintos de segurança e cinturões.

Para além disso, devemos entender que os Equipamentos de Proteção Coletiva, assim como os EPI's, são dispositivos utilizados no ambiente de trabalho com o objetivo de proteger os trabalhadores dos riscos inerentes aos processos, tais como o enclausuramento acústico de fontes de ruído, a ventilação dos locais de trabalho, a proteção de partes móveis de máquinas e equipamentos, a sinalização de segurança, dentre outros.

Como o EPC não depende da vontade do trabalhador para atender suas finalidades, este tem maior preferência pela utilização do EPI, já que colabora no processo minimizando os efeitos negativos de um ambiente de trabalho perigoso, que apresenta diversos riscos aos profissionais em laboro.

Portanto, o EPI será obrigatório somente se o EPC não atenuar os riscos completamente ou se oferecer proteção parcialmente. Neste compasso, vamos detalhar a função do empregador na questão dos equipamentos de proteção.

NR.6.6.1 Cabe ao empregador quanto ao EPI:

- adquirir o adequado ao risco de cada atividade;
- exigir seu uso;

- fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho;
- orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação;
- substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;
- responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica; e,
- comunicar ao MTE qualquer irregularidade observada. h) registrar o seu fornecimento ao trabalhador, podendo ser adotados livros, fichas ou sistema eletrônico. (Inserida pela Portaria SIT/DSST 107/2009)

É aceitável que o trabalhador não se adapte ao EPI que precisa ser usado, porém é de responsabilidade do SESMT, fomentar um Equipamento de Proteção Individual adequado e que seja compatível com o trabalhador, pois o mesmo não pode proceder com suas atividades sem o uso dos equipamentos de proteção.

NR.6.7 Responsabilidades do trabalhador

6.7.1 Cabe ao empregado quanto ao EPI:

- Usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina;
- Responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- Comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso; e,
- Cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

Norma Regulamentar 10

Entendido as normas que regulamentam os equipamentos de proteção, vamos abordar e entender as novas que elucidam os riscos da eletricidade, ou seja, a Norma regulamentar nº10:

NR10.1.1- Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

NR10.1.2 - Esta NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

NR 10.2 - Medidas De Controle

• **10.2.1** Em todas as intervenções em instalações elétricas devem ser adotadas medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, mediante técnicas de análise de risco, de forma a garantir a segurança e a saúde no trabalho.

• **10.2.2** As medidas de controle adotadas devem integrar-se às demais iniciativas da empresa, no âmbito da preservação da segurança, da saúde e do meio ambiente do trabalho.

Medidas de proteção coletiva

Vamos entender agora a questão de medidas protetivas de segurança, intituladas ao profissional que executa serviços de instalações elétricas e projetos como um todo.

• **NR10.2.8.1** Em todos os serviços executados em instalações elétricas devem ser previstas e adotadas, prioritariamente, medidas de proteção coletiva aplicáveis, mediante procedimentos, às atividades a serem desenvolvidas, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores.

- **NR10.2.8.2** As medidas de proteção coletiva compreendem, prioritariamente, a desenergização elétrica conforme estabelece esta NR e, na sua impossibilidade, o emprego de tensão de segurança.

- **NR10.2.8.2.1** Na impossibilidade de implementação do estabelecido no subitem 10.2.8.2., devem ser utilizadas outras medidas de proteção coletiva, tais como: isolação das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação, bloqueio do religamento automático.

- **NR10.2.9** - Medidas de proteção individual

- **10.2.9.1** Nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individual específicos e adequados às atividades desenvolvidas.

- **10.2.9.2** As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas.

- **10.2.9.3** É vedado o uso de adornos pessoais nos trabalhos com instalações elétricas ou em suas proximidades.

NR 10.4 - Segurança na construção, montagem, operação e manutenção

- **10.4.1** As instalações elétricas devem ser construídas, montadas, operadas, reformadas, ampliadas, reparadas e inspecionadas de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores e dos usuários, e serem supervisionadas por profissional autorizado, conforme dispõe esta NR.

- **10.4.2** Nos trabalhos e nas atividades referidas devem ser adotadas medidas preventivas destinadas ao controle dos riscos adicionais, especialmente quanto a altura, confinamento, campos elétricos e magnéticos, explosividade, umidade, poeira, fauna e flora e outros agravantes, adotando-se a sinalização de segurança.

- **10.4.3** Nos locais de trabalho só podem ser utilizados equipamentos, dispositivos e ferramentas elétricas compatíveis com a instalação elétrica existente, preservando-se as características de proteção, respeitadas as recomendações do fabricante e as influências externas.

- **10.4.3.1** Os equipamentos, dispositivos e ferramentas que possuam isolamento elétrico devem estar adequados às tensões envolvidas, e serem inspecionados e testados de acordo com as regulamentações existentes ou recomendações dos fabricantes.

- **10.4.4** As instalações elétricas devem ser mantidas em condições seguras de funcionamento e seus sistemas de proteção devem ser inspecionados e controlados periodicamente, de acordo com as regulamentações existentes e definições de projetos.

- **10.4.4.1** Os locais de serviços elétricos, compartimentos e invólucros de equipamentos e instalações elétricas são exclusivos para essa finalidade, sendo expressamente proibido utilizá-los para armazenamento ou guarda de quaisquer objetos.

- **10.4.5** Para atividades em instalações elétricas deve ser garantida ao trabalhador iluminação adequada e uma posição de trabalho segura, de acordo com a NR 17 - Ergonomia, de forma a permitir que ele disponha dos membros superiores livres para a realização das tarefas.

- **10.4.6** Os ensaios e testes elétricos laboratoriais e de campo ou comissionamento de instalações elétricas devem atender à regulamentação estabelecida nos itens 10.6 e 10.7, e somente podem ser realizados por trabalhadores que atendam às condições de qualificação, habilitação, capacitação e autorização estabelecidas nesta NR.

Norma Regulamentar N°18

Acerca da construção, operação e montagem de painéis fotovoltaicos, o que se procede notadamente em telhados, tem-se a NR 18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, que protege esta relação de laboro, vejamos:

NR.18 - Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção.

Em seu item NR18.18, aborda o seguinte:

NR18.18 Telhados e Cobertura

- **18.18.1** Para trabalho em telhados e coberturas devem ser utilizados dispositivos dimensionados por profissional legalmente habilitado e que permitam a movimentação segura dos trabalhadores.
- **18.18.1.1** É obrigatória a instalação de cabo guia ou cabo de segurança para fixação de mecanismo de ligação por talabarte acoplado ao cinto de segurança tipo paraquedista.
- **18.18.1.2** O cabo de segurança deve ter sua(s) extremidade(s) fixada(s) à estrutura definitiva da edificação, por meio de espera(s) de ancoragem, suporte ou grampo(s) de fixação de aço inoxidável ou outro material de resistência, qualidade e durabilidade equivalentes.
- **18.18.2** Nos locais sob as áreas onde se desenvolvam trabalhos em telhados e ou coberturas, é obrigatória a existência de sinalização de advertência e de isolamento da área capazes de evitar a ocorrência de acidentes por eventual queda de materiais, ferramentas e ou equipamentos.
- **18.18.3** É proibida a realização de trabalho ou atividades em telhados ou coberturas sobre fornos ou qualquer equipamento do qual possa haver emanção de gases, provenientes ou não de processos industriais.
- **18.18.3.1** Havendo equipamento com emanção de gases, o mesmo deve ser desligado previamente à realização de serviços ou atividades em telhados ou coberturas.
- **18.18.4** É proibida a realização de trabalho ou atividades em telhados ou coberturas em caso de ocorrência de chuvas, ventos fortes ou superfícies escorregadias.
- **18.18.5** Os serviços de execução, manutenção, ampliação e reforma em telhados ou coberturas devem ser precedidos de inspeção e de elaboração de Ordens de Serviço ou Permissões para Trabalho, contendo os procedimentos a serem adotados.
- **18.18.5.1** É proibida a concentração de cargas em um mesmo ponto sobre telhado ou cobertura.

Para além disso, não devemos nos esquecer da Norma Regulamentar número 35, que exemplifica o Trabalho em Altura, onde o profissional de energia fotovoltaica vai trabalhar com bastante intensidade, vejamos:

Norma Regulamentar N°35

NR - 35: Esta Norma estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade.

● NR 35.1.2 Considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda.

Sobre a utilização de Equipamentos de Proteção Individual e coletiva, vejamos o diz a norma:

● **35.5. Equipamentos de Proteção Individual, Acessórios e Sistemas de Ancoragem;**

● **35.5.1** Os Equipamentos de Proteção Individual - EPI, acessórios e sistemas de ancoragem devem ser especificados e selecionados considerando-se a sua eficiência, o conforto, a carga aplicada aos mesmos e o respectivo fator de segurança, em caso de eventual queda.

● **35.5.1.1** Na seleção dos EPI devem ser considerados, além dos riscos a que o trabalhador está exposto, os riscos adicionais.

● **35.5.2** Na aquisição e periodicamente devem ser efetuadas inspeções dos EPI, acessórios e sistemas de ancoragem, destinados à proteção de queda de altura, recusando-se os que apresentem defeitos ou deformações.

● **35.5.2.1** Antes do início dos trabalhos deve ser efetuada inspeção rotineira de todos os EPI, acessórios e sistemas de ancoragem.

● **35.5.2.2** Deve ser registrado o resultado das inspeções:

- na aquisição;
- periódicas e rotineiras quando os EPI, acessórios e sistemas de ancoragem forem recusados.
-

● **35.5.2.3** Os EPI, acessórios e sistemas de ancoragem que apresentarem defeitos, degradação, deformações ou sofrerem impactos de queda devem ser inutilizados e descartados, exceto quando sua restauração for prevista em normas técnicas nacionais ou, na sua ausência, normas internacionais.

● **35.5.3** O cinto de segurança deve ser do tipo paraquedista e dotado de dispositivo para conexão em sistema de ancoragem.

● **35.5.3.1** O sistema de ancoragem deve ser estabelecido pela Análise de Risco.

● **35.5.3.2** O trabalhador deve permanecer conectado ao sistema de ancoragem durante todo o período de exposição ao risco de queda.

● **35.5.3.3** O talabarte e o dispositivo trava-quedas devem estar fixados acima do nível da cintura do trabalhador, ajustados de modo a restringir a altura de queda e assegurar que, em caso de ocorrência, minimize as chances do trabalhador colidir com estrutura inferior.

Primeiros Socorros

Embora cada incidente/acidente tenha características próprias, alguns procedimentos essenciais devem ser observados em todas as situações de emergência. É importante saber que as duas primeiras horas após o acidente são decisivas para o tratamento eficaz dos ferimentos e a sobrevivência da vítima.

Portanto, uma leitura cuidadosa das técnicas possibilitará mais segurança e controle emocional na hora de prestar socorro.

Compreenda a situação:

- Mantenha sempre a calma;
- Procure o auxílio de outras pessoas, caso seja necessário, e peça que chamem um médico;
- Ligue para emergência em sua cidade;
- Mantenha os curiosos à distância, pois assim o socorrista terá espaço suficiente para trabalhar;
- Faça o exame primário para a avaliação completa do estado da vítima.

Projeta a vítima:

- Analise o ambiente em que se encontra a vítima, a fim de minimizar os riscos tanto para o acidentado como para o socorrista (fios elétricos, animais, tráfego, entre outros);
- Caso necessite parar ou desviar o trânsito, procure pessoas capazes de fazê-lo;
- Se necessário, remova a vítima para um local adequado;
- Haja sempre com o intuito de acalmar a pessoa, e sem movimentá-la com gestos bruscos;
- Converse com a vítima, pois, se ela responder, significa que não existe problema respiratório grave. Caso ela não consiga se comunicar adequadamente, verifique se está respirando. Em caso negativo, você deve agir rápido: proteja a sua mão, abra a boca da vítima e verifique se há algo atrapalhando a respiração, como prótese dentária ou vômito; remova imediatamente. Se necessário, faça a respiração boca-a-boca e a reanimação cárdio-pulmonar (RCP);
- Se a vítima estiver vomitando, coloque-a na posição lateral de segurança (com a cabeça voltada para o lado, a fim de evitar engasgos).



Dez mandamentos do socorrista:

- Manter a calma.
- Ter em mente a seguinte ordem quando prestar socorro: eu (o socorrista) — minha equipe vítima.
- Checar se há riscos no local de socorro.
- Conservar o bom senso.
- Manter o espírito de liderança.
- Distribuir tarefas.
- Evitar atitudes impensadas.
- Havendo muitas vítimas, dar preferência àquelas com maior risco de vida (sofrendo de parada cárdio-respiratória ou sangramento excessivo, por exemplo).

- Agir como socorrista, não como herói.
- Pedir auxílio, especialmente do Corpo de Bombeiros local.

Suprimentos primeiros socorros:

Estes são alguns itens que devem constar na caixa de primeiros socorros, e que podem ser necessários em situações diversas. A caixa deve ser mantida sempre em lugar de fácil acesso, tanto em casa quanto no carro:

- Alfinetes de fralda;
- Caixa de fósforos;
- Esparadrapo;
- Frasco de água oxigenada;
- Frasco de álcool;
- Frasco de amônia;
- Gazes esterilizadas;
- Lanterna;
- Luvas de látex.
- Pacote de algodão;
- Pomada contra irritação da pele;
- Sabão líquido;
- Saco para água quente;
- Sacos de plástico;
- Termômetro;
- Tesoura;
- Tubo de vaselina esterilizada.



Transporte de vítimas:

Para aumentar as chances de recuperação, o ideal é que a vítima seja atendida no local do acidente. Caso isto não seja possível por falta de segurança, tanto para ela como para o socorrista, deve-se transportá-la para um local seguro, porém respeitando certos cuidados específicos. Veja como: Antes de retirar a vítima do local do acidente:

- Preste atenção ao movimentá-la para não agravar as lesões já existentes;
- Examine o estado geral da vítima;
- Tente calcular o peso da pessoa;
- Considere o número de socorristas para ajudar;
- Retenha a hemorragia;
- Mantenha a vítima respirando;
- Evite ou controle o estado de choque;
- Imobilize as áreas com suspeita de fraturas.

O transporte da vítima pode ser feito por maca, que é a melhor forma. Se por acaso não houver este instrumento disponível, ela pode ser improvisada com duas camisas ou um paletó e dois bastões resistentes, ou até mesmo enrolando-se um cobertor várias vezes em uma tábua larga. Desde forma, será suficiente para o transporte e/ou socorro da vítima.

MÓDULO AVANÇADO

6. MONTAGEM DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS – 60H

A experiência do mercado fotovoltaico na Alemanha mostrou que a montagem dos sistemas fotovoltaicos é um grande desafio para um mercado incipiente. Entre 1991 e 1995 quase 40% das falhas nos sistemas fotovoltaicos ocorreram por causa de problemas na instalação.

Para enfrentar esse desafio, nesta disciplina com uma carga horária de 60 horas, terá destaque a montagem e instalação de um sistema FV residencial em condições reais.

Esse capítulo visa englobar tipos de estruturas para a fixação de sistemas FV na cobertura e suas particularidades, a integração do microgerador FV no sistema elétrico do edifício, a interpretação e análise de um projeto fotovoltaico (diagramas e documentação técnica), avaliação do local da instalação, métodos de trabalho e preparação dos materiais e ferramentas, noções de seguidores e finalmente as normas vigentes para a montagem e instalação de sistemas FV em edifícios.

6.1 FUNDAMENTOS DE MONTAGEM DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Em princípio, todo tipo de superfície ou cobertura de um edifício exposto ao sol, seja a fachada, telhado cerâmico, fibrocimento ou outro tipo de cobertura, pode ser utilizado para a instalação de um sistema fotovoltaico.

Existe uma grande variedade de soluções aditivas e integrativas para estruturas de suportes para sistemas FV.

Na figura abaixo, todas as possíveis formas de montagem de um sistema FV num edifício estão ilustrados.

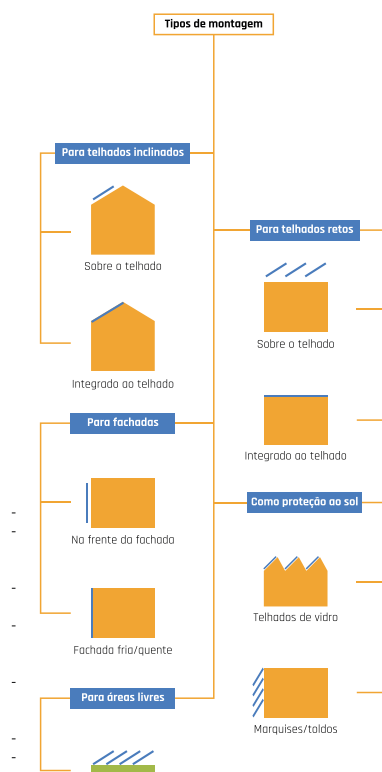


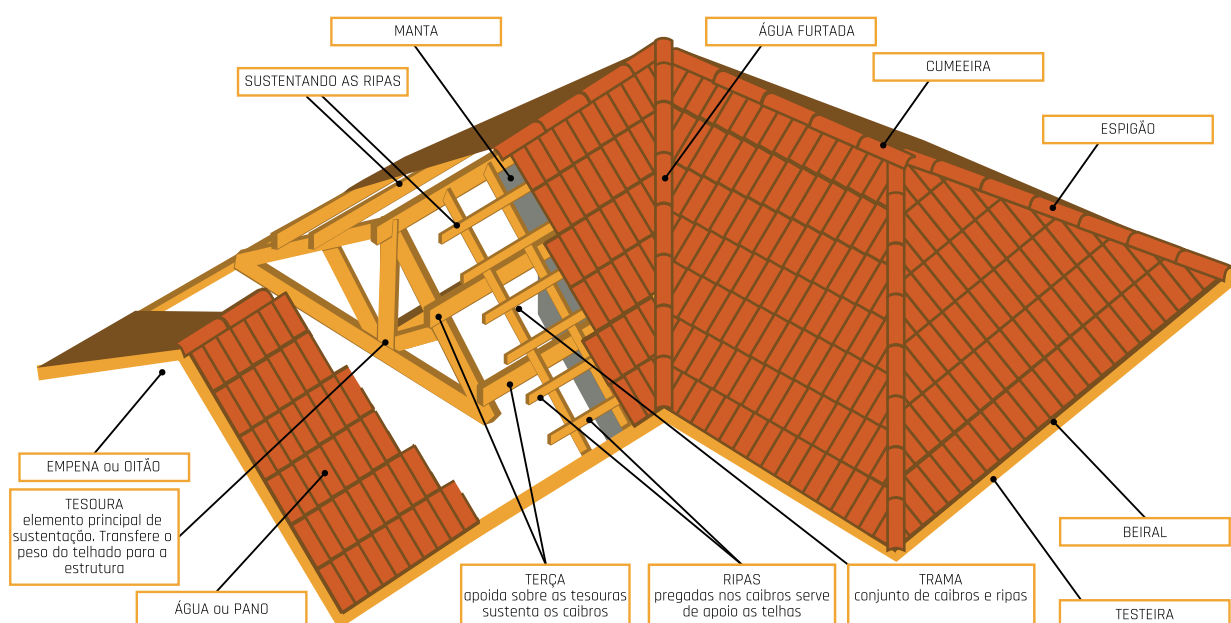
Figura: Formas de montagem do sistema FV.

Em caso de soluções aditivas os módulos fotovoltaicos estão fixados em cima numa estrutura de suporte, em geral metálica. Normalmente estas soluções, também chamado de “retrofitting”, financeiramente, estão mais aplicadas do que soluções integrativas.

Com soluções integrados, os módulos fotovoltaicos estão integrados na fachada ou cobertura e podem substituir o telhado do edifício. Além da sua função de produzir energia elétrica, o sistema FV atende as funções gerias de um telhado como proteção contra chuva, ruído, sol ou serve como isolamento térmico.

Fundamentos de telhados e coberturas

O montador deve ser familiarizado com as nomenclaturas dos elementos de uma cobertura conforme a ilustração abaixo.



Figura; Construção de Telhados .

Os elementos principais são:

Tesoura – o elemento principal de sustentação, que transfere o peso do telhado para a estrutura; seu espaçamento depende do vão do telhado.

Terça – apoiada sobre as tesouras; sustenta os caibros; o espaçamento geralmente é de 1,5 – 2,5 m; existem dois tamanhos padronizados 6 x 12 cm ou 6 x 16 cm.

Caibro – apoiadas sobre as terças, sustentam as ripas; os tamanhos padronizados são 5 x 6 cm e 5 x 7 cm; o espaçamento entre os caibros fica entre 50 – 60 cm.

Ripas – pregadas sobre os caibros, servem de apoio para as telhas; as dimensões padronizadas da ripa são 5 cm (largura) x 1 – 2 cm (espessura); o espaçamento fica em torno de 30 cm.

As coberturas mais utilizadas no Brasil são telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento ou telhas de aço-

zincado, cujas ilustrações estão abaixo:

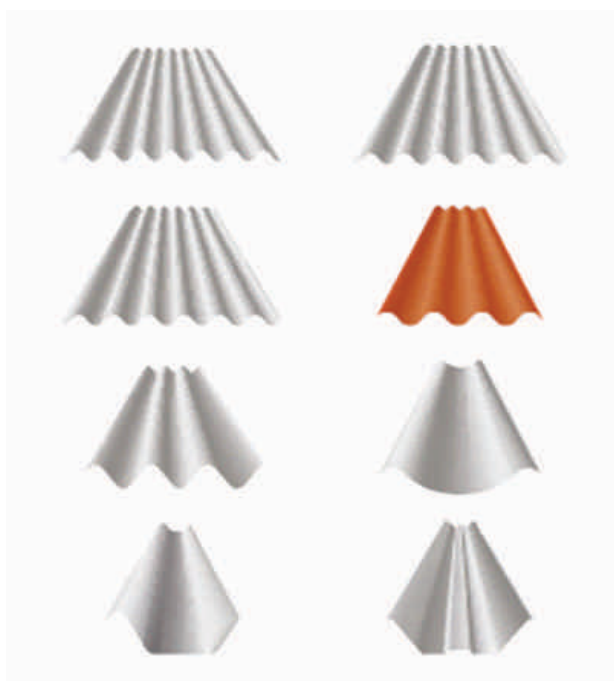


Figura: Telhas de fibra-cimento.

Em geral as formas de telhado estão denominadas de acordo com os números de inclinação e chamado de “xx água”, conforme figura ilustrada. Mas além desses tipos de telhados, existem uma grande variedade de outras formas de telhados, vejamos:



Figura: Telhas de cerâmicas.

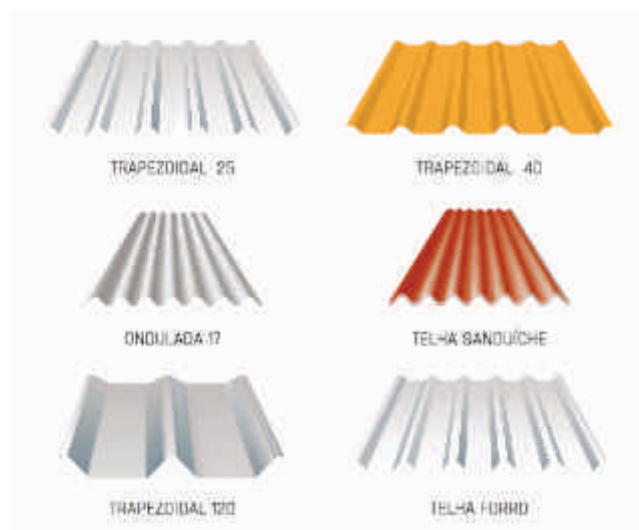


Figura: Telhas de aço zincado.

Estática de um telhado/cobertura

A estática é um importante tema para a montagem de sistemas FV e deve ser avaliada em cada instalação, resguardando especialmente o vigente na norma da construção civil NBR 6123/1988 “Forças devidas ao vento em edificações”.

A estática de um telhado define a forma que o sistema FV deve ser montado, como, por exemplo, a distância entre os ganchos de fixação, espessura das calhas de suportes.

Em certos casos um estudo de estática é indispensável. Porém, pelo menos, uma estimativa da capacidade máxima de carga do telhado deve ser feita por um especialista. Por razões legais, é recomendado deixar tudo suficientemente documentado.

Cuidado especial deve ser tomado com sistemas fotovoltaicos em relação as cargas adicionais e a ação de vento, sobretudo quando os módulos estão montados em coberturas planas. O sistema FV aumentará a área exposto ao vento e conseqüentemente as forças e cargas agindo na cobertura.

Em princípio existem duas forças/cargas agindo na cobertura:

1. O próprio peso do sistema FV e
2. Uma carga não-permanente causada pelo vento.

Assim surgem forças compressivas e forças de sucção como ilustrado na figura abaixo. Geralmente as cargas de vento dependem da inclinação do telhado e são maiores perto da borda do telhado ou da empena.

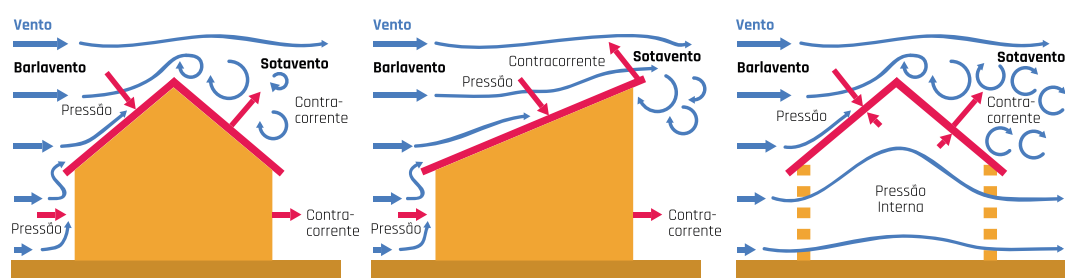


Figura: Ilustração esquemática das forças compressivas e de sucção.

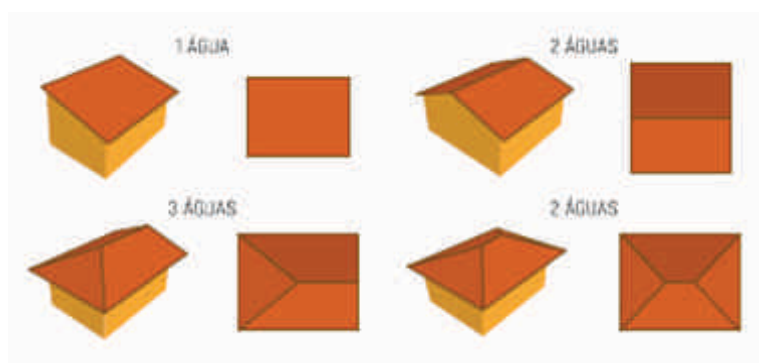


Figura: Formas de telhados.

Componentes da estrutura de suporte para um sistema fv “rooftop”

Na figura abaixo, as diferentes opções desses três componentes principais estão ilustradas. Para a fixação no telhado pode ser utilizado um gancho de fixação, parafusos passadores ou adaptações especiais para um determinado tipo de telhado.

As calhas/perfis de suporte pode ser montadas de uma ou duas camadas. Para a fixação dos módulos na estrutura de suporte existe uma grande variedade de aplicações. Em geral os módulos FV podem ser fixados pontual, linearmente ou enganchado na própria calha.

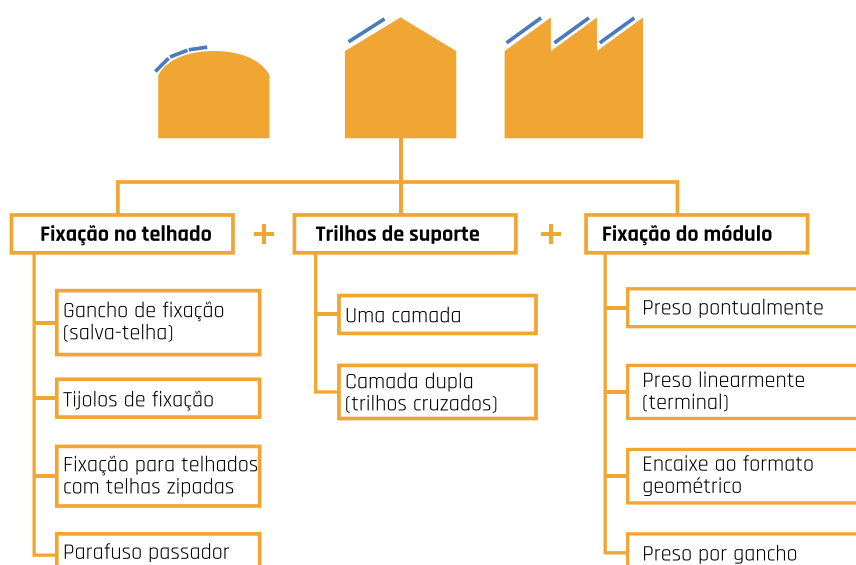


Figura: Resumo de estruturas de suportes para soluções aditivas.

Fixação no telhado

Ganchos de fixação

No caso de telhados com telhas cerâmicas, geralmente ganchos metálicos em formato de “Z” são utilizados. Esses ganchos estão fixados no caibro do telhado e passa para fora do telhado entre duas telhas. Esse gancho de fixação também é chamado de “salva telha”, porque ele preserva a telha.



Figura: Gancho de fixação.

Parafusos passadores

Uma alternativa em vez de ganchos de fixação são parafusos passadores. Normalmente esse tipo de fixação é utilizado para telhas de fibrocimento ou metálicas.



Figura: Parafuso passador.

Dispositivos de fixação para telhas metálicas

Para telhas metálicas trapezoidal existem fixações específicas no formato da própria telha. A utilização desses dispositivos permite a montagem do sistema FV no telhado sem furar a cobertura.

Calhas/perfis de suporte

As calhas/perfis de suporte servem para sustentar os módulos FV e podem ser montadas de uma ou duas camadas.

Eles estão fixados nos pontos de fixação da estrutura no telhado (ganchos ou parafusos passadores).

Na montagem das calhas deve se considerar a boa ventilação dos módulos FV para garantir a eficiência dos mesmos e a redução da carga de vento. Irregularidades do telhado devem ser compensado para obter uma superfície plana. Deve ser garantido um bom acesso aos módulos FV e permitido um acesso facilitado para remoção individual de módulos FV. A espessura e o material das calhas dependem da carga total do sistema FV e do local de instalação.

Fixação dos módulos FV

A forma mais difundida para a fixação de módulos no suporte metálico é o aperto pontual. Nos dois lados, os módulos são fixados com grampos. No início e final do arranjo FV grampos terminadores, e entre dois módulos FV grampos intermediários, são utilizados.

Fixação dos módulos FV

A forma mais difundida para a fixação de módulos no suporte metálico é o aperto pontual. Nos dois lados os módulos estão fixados com grampos como ilustrado nas figuras abaixo.



Figura: Grampo terminador.



Figura: Grampo intermediário.

No início e final do arranjo FV grampos terminadores, e entre dois módulos FV grampos intermediários, são utilizados.

Em caso de módulos FV sem moldura grampos laminados são utilizados. Em geral esses grampos são mais largos e possuem borrachas de EPDM (Etileno- -Propileno-Dieno).



Figura: Grampos laminados com borrachas EPDM.

Uma alternativa para a fixação pontual com grampos curtos, é o encaixe dos módulos FV na calha. Porém, deve ser verificado com o fabricante dos módulos FV, se essa forma de fixação é permitida.

Componentes da estrutura de suporte para sistemas fv em tetos planos

Tetos planos oferecem a liberdade para um planejamento otimizado de um sistema FV. Por exemplo em relação a escolha da inclinação ou orientação do sistema FV. Porém antes da instalação do sistema FV deve ser conferido, se a cobertura suporta a carga adicional, sobretudo considerando a carga de vento, que é consideravelmente aumentada.

O instalador deve tomar cuidado a não danificar a cobertura na montagem do sistema FV. Na figura abaixo mostra as diversas opções para montagens de sistemas FV em tetos planos:

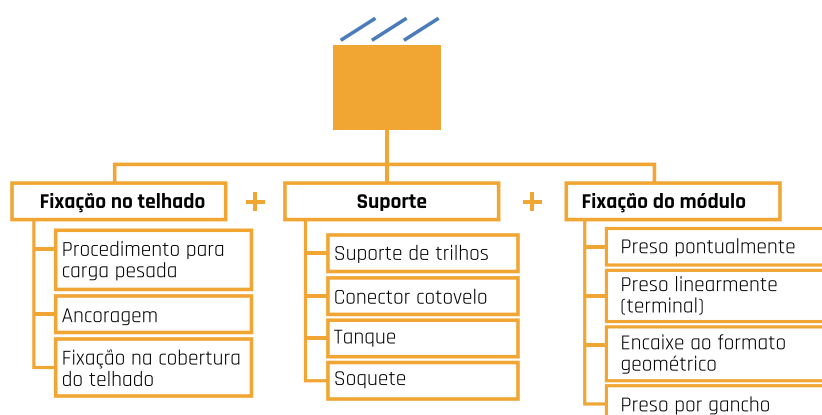


Figura: Opções de montagem de sistemas FV em tetos planos.

Quanto a fixação do sistema FV no telhado existe a possibilidade de utilizar estruturas de suportes autoportantes, a estrutura de suporte pode ser ancorada na cobertura ou a estrutura pode ser fixado no telhado.

No caso de sistemas FV com estruturas autoportantes, o sistema FV é segurado pelo próprio peso ou pesos adicionais. A vantagem desse tipo de sistema é que não precisa fixar o suporte no teto.



Figura: Estrutura de suporte autoportante.

Noções de qualidade

A vida útil de um sistema fotovoltaico é considerada de no mínimo 20 anos. Para garantir o bom funcionamento do sistema FV durante este período, deve-se tomar um cuidado especial em utilizar somente materiais de alta qualidade, resistente à corrosão e irradiação UV.

Combinações de metais devem ser utilizados somente quando não houver perigo de reações eletroquímica entre eles. Metais galvanizados não devem ser perfurados ou serrados posteriormente. No caso se for preciso, o lugar deve ser galvanizado a frio e controlado periodicamente. As calhas de alumínio devem ser resistentes à corrosão (tipo 6061 ou 6063) e não devem ter contato direto com materiais de concreto.

Também pode ser utilizado aço inoxidável.

Cantos, onde sujeira, folhas ou outros depósitos podem se juntar, devem ser evitados. Tanto como águas paradas, que acontece muitas vezes em bandejas de cabos.

Na montagem do sistema FV sempre deve-se considerar os manuais e as indicações do fabricante. No caso de dúvida procura-se entrar em contato com o fornecedor ou diretamente com o fabricante.

Variações de montagem

Em geral os módulos FV estão montados na extremidade em cima de duas calhas paralelas e fixados em quatro pontos. A distância entre as calhas depende dos possíveis pontos de fixação no telhado e das indicações do fabricante dos módulos FV. Veja abaixo a imagem.

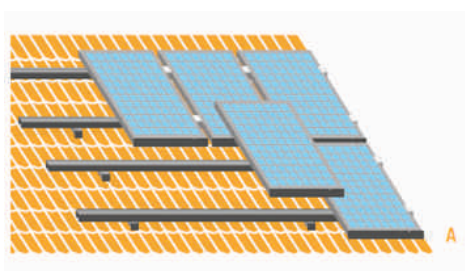


Figura: Instalação na extremidade

No caso em que os módulos FV serão montados em orientação horizontal, as calhas devem ser fixadas vertical. Nem sempre, isto é possível, devido a distância dos caibros. Vejamos:

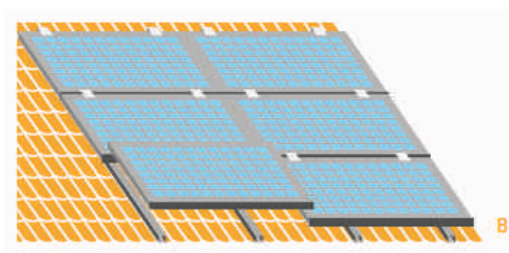


Figura: Instalação na Horizontal

Neste caso, duas camadas de calhas devem ser instaladas, como ilustrado na figura abaixo:

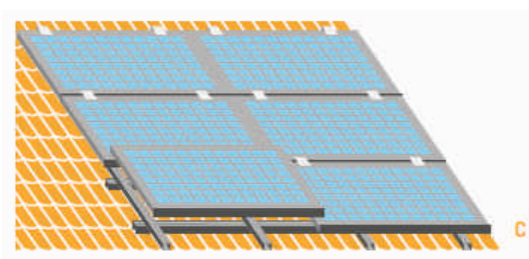


Figura: Instalação em duas camadas

Para sistemas FV maiores uma pré-montagem de módulos antes de montar o sistema no telhado é útil. Os módulos podem ser agrupados e montados em cima do suporte já no chão e em seguida levantados e montados na estrutura de suporte em cima do telhado.

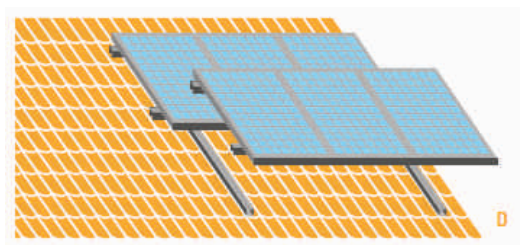
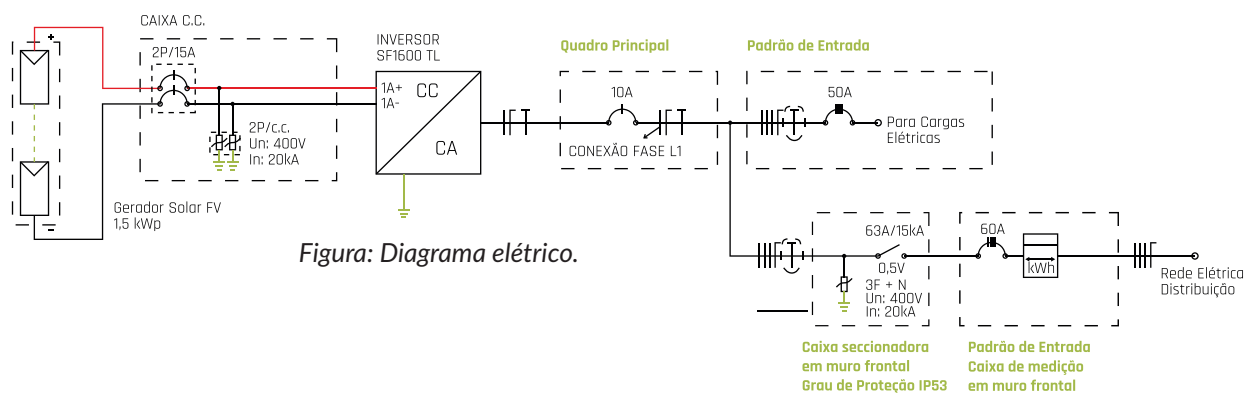


Figura: Instalação de módulos pré-fixados.

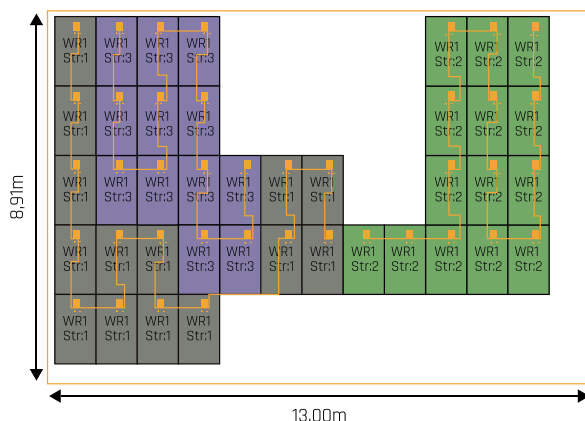
Interpretação diagramas e documentos técnicos

Na projeção de sistemas FV a documentação técnica contém vários diagramas e desenhos técnicos, que servem como diretrizes para a instalação e montagem do sistema. Os principais documentos são o diagrama elétrico unifilar e planilha de strings.

• Diagrama elétrico unifilar



• **Planilha de strings:** A planilha de strings serve para identificar os módulos FV que serão interligados e formam um string (módulos FV interligados em série). Particularmente para sistemas FV maiores essa planilha é essencial para a instalação e manutenção do sistema de forma eficaz.



Dica: Para identificar os módulos FV de uma string mais fácil e rápido, os módulos interligados em série são desenhados em diferentes cores.

Relatório técnico

A equipe de montagem e instalação de um sistema FV deve elaborar um relatório técnico, que consta:

- todos as divergência com o projeto,
- os dados do sistema FV com as fichas técnicas dos componentes,
- a planilha de string,
- o diagrama elétrico unifilar,
- opcional: uma planilha de manutenção e
- o check-list do comissionamento.

Este relatório serve para o acompanhamento da operação e para a manutenção do sistema FV. Uma via deve ser entregue para o cliente.

6.2 MONTAGEM DE SISTEMAS FV

Antes da montagem do sistema FV o local deve ser vistoriado para identificar possíveis obstáculos e divergências com o projeto. Qualquer divergência ou mudança do projeto deve ser anotado no relatório técnico.

Ao seguir, os métodos de trabalho com o passo- -a-passo da montagem e a listagem das ferramentas e instrumentos utilizados, estão descritos.

Métodos De Trabalho

É recomendado que a montagem e instalação de um sistema FV seja realizada por equipe de pelo menos duas profissionais. Eles devem ter familiaridade com a sequência da montagem e as medidas de segurança aplicáveis, além de trabalhar em sintonia.

Passo-a-passo da montagem

A montagem do sistema FV pode ser dividido em sete passos, que serão apresentados a seguir:

- **Marcação da área de instalação:** A posição desejada para a instalação do sistema FV foi definido na fase do planejamento do sistema. O topo das bordas exteriores da primeira fila e a borda inferior dos módulos FV da última fila serão marcados no telhado com giz, para receber uma noção do espaço utilizado.
- **Montagem dos ganchos de fixação:** Para a montagem dos ganchos de fixação, primeiramente tem que ser definido em qual fileira das telhas os ganchos devem ser fixados e qual será a distância entre eles. Depois, a telha será removida e o gancho fixado no caibro com pelo menos quatro parafusos, conforme figura abaixo:



Figura: Montagem da fixação do gancho no caibro.

Em seguida a telha será colocada de volta.

Atenção: Deve-se tomar cuidado para que o gancho de fixação não encosta na telha inferior.

Fixação dos perfis metálicos nos ganchos: Os perfis de suporte serão fixados nos ganchos de fixação conforme figura abaixo. Em seguida, o alinhamento dos perfis deve ser conferido com uma corda. Caso preciso, os ganchos de fixação devem ser reposicionados.

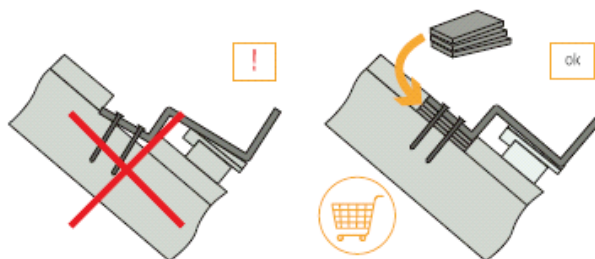


Figura: Posicionamento certo do gancho de fixação.

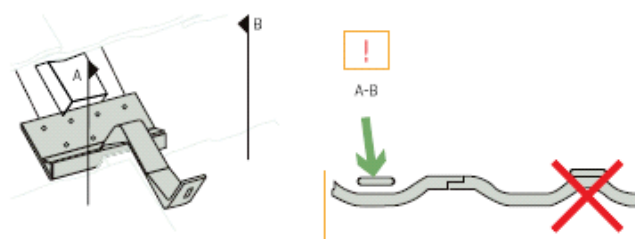


Figura: Posicionamento certo do gancho de fixação.

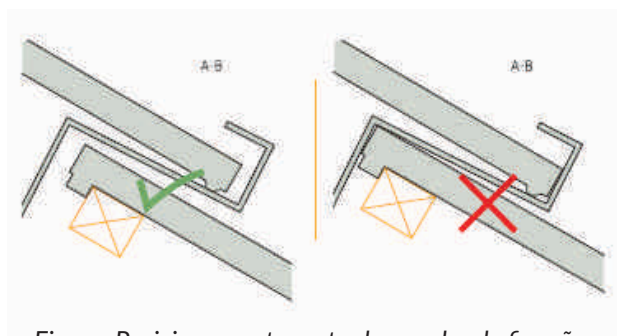


Figura: Posicionamento certo do gancho de fixação.

Dica: O alinhamento exato do perfil inferior, que serve como referência para o alinhamento dos outros perfis, garante uma aparência limpa do sistema FV.



Figura: Fixação do módulo FV no perfil de suporte

A distância de um perfil para o outro depende do tamanho dos módulos FV e do local da instalação. Normalmente procura-se montar as calhas de tal forma, que a distância entre os perfis seja a metade do tamanho dos módulos FV, conforme figura abaixo.

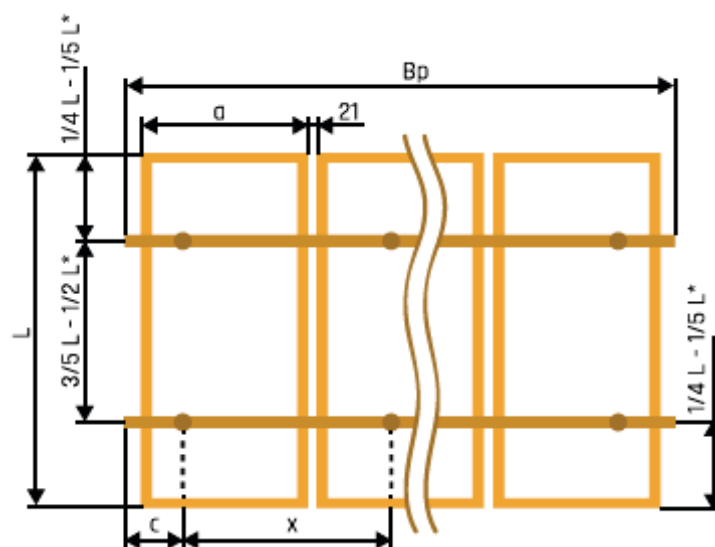


Figura: Distância da fixação dos módulos FV na estrutura de suporte.

Dica: Em geral as molduras do módulo FV estão perfurados no lado inferior. Isso pode servir como indicação, onde os perfis devem ser posicionados.

- Montagem dos módulos FV: No próximo passo, os módulos FV serão fixados nos perfis de suporte com grampos fixadores ou dispositivos similares. Entre dois módulos FV grampos intermediários estão fixados.

Atenção: Os módulos FV devem ser aterrados através dos perfis e ganchos de fixação.

Interligação dos módulos FV: Através da interligação dos módulos FV um com outro, forma se uma string.

- Montagem do inversor/interligação

Interligação com medidor bidirecional (somente pessoas autorizadas)

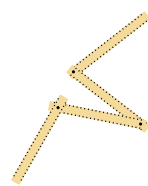
Preparação ferramentas e materiais

Para uma montagem segura e eficaz, as seguintes ferramentas são necessárias:

- Passo (Marcação): Fita métrica, giz
- Passo (ganchos “Z”): Parafusadeira, Cabo de Aterramento com parafusos, Moedor de ângulo com disco de pedra (Winkelschleifer mit Steinschleifer)
- Passo (Perfis metálicos): Chave Allen, fio guia (Richtschnur), open end chave
- Passo: (Módulos FV): Chave de fenda, open-end chave, Chave Allen
- Passo (Interligação): Marcação de cabos para as strings, abraçadeiras, Eletrodutos
- Passo (Inversor): Furadeira com broca de concreto



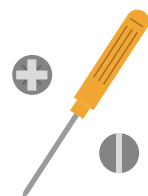
LÁPIS / GIZ



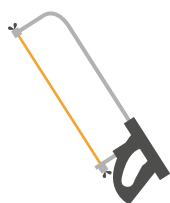
RÉGUA DE
DOBRÁVEL /
FITA MÉTRICA



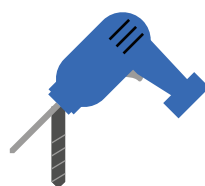
BALANÇO
HÍDRICO /
FIO GUIA



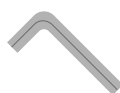
CHAVE DE
FENDA (SLOT /
CROSS-SLOT)



CEGUETA PARA
CORTAR PERFIS
DE BASE



FURADEIRA SEM
FIO / BROCA



CHAVE ALLEN;
SW 6 (249 745)



CHAVE
HEXAGONAL
COM CABO EM T;
SW 6 (249 744)



MARTELO DE
BORRACHA

Figura: Ferramentas para montagem e instalação do sistema FV.

7. ESTUDO DA VIABILIDADE DO NEGÓCIO – 20H

7.1 A GLOBALIZAÇÃO E A AÇÃO EMPREENDEDORA

Ao decidir criar uma empresa, o empreendedor individual, enfrenta grandes desafios e assume importância vital para a sociedade. É ele quem decide sobre o aumento da produção de alimentos, a construção de habitações, a fabricação de medicamentos, a implantação de infraestrutura de saneamento e transportes. Superar esses desafios requer a ação decisiva e, em alguns casos, heroica de indivíduos capacitados e dispostos a capitanear empresas industriais, comerciais e de serviços, mesmo em condições turbulentas.

A partir dos anos 1980 as mudanças no cenário econômico mundial em direção à globalização e à competitividade internacional vêm exigindo maior agilidade de formulação estratégica e desenvolvimento de ações das empresas. Para se tornarem ágeis e competitivas as empresas tiveram que se estruturar em pequenas unidades de negócio, ou, estabelecer parcerias com pequenas empresas. Muitas atividades que eram realizadas por empregados de grandes empresas, passaram a ser contratadas junto às micro e pequenas empresas independentes, havendo, então, a terceirização. Uma escolha cada vez mais necessária tem sido a opção por parte de grandes empresas de realizar parcerias com micro e pequenas empresas, com o objetivo de expansão do negócio. É usual encontrar alguém que já criou uma empresa, consolidou a marca de um produto ou serviço e está disposto a transferir, todo o conceito e o modo operativo do negócio, para outro. Esta realidade de compartilhamento de um negócio é feita por meio de um contrato de franquia.

As práticas de subcontratação de serviços externos por grandes empresas são antigas. Entretanto, a partir dos anos oitenta, estas empresas passaram a adotar uma política de desverticalização associada a uma concentração em atividades essenciais do seu negócio.

Para implementar esta política empresarial, inicialmente, procederam a uma diminuição das atividades de gerência (downsizing) e de fabricação, até então realizadas por elas próprias, passando a subcontratar outras empresas para realizá-las. Este processo desencadeou um tipo específico de parceria, no contexto brasileiro, denominado de terceirização e que acabou gerando oportunidades para pessoas interessadas na criação de empresas, especialmente as micro e pequenas.

Uma dimensão empresarial de destaque no período em referência tem sido a preocupação em oferecer produtos e serviços com alto índice de qualidade. Ser competitivo então passa a significar ter qualidade nos produtos e serviços e bons preços em nível mundial. O parâmetro para avaliar se uma empresa praticou a qualidade, estabelece-se por meio do confronto com outras empresas similares existentes em diferentes países.

Nas últimas décadas, com os mercados cada vez mais abertos, as empresas com produtos iguais, mas com diferenciais competitivos substanciais (qualidade e preço) tiveram a oportunidade de competir em diversas regiões do mundo. Por isso a qualidade em nível nacional não basta. Tem sido preciso, cada vez mais, ter qualidade total em nível global.

Sendo assim, neste cenário de economia globalizada, o desafio dos empreendedores já atuantes ou daqueles que estão pensando em iniciar seu negócio, tende a ser o de desenvolver a capacidade de criar uma empresa verdadeiramente competitiva.

Os produtos ou serviços que a empresa vier a oferecer à clientela necessitarão de ser produzidos

dentro de padrões de qualidade requeridos pelo mercado mundial. Os preços dos produtos a serem cobrados a clientes e os serviços prestados, deverão de ser iguais ou melhores que aqueles oferecidos por empresas similares, atuantes em outros países.

A avaliação da qualidade do produto ou serviço oferecido também parte do cliente e, por essa razão, a empresa deve direcionar o foco para ele. A visão que este cliente tem de suas necessidades e de seus direitos é sempre um desafio para empresas instaladas ou em fase de criação. Sabe-se que uma empresa só sobrevive se tiver um mercado, ou seja, uma clientela que busca e adquire seus produtos ou serviços.

A competição acirrada e a abertura das importações propiciaram aos clientes muitas opções de escolha pela livre e variada oferta de produtos e serviços disponíveis. A tendência das empresas é personalizar seus produtos e serviços, dirigindo-os para segmentos ou nichos específicos de mercado. Isto implica numa comunicação com o cliente que utilize conceitos e palavras que ele conhece e vivencia; assim, ela tem de ser direta e ajustada à clientela-alvo pré-selecionada. Com o nível de informação de natureza global disponível nos meios de comunicação, o cliente tornou-se mais exigente e consciente da sua importância como centro das decisões empresariais.

7.2 O EMPREENDEDOR

Definir o empreendedor é um desafio, dada a ampla variedade de pontos de vista usada para estudar o fenômeno. Segundo Filion (1997a), Hélène Vérin estudou o desenvolvimento do termo “entrepreneur” através da história. No século XII, era usado para se referir àquele que incentivava brigas. No século XVII, descrevia uma pessoa que tomava responsabilidade e dirigia uma ação militar. Somente no final do século XVII e início do século XVIII que o termo foi usado para se referir à pessoa que criava e conduzia projetos ou criava e conduzia empreendimentos.

O significado da palavra empreendedor muda de acordo com o país e a época. No fim do século XVII, empreender era a firme resolução de fazer qualquer coisa. No final do século XIX e início do século XX, o termo designava os grandes capitães de indústria, tais como Ford nos Estados Unidos, Peugeot na França, Cadbury na Inglaterra, Toyoda no Japão (DOLABELA, 1999).

Finalmente, segundo Dolabela (1999, p. 67) a palavra empreendedor “... atualmente, significa a atividade de toda pessoa que está na base de uma empresa, desde o franqueado, um dono de oficina mecânica, até aquele criou e desenvolveu uma multinacional”.

Características do empreendedorismo

A pesquisa acadêmica sobre empreendedorismo é relativamente recente e está ligada à grande importância que a pequena empresa exerce no quadro econômico do mundo atual. Esse ramo do saber está em fase pré-paradigmática, já que não existem padrões definitivos, princípios gerais ou fundamentos que possam garantir de maneira cabal o conhecimento na área.

Dessa forma, questões cruciais, como se é possível ensinar a ser empreendedor, características empreendedoras determinantes do sucesso e quais são elas, não encontraram ainda respostas definitivas, embora a publicação acadêmica na área seja crescente (DOLABELA, 1999).

Mesmo sem conotações determinísticas, as pesquisas têm contribuído para a identificação e a compreensão de comportamentos que podem levar o empreendedor ao sucesso. Um dos campos

centrais da pesquisa em empreendedorismo consiste no estudo do ser humano e dos comportamentos que podem conduzir ao sucesso.

De acordo com Timmons (1994); Hornaday (1982), no Quadro 1 são listados alguns dos traços do empreendedor de sucesso.

Quadro 1
Características do Empreendedor de Sucesso

- » Tem forte intuição.
- » Tem grande energia. É um trabalhador incansável. Sabe fixar metas e alcançá-las.
- » Luta contra padrões impostos. Diferencia-se, descobre nichos. O fracasso é considerado um resultado onde se aprende. Tem perseverança e tenacidade.
- » Tem um “modelo”, alguém que o influencia. Tem alto comprometimento.
- » Sabe buscar, utilizar e controlar recursos.
- » Tem iniciativa, autonomia, autoconfiança, otimismo e necessidade de realização. Procura obter opiniões, avaliações sobre o seu comportamento.
- » Tem rede de relações (amizades, contatos) moderadas, porém utilizadas intensamente como suporte para alcançar seus objetivos.
- » Cultiva a imaginação e aprende a definir visões.
- » Líder. Cria um sistema próprio de relações com empregados. Conhece muito bem o ramo em que atua.
- » Cria um método próprio de aprendizagem. Aprende a partir do que faz. Assume riscos moderados. Gosta do risco, mas faz tudo para minimizá-lo. Traduz seus pensamentos em ações.
- » É inovador e criativo. A inovação é relacionada ao produto. É diferente da invenção, que pode não dar consequência a um produto.
- » Define o que deve aprender para realizar suas visões. Tolerância à ambiguidade e à incerteza.
- » Tem um alto nível de consciência do ambiente em que vive. Sendo assim, detecta oportunidades de negócios.
- » Tem a capacidade de influenciar as pessoas com as quais lida.

Fonte: Adaptado de TIMMONS, 1994; HORNADAY, 1982.

Na visão de Guilhaon; Lezana; Tonelli (1998), definitivamente, o empreendedor é um ser humano e seu comportamento obedecerá necessariamente um processo comportamental.

O que o torna diferente são as características peculiares da sua personalidade, além do fato de ter à sua disposição uma empresa (ou futura empresa) a ser usada para satisfazer suas necessidades, como qualquer outro instrumento.

Através das pesquisas, chegou-se às principais características dos empreendedores de sucesso, que são apresentadas no Quadro 2.

Contudo, é importante ressaltar que estas características podem atuar de forma positiva ou negativa no contexto empresarial.

Quadro 2
Características dos Empreendedores

Característica	Especificação
Necessidade	Aprovação. Independência. Desenvolvimento pessoal. Segurança Auto-realização.
Conhecimentos	Aspectos técnicos relacionados com o Experiência na área comercial. Escolaridade. Experiência em empresas. Formação complementar Vivência com situações novas.
Habilidades	Identificação de novas oportunidades. Valoração de oportunidades e pensamento criativo. Comunicação persuasiva. Negociação Aquisição de informações. Resolução de problemas.
Valores	Existenciais. Estéticos. Intelectuais. Moriais. Religiosos.

Fonte: GUILHON; LEZANA; TONELLI, 1998, p. 40.

As pessoas devem utilizar esse perfil para descobrir para onde direcionar seu processo de desenvolvimento, o que precisa ser aperfeiçoado, onde e o que precisa trabalhar em si mesmo para ser o empreendedor que espera ser. Para que se possa conhecer melhor o ser humano que se torna um empreendedor de sucesso, serão listadas no quadro 3 as principais características deste perfil.

Quadro 3

Principais Características do Perfil Empreendedor de Sucesso

- Uso da intuição.
- Percepção de oportunidades de negócios, lacunas no mercado que podem ser preenchidas e tendências das necessidades do mercado e suas variações.
- Mantém-se automotivado.
- Facilidade e habilidade para relações interpessoais, capacidade de liderança, habilidade para a conquista de clientes, trato com fornecedores e harmonia na relação com os sócios.
- Criatividade como geradora de idéias, criadora de soluções. Comportamento e pensamento flexível.
- Capacidade de assumir riscos calculados.
- Capacidade de prospecção (função da criatividade). Possibilidade de vislumbrar o futuro. Visão holística (percepção global da situação e do problema).
- Mantém o controle emocional. É líder.
- Comprometido.
- Busca constantemente a excelência, na qualidade de seus produtos e serviços. Tem a preocupação de participação e contribuição social.
- Mantém confiança em si.
- É persistente e determinado até conseguir atingir metas.

A visão

Os grandes navegadores sempre sabem onde fica o norte. Sabem aonde querem ir e o que fazer para chegar a seu destino. Com as empresas acontece o mesmo, pois elas têm visão. É isso que lhes permite administrar a continuidade e a mudança simultaneamente (COLLINS; PORRAS, 1998).

Alguns conceitos

A visão é uma representação mental de estratégia, criada ou ao menos expressa na cabeça do líder. Essa visão serve como inspiração e também como um senso daquilo que precisa ser feito – uma ideia, uma guia. A visão tende, com frequência, a ser mais uma espécie de imagem do que um plano plenamente articulado (AHLSTRAND; LAMPEL; MINTZBERG, 2000).

Continuando, os autores ressaltam que a visão é ver além, isto significa a construção do futuro – invenção de um mundo que, caso contrário, não existiria. A visão verdadeira é algo que você pode ver mentalmente e deve distinguir uma organização, destacá-la como instituição única.

Bennis; Namus citado por Ahlstrand; Lampel; Mintzberg (2000, p. 107), nos seus estudos, dedicaram uma atenção especial a visão:

Para escolher uma direção, um líder precisa ter desenvolvido antes uma imagem mental de um futuro estado, possível e desejado, da organização. Esta imagem, que chamamos de visão, pode ser vaga como um sonho ou precisa como uma declaração de meta ou missão. O ponto crítico é que uma visão articula uma expectativa de um futuro realista, digno de crédito e atraente para a organização, uma condição melhor, em alguns aspectos importantes, que aquela atualmente existente.

Uma visão é um alvo que chama... Note também que uma visão sempre se refere a um estado futuro, uma condição que não existe presentemente e nunca existiu antes. Com uma visão, o líder provê a importante ponte para o futuro da organização.

Focalizando atenção sobre uma visão, o líder opera sobre os recursos emocionais e espirituais da organização, sobre seus valores, seu compromisso e suas aspirações. Em comparação, o executivo opera sobre os recursos físicos da organização: capital, habilidades humanas, matérias-primas e tecnologia.

Se existe uma centelha de genialidade na função do líder, ela deve estar na sua capacidade transcendente, uma espécie de magia, para formar – a partir da variedade de imagens, sinais, previsões e alternativas – uma visão claramente articulada do futuro que seja, ao mesmo tempo, simples, facilmente entendida, claramente desejável e energizante.

A inspiração do líder visionário não provem tanto da sorte quanto da infinita experiência em determinado contexto. O que distingue os líderes visionários é sua profunda capacidade para usar a linguagem de forma simbólica – como metáfora.

Eles não só vêem as coisas de uma nova perspectiva, mas fazem com os outros também as vejam. Daí o nome de visão. Mas a visão vai além de palavras, para ações. A visão precisa ser trazida à vida. E, isto se dá menos através de planos e programas formais do que por ações informais (AHLSTRAND; LAMPEL; MINTZBERG, 2000).

Para estabelecer metas de um futuro tão distante, é preciso pensar além das capacidades atuais da organização e do ambiente presente. A descrição do que deve ser atingido com as metas precisa ser envolvente e detalhada. Henry Ford, por exemplo, deu vida a meta de democratização do automóvel com a seguinte descrição:

“Vou construir um carro a motor para as grandes multidões. O preço será tão baixo que todos que tiverem um bom salário poderão possuir esse carro e desfrutar com a família a bênção de horas de prazer nos espaços abertos de deus. Quando eu terminar, todos poderão possuir um automóvel. E possuirão. O cavalo terá desaparecido de nossas estradas e o automóvel será algo corriqueiro. Além disso, proporcionaremos a um grande número de homens bons empregos com bons salários (COLLINS; PORRAS, 1998, p. 40)”

A título de exemplo, no Quadro abaixo são listadas algumas empresas com suas finalidades básicas e os respectivos valores básicos.

Finalidades Básicas e Valores Básicos		
Empresa	Finalidade Básica	Valores Básicos
Walt Disney	Alegrear as Pessoas	Não-ceticismo. Criatividade, sonhos e imaginação. Atenção fanática à coerência e aos detalhes. Preservação e controle da magia Disney.
Merck	Preservar e melhorar a vida humana	Responsabilidade corporativa e social. Excelência inequívoca em todos os aspectos da empresa. Inovação baseada em ciência. Honestidade e integridade.
Sony	Avanço tecnológico em benefício do público em geral	Elevação da cultura Japonesa e do status nacional. Ser pioneira – não seguir outros, fazer o impossível. Encorajar a habilidade individual e a criatividade.

Fonte: Adaptado de COLLINS; PORRAS, 1998, p. 37-42.

Para Fillion (1993, p. 52), “a visão é definida como uma projeção: uma imagem, projetada no futuro, do lugar que o empreendedor deseja que seu produto venha a ocupar no mercado”. É, também, uma imagem do tipo da em- presa necessária para alcançar esse objetivo. Em suma, visão refere-se aonde o empreendedor deseja conduzir seu empreendimento.

Para finalizar, é importante perceber que a visão parece fornecer ao empreendedor um referencial que o ajuda a chegar aonde deseja ir. Este referencial pode atrair, estimular, e motivar as pessoas que trabalham com o empreendedor. As pessoas que compõem seu sistema de relações dentro da empresa parecem ficar altamente motivadas e ansiosas para trabalhar arduamente e assim ajudar a realizar a visão.

7.3 A TEORIA VISIONÁRIA DOS EMPREENDEDORES

Segundo Dolabela (1999), a teoria visionária de Fillion ajuda a entender como se forma uma ideia de empresa e quais elementos que a sustentam. A importância dos estudos de Fillion decorre do fato de que, além de conceituar com simplicidade e profundidade o que é o empreendedor, ele se preocupa com o seu sistema de atividades, estudando como o empreendedor realiza seu trabalho.

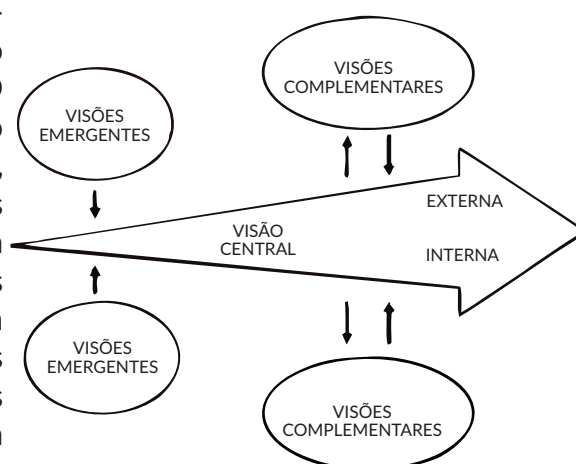
Para Fillion (1994), uma das faculdades distintivas que caracterizam o empreendedor reside na sua capacidade de concepção. Desta forma, o empreendedor concebe, define contextos: a princípio, o lugar que ele quer ocupar no mercado, e em seguida, o tipo de organização que ele precisa para chegar a ocupar o espaço desejado. Isto se chama visionar.

Dando sequência, Fillion (1994) aponta que, num estudo com mais de cem empreendedores em vinte países ao longo da década de 80, conseguiu identificar o processo visionário como constituinte do coração e da moldura que integra o processo empreendedor, uma vez que é dele que o empreendedor retira a raiz de seu sistema, e em seguida os fios condutores em torno dos quais ele organizará suas atividades mais tarde.

Neste contexto, a visão é definida como “uma imagem, projetada no futuro, do lugar que se quer ver ocupado pelos seus produtos no mercado, assim como da imagem projetada do tipo de organização da qual se tem necessidade para consegui-lo” (FILION, 1994, p.3).

Quanto ao processo visionário, o autor ressalta que este é resultante da superposição do sistema de atividades dos empreendedores estudados a partir da abordagem de Checkland (1981). Implica o desenvolvimento e a realização de três categorias de visão: emergente, central e complementar.

Para Fillion (1993, p. 52), “Os empreendedores bem-sucedidos evoluem de uma categoria a outra, no processo de pensar de acordo com uma visão”. O principal fator em que se baseia, tanto o desenvolvimento da visão como a realização da mesma, é o sistema de relações do empreendedor. Outros fatores, também, contribuem para o desenvolvimento da visão: liderança, energia e as percepções, estas condicionadas pelos valores de cada um. Foram identificadas três categorias de visão: as visões emergentes (ou inicial), a visão central e as visões complementares (Filion, 1994). A maneira como cada categoria interage com as outras é descrita na Figura 1.



7.4 AS FORÇAS E AS ETAPAS NA CRIAÇÃO DE UM NEGÓCIO

Antes de iniciar um negócio, é preciso que a pessoa faça uma reflexão sobre suas competências e o seu projeto de vida pessoal como empreendedor, levando em consideração as consequências de se transformar em um proprietário de empresa.

Se essa reflexão for positiva, o próximo passo é descobrir uma oportunidade de negócio. Para tal, será necessário, primeiro, desenvolver uma ideia de negócio. Especialmente neste ponto, saber diferenciar ideia de oportunidade é importante.

A ideia não é necessariamente uma oportunidade. A oportunidade deve se ajustar ao mercado e ao empreendedor. Pode-se apontar como características da oportunidade: ser atraente, ser durável, ter uma hora certa para acontecer e ser ancorada em um produto ou serviço que cria ou adiciona valor para o seu comprador.

Continuando, a oportunidade é um alvo móvel. Se alguém a vê, ainda há tempo de aproveitá-la. Um Empreendedor habilidoso dá forma há uma oportunidade onde outros não vêem, ou vêem muito cedo ou muito tarde.

Para facilitar o desenvolvimento de ideias de negócios, os empreendedores podem utilizar as seguintes fontes: a pesquisa universitária, o olhar nas ruas, as ideias que deram certo em outros lugares, a experiência enquanto consumidor, as mudanças demográficas e sociais, o caos econômico, as crises e os atrasos, as capacidades e habilidades pessoais e as opções de franquias.

O processo de criar um negócio segue uma lógica que pode aumentar significativamente a probabilidade de sucesso do novo empreendimento.

Assim, conhecer antecipadamente as etapas da criação de um negócio torna-se uma tarefa quase que obrigatória para o futuro empreendedor. Nesse sentido, pode-se apontar as seguintes etapas como necessárias para se criar um negócio:

- 1) adquirir a motivação e a ideia inicial;**
- 2) validar a ideia;**
- 3) estabelecer a escala de operação e identificar os recursos necessários.**

Na primeira etapa (adquirir a motivação e a ideia inicial), o empreendedor terá que achar uma ideia, gerar uma ideia e fundamentalmente terá que avaliar o potencial da ideia e a motivação para tornar-se o seu próprio patrão.

Por outro lado, necessitará de treinamento para dominar o processo de criação e avaliação de ideias, conhecer as fontes de novas ideias, compreender as diferentes maneiras de usar o conhecimento, competência e habilidade para tornar-se proprietário de uma empresa, perceber as exigências de trabalho e satisfação decorrentes do fato de ser capaz de criar o seu próprio emprego, desenvolver uma visão pessoal sobre os princípios de gerenciamento e obter feedback relativo ao desenvolvimento progressivo de sua imagem como empreendedor.

Na segunda etapa (validar a ideia), o empreendedor terá que identificar as necessidades que a ideia tenta atender, testar a ideia e avaliar se ela funciona ou não, validar a ideia nas condições de negócio esperadas, trabalhar para alcançar um padrão de qualidade aceitável para o produto, testar as reações dos consumidores, verificar os aspectos legais e identificar os concorrentes e usar a sua experiência.

Para tanto, necessitará de treinamento para compreender as características de uma ideia válida, dominar o processo produtivo, desenvolver habilidades técnicas e know how para produzir, analisar as necessidades dos consumidores, identificar os clientes potenciais, identificar os competidores, elaborar previsões acerca do volume de vendas, do preço de venda e do cálculo do retorno sobre o investimento, identificar as maneiras de atuar no mercado, estabelecer padrões de qualidade e analisar a concorrência.

Na terceira e última etapa (estabelecer a escala de operação e identificar os recursos necessários), o empreendedor terá que identificar o mercado através da definição do número de consumidores, onde vivem e suas características, definir as atividades de promoção necessárias para conquistar o mercado, identificar o tamanho mínimo e o volume de operações necessárias para sobreviver enquanto negócio, identificar os recursos materiais necessários para atingir o volume de operações necessárias, avaliar o mínimo de recursos financeiros para o projeto e dimensionar necessidades financeiras adicionais.

Nesse sentido, necessitará de treinamento para desenvolver estratégias de comunicação, determinar o preço de venda, prever o volume de operações, planejar o processo produtivo (eficiência, eficácia e produtividade), planejar o sistema de distribuição, planejar as necessidades de recursos materiais, planejar as necessidades de pessoal, planejar os recursos financeiros e o retorno do investimento, prever lucros ou perdas e elaborar o fluxo de caixa.

Em resumo, será importante o futuro empreendedor desenvolver quatro ações:

- 1) fazer uma avaliação de suas competências e a reflexão de se tornar um empreendedor;**
- 2) gerar uma ideia de negócio;**
- 3) realizar uma pesquisa de mercado;**
- 4) elaborar um plano de negócios.**

7.5 A PESQUISA DE MERCADO

Antes de criar a empresa o empreendedor deve fazer algumas perguntas quanto à atividade que escolheu e que deseja desenvolver. Deve perguntar, em relação à ideia da empresa:

- Por que esta empresa deve existir?
- Qual será a sua particularidade? Em que aspecto ela é única?
- Ela será competitiva?
- Quais serão seus clientes?
- Em que a sua existência modificará as coisas?
- A empresa será local, regional ou nacional?

Após a definição bem detalhada da ideia de empresa, convém analisar o mercado. Não é conveniente desenvolver o projeto sem antes estudar seriamente a conjuntura do mercado. A maior parte das causas de fracassos é devida à ausência ou à insuficiência do mercado, à dificuldade de identificar e de responder às consequências de mudanças socioeconômicas.

Por esta razão o estudo de mercado é importante. A análise relativa a produtos existentes será diferente daquela referente a um projeto de inovação. Neste último caso, falamos de “teste de conceito”.

E bom lembrar que, nos dois casos, o objetivo é o mesmo. O estudo de mercado ou o teste de conceito permitem saber se existe uma clientela suficiente e disposta, a um preço dado, a comprar os seus produtos ou serviços. Somente o método para obter esta informação é diferente.

No caso de produtos ou serviços existentes, pode-se frequentemente avaliar o mercado a partir das estatísticas de dados existentes. No caso de um produto ou serviço novo, deve-se pesquisar diretamente as pessoas ou empresas às quais são dirigidos os produtos ou serviços, para conhecer a sua reação e assim construir as previsões.

I. A importância dos testes

A primeira questão a ser proposta é relativa à importância de se testar a ideia que se quer desenvolver. A resposta é simples: o teste, se bem feito, deve dar as informações sobre o interesse dos clientes em potencial para tais produtos ou serviços e, por conseguinte, condicionar fortemente o sucesso ou insucesso da ideia, antes que se aventure em um processo de fabricação ou de criação que exija investimentos importantes. A decisão de se implantar ou abandonar o projeto dependerá das informações obtidas.

A segunda questão que se deve propor é de se saber em que medida a ideia será testada. É necessário procurar os fatores-chave inerentes ao projeto; estudar, se possível, a evolução desses fatores; avaliar as forças e fraquezas do projeto em relação a cada um dos fatores mencionados; conceber, enfim, um projeto capaz de minimizar tais fraquezas.

As melhores maneiras de isolar os fatores-chave são através de perguntas e pesquisas junto à concorrência, fornecedores, distribuição, e todos que conhecem bem seus futuros clientes.

II. O teste de conceito

Deve ser feito antes que o projeto seja totalmente desenvolvido, está bem no início do processo de criação de um novo produto. Tem por finalidade perguntar aos clientes potenciais o que eles pensam do projeto e como eles vêem o produto e os serviços que o projeto deverá fornecer.

Em geral este teste é feito antes da realização do protótipo. Através dele pode-se “tomar o pulso” da clientela, mas não assegura 100% de sucesso. Na verdade, não se deve esquecer que tal teste é abstrato. Quanto mais inovador é o projeto, mais difícil será prever as suas chances de sucesso.

Uma resposta negativa nesta fase, qualquer que seja, permitirá o abandono do projeto sem perda de muito dinheiro ou ensejará o seu redirecionamento, a fim de obter uma resposta positiva que permita passar à etapa seguinte.

III. O teste de utilidade do produto

Este teste requer que o cliente testado esteja de posse do produto. Ele acontece, portanto, após a realização do protótipo. Tem a vantagem de ser mais barato (em comparação ao teste de mercado) e de proporcionar informações interessantes sobre os seguintes pontos:

- Você compraria este produto?
- Quanto você está disposto a desembolsar para adquiri-lo?
- O que acha do desenho? Ele é suficientemente “vendedor”?
- Onde estaria disposto a comprá-lo?

- Através de quais canais de distribuição?

Este teste pode ser feito pelo próprio empreendedor, no caso em que se queira evitar custos. Deve-se reunir um grupo de uma dúzia de pessoas e apresentar-lhes o produto que se deseja testar. Com a ajuda de um questionário pré-elaborado deve-se registrar as reações de cada um. A fim de melhorar a qualidade e quantidade das informações obtidas, alguns cuidados devem ser tomados:

Utilize uma filmadora. Ela permitirá a concentração sobre a apresentação do projeto e a revisão de cabeça fria do desenrolar da reunião, quantas vezes forem necessárias;

Reúna outros grupos de 10 a 12 pessoas e recomece o mesmo processo. Isto permitirá confirmar as respostas observadas e obter as informações que faltam;

Forme grupos por categorias sócio-profissionais, de preferência. Isto permitirá a determinação do perfil ou dos perfis dos compradores potenciais.

Antes de abordar o próximo teste, chamamos a atenção sobre o fato de que este teste, como o anterior, não tem condições de garantir, caso seja positivo, o sucesso do seu projeto.

Este teste indica uma tendência. Se as respostas obtidas são francamente entusiastas, então o seu projeto tem boas chances de sucesso. Se as respostas são mitigadas reveja o seu projeto antes de passar à etapa seguinte.

IV. O teste de mercado

Este é certamente o mais oneroso e o mais complexo, mas também o mais confiável. Com ele, o risco de incerteza é reduzido ao mínimo. Ele é feito através de estudos demográficos e geográficos apropriados à confirmação da existência e amplitude de um mercado, bem como seus limites territoriais. À luz de tais dados, o resultado do teste recomenda os meios para responder de maneira adequada e rentável às necessidades reveladas e estima o volume provável de negócios.

V. O território

O estudo deve determinar um território preciso para a colocação do produto no mercado. Se tratar de um comércio ou de um serviço, o estudo deve delimitar uma zona primária e uma zona secundária onde se exercerá a atividade empresarial.

A zona primária é a zona mais próxima do local visado. Deve ser escolhido, de preferência um local onde não existam obstáculos físicos ou psicológicos de acesso. Um obstáculo físico pode ser um rio ou uma rodovia. Um obstáculo psicológico pode estar vinculado a hábitos ou a obstáculos físicos menores.

A zona secundária é uma zona distante do local ou uma zona próxima, mas prejudicada por obstáculos físicos ou psicológicos. Aqui é importante considerar os desenvolvimentos futuros, mesmo que a sua realização não esteja assegurada.

Um grande volume de informações relativas ao território focalizado pode ser obtido junto aos órgãos municipais. É indispensável conhecer a vocação da região bem como as posturas municipais que regulamentam a sua ocupação.

VI. A clientela

Uma vez definido o território, é possível, a partir de dados do censo, identificar as informações que interessam: a população, o número de residências, o número de pessoas por residência, o tipo do morador (proprietário ou locatário), a idade, faixa de renda, etc.

Como o censo completo é feito a cada dez anos, é recomendável fazer ajustamentos para corrigir os dados. Os dados do censo permitem conhecer a população por zona, bem como as suas principais características.

Por exemplo, o fato de ser proprietário ou locatário torna-se significativo para lojas de ferragem. Com efeito, segundo as estatísticas conhecidas e disponíveis, a compra anual de produtos vendidos por lojas de ferragens é mais elevada para proprietários do que para locatários.

No caso de uma boutique, a idade e o sexo são essenciais. Em outros casos, a idade da clientela pode ser um dado fundamental.

Com o número de pessoas por setor e o nível de consumo de um dado produto, é fácil avaliar o mercado potencial através de uma simples multiplicação.

Todo mundo sabe que a procura potencial é muitas vezes superior à demanda real. Para certos tipos de comércio existem clientes que compram por catálogo de fornecedores situados fora da cidade ou buscam benefícios oferecidos por empresas situadas em outras praças.

É necessário, desta forma, estimar uma porcentagem de demanda irrecuperável. Através de uma enquête pode-se avaliar se este comportamento é suscetível a mudanças.

Após ajustar-se a demanda potencial à demanda real, calcula-se a oferta, isto é, o nível de vendas dos concorrentes.

VII. A concorrência

Quando se trata de comércio, a visita aos concorrentes permite estimar visualmente a extensão e a disposição física da atividade, como também observar o comportamento do pessoal e atitude dos clientes, além de recolher informações úteis como: produtos e marcas oferecidos, o leque de preços do varejo, os descontos e abatimentos concedidos, etc.

De fato não se pode negligenciar a importância do grau de competitividade que hoje existe em todas as áreas. O empreendedor deve conhecer a reação dos concorrentes diante da chegada de uma nova empresa no seu mercado.

Tome-se como exemplo uma pessoa que decide abrir sua própria loja após ter percebido a capacidade do mercado. Ela informará a sua existência aos clientes potenciais através de uma campanha publicitária.

A concorrência provavelmente reagirá ao novo concorrente e iniciará alguns contra-ataques: baixa geral dos preços, melhoria na qualidade dos serviços, aumento da gama de produtos, lançamento de uma campanha publicitária, etc.

Desta forma, o recém chegado deverá enfrentar, desde o início, dificuldades suplementares e inesperadas. Muitas vezes não terá a liquidez (capital de giro) suficiente para contra-atacar as manobras da concorrência. Ainda que tais procedimentos não sejam sistemáticos, é preciso, no entanto, levá-los em consideração.

A noção de concorrência é essencial e inevitável. Se não existe a possibilidade de se oferecer um

produto ou serviço a preço competitivo, é conveniente que não se prossiga, a menos que se faça uma revisão dos preços, ou se possa oferecer um produto ou serviço mais sofisticado e diferenciado, justificando o preço elevado.

Jamais se deve entrar no mercado sem antes ter certeza de que o produto, dada uma certa qualidade, é competitivo, a menos que esteja preparado para “segurar o tranco” da concorrência.

VIII. Expertise

Para uma pessoa experimentada em estudos de mercado pode ser relativamente fácil e rápido encontrar as informações para suportar uma decisão fundamentada. Uma pessoa que se inicia nesta atividade provavelmente encontrará dificuldades. Afirmou-se anteriormente que a ausência de um mercado suficiente constitui frequentemente uma pedra no caminho das novas empresas.

Levando em conta as realidades específicas, é primordial:

- Que não se inicie uma empresa antes de se ter obtido os dados seguros sobre o mercado;
- Investir, se necessário e possível, em um especialista competente para obter dados do mercado.

Observação: deve-se buscar o auxílio de escolas de administração, ou de “empresas juniores” para obter os serviços especializados de sondagem de mercado a custo mais baixo e de qualidade.

7.6 O PLANO DE NEGÓCIOS

Mais do que atrair investidores, um bom plano de negócios é fundamental para guiar a estratégia e resolver os dilemas dos empreendedores.

De acordo com estudos realizados por diversos pesquisadores, a falta de planejamento é a principal causa para a mortalidade precoce das empresas.

O sucesso de um empreendimento inovador não depende de “mágica” e sim de uma série de fatores e condições – tanto pessoais, como do negócio – que o empreendedor deve levar em consideração antes de iniciá-lo. Por isso a importância de fazer um plano de negócios, pois ele lhe mostrará as condições de viabilidade do seu negócio.

I. Definição

O plano de negócios é um exercício de planejamento da criação de um empreendimento. Para ter validade, deve ser desenvolvido em bases realísticas. Um plano de negócios bem feito deverá estar em condições de ser implantado, de se transformar em uma “empresa incubada”, de sensibilizar parceiros e investidores.

Na elaboração do plano de negócios, o empreendedor poderá descobrir que o empreendimento é irreal, que existem obstáculos jurídicos ou legais intransponíveis, que os riscos são incontrolláveis ou que a rentabilidade é aleatória ou insuficiente para garantir a sobrevivência da empresa ou do novo negócio.

Existe mais de um caminho para se chegar ao mesmo objetivo e mais de uma solução para os diferentes problemas. É melhor fazer uma escolha que garanta sucesso no longo prazo que escolher a solução mais imediatista de sucesso aparente.

O plano de negócios pode também conduzir à conclusão que o empreendimento deva ser adiado ou suspenso por apresentar alta probabilidade de fracasso.

O plano de negócios contém os principais pontos de cunho gerencial a serem considerados na criação de um empreendimento.

II. Características

O plano de negócios descreve a forma de pensar sobre o futuro do negócio: aonde ir, como ir e o que fazer durante o caminho para diminuir incertezas e riscos.

Ele representa um documento que descreve a oportunidade do negócio, porque a oportunidade existe, porque o empreendedor e sua equipe têm condições de aproveitá-la e como o empreendedor (e equipe) pretende fazê-lo. Também, é considerado um instrumento de negociação interna e externa para administrar a interdependência com sócios, empregados, financiadores, incubadoras, clientes, fornecedores, bancos e etc.

O plano de negócios não é imutável, ou seja, deve ser constantemente revisto. É mais um processo do que um produto, mas não é o negócio.

III. Razões

O exercício de planejamento é um componente didático de imbatível alcance, uma vez que obriga à reflexão sobre os pontos vitais do empreendimento: são requeridos conhecimentos sobre o negócio e o contexto mercadológico, percepção gerencial e habilidade em lidar com assuntos técnicos e legais em diversas áreas e de vencer barreiras no relacionamento interpessoal. A iniciativa, criatividade e capacidade de vencer obstáculos são requisitos fundamentais.

A taxa de mortalidade de novas empresas, nos anos iniciais, é significativa. As causas deste desaparecimento precoce podem ser atribuídas, em grande parte, ao lançamento prematuro do novo produto ou serviço, colocando seus idealizadores em situações financeiras indesejáveis, acompanhadas do sentimento do fracasso pessoal enquanto empreendedores.

Alguns empreendedores são, sem dúvida, bons técnicos, bons comerciantes, mas dentre eles, alguns não conhecem bem o mercado, não estão familiarizados com a gestão financeira ou administrativa, não estão acostumados a perscrutar e decifrar o ambiente sócio-econômico ou não estão afeitos às nuances legais e fiscais. Muitos não fizeram uma análise de viabilidade de seus negócios, enquanto que outros não reuniram as condições prévias indispensáveis ao sucesso do empreendimento.

Tais modelos e experiências, decorrentes de negligência ou armadilhas, devem ser evitados. O novo empreendedor deve almejar o crescimento e sobrevivência do seu negócio. Para isto, é preciso estar consciente de que o tempo gasto em planejamento representa tempo economizado, diminuindo riscos e problemas futuros.

No Quadro abaixo são apresentadas algumas doenças, sintomas e curas de um plano de negócios.

Doenças	Sintomas	Cura
Metas irreais	Metas são vagas, gerais. Não são específicas, mensuráveis ou vinculadas a prazos. Falta de sub-metas e passos para a ação. Orientada para a atividade, não para os resultados.	Estabelecer metas específicas, com prazos, submetas e passos para a ação. Não perca de vista o objetivo final. Seja oportunista ao perseguir as metas
Incapacidade de antever obstáculos	Otimismo excessivo. Falta de estratégias alternativas. Conflitos não identificados. Fracasso no cumprimento de prazos. Não procura apoio (ajuda) quando precisa. Crises prevalecem	Seja flexível no planejamento e na antecipação de obstáculos na forma de superá-los. Enfrente obstáculos não previstos com confiança, eles sempre existirão. Peça alguém para fazer brainstorming com você. O realismo é a chave.
Falta de pontos de controle, indicadores e de acompanhamento da evolução do negócio	Não sabe realmente como está indo. Orientação para curto prazo. Nenhuma revisão recente do Plano	Estabeleça indicadores e datas de avaliação da evolução do negócio. Reveja-as quanto necessário. Pergunte-se a cada dia: o que aprendi que irá me ajudar a progredir mais rapidamente?
Falta de compromisso	Adiamentos. Foco nas rotinas diárias. Incapacidade de atingir as metas e cumprir prazos. Falta de prioridades. Não comparecimento a reuniões e compromissos.	Negocie e trabalhe sempre em conjunto; Reúna-se periodicamente e analise o andamento. Encoraje discussões informais com a equipe, para testar e renovar o comprometimento. Mantenha a equipe informada sobre os resultados obtidos. Reconheça e recompense os desempenhos de alto nível
Incapacidade de revisar as metas	O Plano nunca muda, falta flexibilidade. Inflexibilidade ou teimosia diante de mudanças apontadas por feedback. Não	Faça uma revisão periódica das metas, em conjunto. Mude o enfoque ou a ênfase apropriadamente. Crie um clima

Necessidade de fazer um Estudo de Viabilidade Econômica

Aventurar-se em um novo negócio é sempre um risco, afinal, é preciso de um investimento pesado para começar uma empresa do zero. É exatamente por esse motivo que todo o cuidado é pouco nesse momento.

Muitas empresas brasileiras fecham as portas prematuramente por encontrarem problemas ligados à gestão, falta de planejamento e, principalmente, dificuldade de conseguir os resultados esperados no momento de inauguração. O motivo para isso, muitas vezes, é a ausência de uma análise prévia de viabilidade do negócio.

Sem esse tipo de diagnóstico, em vez de atuar estrategicamente, dando passos pensados rumo ao futuro, você agirá reativamente, tendo que lidar com uma série de situações inesperadas.

Pior ainda é quando uma ideia que parecia ser um sucesso no papel se mostra um fracasso na prática, justamente por não terem sido considerados todos os fatores que envolvem o início de um negócio.

Verifique sua necessidade

Embora seja indispensável que o estudo de viabilidade econômica e financeira de um negócio seja realizado antes de uma empresa nascer, também é necessário fazer esse tipo de análise sempre que se quiser ampliar a área de atuação da companhia, atingir um público-alvo novo e lançar um produto. Em outras palavras, todas as vezes que houver a necessidade de se realizar um novo projeto.

Basicamente, a importância de efetuar esse estudo é que você terá informações suficientes para medir o real potencial de retorno do investimento. Dessa forma, conseguirá avaliar se os fundamentos que foram elaborados são válidos, ou seja, se aquela grande ideia realmente pode se tornar algo lucrativo e real para o mercado, trazendo retorno no tempo esperado.

Aprenda o passo a passo

O estudo de viabilidade financeira não precisa, necessariamente, obedecer a uma ordem rígida para que você consiga reunir as informações que precisa. Ele pode começar com uma projeção de receitas ou dos custos, tudo dependerá da viabilidade de capital para começar o negócio.

É importante lembrar, ainda, que pode ser importante usar alguns indicadores, principalmente os que remetem a rentabilidade e a lucratividade do projeto.

A seguir, veja as principais etapas:

Reúna informações

Cada negócio possui uma expectativa de retorno diferente. Em outras palavras, se você pretende investir em uma loja online ou em uma empresa de serviços de comunicação, certamente as áreas de atuação apresentarão mercados bem diferenciados, com características e rendimentos próprios. Por isso, é fundamental realizar, antes de tudo, uma pesquisa de mercado para saber exatamente qual é a rentabilidade habitual do negócio.

Além disso, pesquisar o público-alvo também é tarefa importante. Por exemplo, se a expectativa é a venda de camisetas em um mercado local para mulheres adultas, é preciso definir qual é o percentual

demográfico desse grupo no bairro onde o comércio estará localizado e em bairros adjacentes, obtendo, dessa forma, um número exato que poderá ser trabalhado posteriormente. Quanto mais informações reunir, principalmente da esfera quantitativa, melhor.

Projete as receitas

Agora é o momento de realizar as projeções de receitas, ou seja, o que se espera, com as análises feitas anteriormente, de retorno no curto, médio e longo prazo. A expectativa de retorno é variável dependendo do tipo de negócio.

Se você abrir uma camiseteria, provavelmente poderá estabelecer um horizonte de dois a quatro anos — ou até menos. No entanto, se começar a fabricar qualquer tipo de produto mais elaborado, o retorno poderá ocorrer em um prazo maior. Esse estudo é importante para enquadrar as metas dentro da realidade do negócio.

Vamos a um exemplo prático. Imagine que no caso da camiseteria, cujo público-alvo são mulheres da localidade, você tenha as seguintes informações: o bairro onde estará localizado o negócio e as adjacências possuem 10 mil habitantes. Destes, seis mil são mulheres.

A partir daí, é possível definir os propósitos. Se a meta for uma taxa de conversão de 10% das mulheres ao mês, teriam que ser efetuadas 600 vendas. Além disso, com base em análises prévias, você saberia que o gasto médio desse público com o seu produto seria de R\$40,00. Assim, a primeira meta estaria definida: obter um faturamento de R\$24.000,00 mensais.

Calcule os custos

Os custos também precisam ser avaliados, mas, ao contrário das receitas, cujo estudo basicamente é realizado por estimativas, é possível diminuir o grau de elasticidade nesse tipo de projeção.

Isso porque existem os custos fixos e os variáveis, sendo os primeiros mais fáceis de ser avaliados. Por exemplo, é possível ter a certeza do quanto será pago com o aluguel, ou saber exatamente quantos profissionais serão necessários na empresa.

Já os custos variáveis são aqueles que estão intimamente ligados à produtividade. Logo, precisam ser considerados. Para atingir a meta estabelecida anteriormente na projeção de receitas, quantos produtos precisam ser elaborados?

Será necessário pagar quanto de comissão para os vendedores? Qual montante do faturamento bruto será descontado de impostos?

Todas essas análises, tanto dos custos variáveis, quanto dos custos fixos, são vitais para descobrir se o negócio é viável e se há uma taxa de rentabilidade e lucratividade alta.

REFERÊNCIAS

BENEDITO, Ricardo da Silva. Caracterização Da Geração Distribuída De Eletricidade Por Meio De Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede, No Brasil, Sob Os Aspectos Técnicos, Econômico E Regulatório. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

COELCE. NT 001/2012: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição. Fortaleza, 2012. 61 p.

COLLINS, James e PORRAS, Jerry. Construindo a visão da empresa. Revista Management, São Paulo, ano 2, n. 7, p. 32-42, mar/abr. 1998.

DOLABELA, Fernando. Oficina do empreendedor: a metodologia de ensino que ajuda a transformar conhecimento em riqueza. 1 ed. São Paulo: Cultura, 1999b.

ENERGY PLUS. Weather Data Sources. Disponível em: . Acesso em: 15 jul. 2016.

FILION, Louis Jaques. Visão e relações: elementos para um metamodelo empreendedor. Revista de administração de empresas, São Paulo, 33(6), p. 50-61, nov/dez. 1993.

FUSANO, Renato Hideo. Análise Dos Índices De Mérito Do Sistema Fotovoltaico Conectado À Rede Do Escritório Verde Da Utfpr. 2013. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Fraidenraich, N.; Lyra, F. Energia Solar. Fundamentos e Tecnologias de Conversão Heliotermoelétrica e Fotovoltaica. Ed. Universitária da UFPE. 1995, 471p.

GUILHON, Paulo de Tarso; LEZANA, Álvaro G. Rojas; TONELLI, Alessandra. Características do Empreendedor. In: MORI, Flávio de (org.) Empreender: identificando, avaliando e planejando um novo negócio. Florianópolis: Escola de Novos Empreendedores, 1998.

GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR – GTES. CEPEL-DTE-CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro- Março 2014.

Grupo de Trabalho de Energia Solar fotovoltaica – GTEF. Sistemas fotovoltaicos. Manual de Engenharia. 1 ed., junho de 1995.

IEA-PVPS. Analysis Of Photovoltaic Systems. St. Ursen: Report lea-pvps T2-01: 2000, 2000. 233 p.

INBEP <http://blog.inbep.com.br/equipamento-de-protecao-individual-epi/>.

KINDERMAN, Geraldo. CAMPAGNOLO, J.M. Aterramento elétrico. 3. ed. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto, 1995.

LIMA FILHO, Domingos Leite. Projeto de instalações elétricas prediais. 6. ed. Érica, 2001.

MACEDÔ, Wilson Negrão. Análise Do Fator De Dimensionamento Do Inversor Aplicando A Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede. 2006. 201 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

NISKIER, Julio. MACINTYRE, A.J. Instalações Elétricas. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

PATI, Vera O empreendedor: descoberta e desenvolvimento do potencial empresarial.

In: PEREIRA, Heitor José e SANTOS, Sílvio Aparecido dos (org.). Criando seu próprio negócio: como desenvolver o potencial empreende- dor. São Paulo: USP/SEBRAE, 1995. Cap. 3, p. 41-62.

PINHO, J. T., GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESEB, 2014.

Programa De Capacitação Em Energias Renováveis/Energia Solar Fotovoltaica – ONUDI (Observatório De Energias Renováveis Para América Latina E Caribe) PINHO, João Tavares. GALDINO, Marco Antonio.

SARAIVA, Editora. Segurança e Medicina do Trabalho. São Paulo: Edição 2009 Atualizada

SOLARGIS (Eslováquia). About SolarGIS. Disponível em: . Acesso em: 05 de janeiro 2018.

RAMPINELLI, Giuliano Arns. Estudo De Características Elétricas E Térmicas De Inversores Para Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede. 2010. 285 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PRONATEC

*PROGRAMA NACIONAL DE ACESSO AO
ENSINO TÉCNICO E EMPREGO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO*