

GUIA DE

Energia Solar Fotovoltaica

APLICAÇÃO NAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS



Centro Sebrae de
Sustentabilidade



Expediente

Sebrae Nacional

Presidente do Conselho Deliberativo:
Robson Braga de Andrade

Diretor-Presidente:
Guilherme Afif Domingos

Diretora Técnica:
Heloísa Regina Guimarães de
Menezes

Diretor de Administração e Finanças:
Vinicius Nobre Lages

Sebrae em Mato Grosso

Presidente do Conselho Deliberativo:
Hermes Martins da Cunha

Diretor-Superintendente:
José Guilherme Barbosa Ribeiro

Diretora Técnica:
Leide Garcia Novaes Katayama

Diretora Administrativo Financeira:
Eneida Maria de Oliveira

Unidade de Acesso à Inovação e Tecnologia do Sebrae Nacional

Gerente:
Célio Cabral de Sousa Júnior

Técnico:
Alexandre de Oliveira Ambrosini

Centro Sebrae de Sustentabilidade

Gerente:
Suenia Sousa

Equipe:
Elton Menezes, Isabela Rios,
Jéssica Ferrari, Luanna Duarte,
Nager Amui, Raquel Apolonio,
Renata Taques, Rogério Sousa e
José Valdir Santiago Júnior.

GUIA DE **Energia Solar Fotovoltaica**
APLICAÇÃO NAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

1// Apresentação.....	7
2// Introdução.....	8
3// Sistema elétrico brasileiro.....	9
3.1// Geração de energia.....	9
3.2// Principais fontes de energias renováveis.....	10
4// Energiasolarfotovoltaica.....	15
4.1// Conceitos básicos.....	15
4.2// Energia solar no Brasil.....	16
4.3// Benefícios para as empresas.....	17
4.4// Sistemas de energia solar fotovoltaica..	18
5// Passo-a-passo para instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede de energia.....	21
6// Aplicação no ambiente empresarial.....	24
7// Considerações finais.....	30
8// Referências bibliográficas.....	31



1//Apresentação//

Está inserida no cotidiano de qualquer indivíduo contemporâneo a preocupação com a diminuição do consumo de energia e, conseqüentemente, a redução do custo deste insumo tão importante no orçamento doméstico.

Situação mais preocupante percebe-se ao analisarmos a importância e, em alguns casos, a dependência que os pequenos negócios têm da geração e utilização da energia elétrica.

No mundo dos negócios, a competitividade é uma constante que deve ser dimensionada para o sucesso empresarial. Numa análise dos custos operacionais percebe-se que, nos últimos anos, o custo da energia elétrica representou aumento substancial para as empresas, podendo vir a comprometer a sua posição no mercado, que exige cada vez mais criatividade com inovação para fazer mais com menos.

Neste trabalho, elaborado pela equipe técnica do Sebrae em Mato Grosso, oferecemos para a sociedade e em particular aos empresários, alternativas sustentáveis de como encarar esta situação, que deve agravar-se nos próximos anos considerando os diagnósticos ambientais apresentados na COP 21 (Conferência das Nações Unidas para o Clima, dezembro 2015, Paris).

Soluções tecnológicas estão à disposição dos consumidores e podem trazer benefícios econômicos consideráveis com base em análise técnica de cada caso.

Ao utilizarmos a energia solar, estamos lançando mão de um recurso natural disponível em todo o território nacional e nos beneficiando de leis atuais, como por exemplo, a Resolução Normativa Nº 687, de 24 de Novembro da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), que estimula a aplicação de novas tecnologias. Diminuindo custos, a competitividade das empresas brasileiras certamente irá aumentar.

Cuiabá, março de 2016.

José Guilherme Barbosa Ribeiro
Diretor-Superintendente do Sebrae em Mato Grosso

2//Introdução//

Os pequenos negócios constituídos por micro empreendedores individuais, micro e pequenas empresas representam 99% do total de empresas, empregam 40% da massa salarial, representam 25% do PIB, participam com 70% das novas vagas de empregos gerados por mês e contribuem com 1% das exportações brasileiras.

Estes números são bastante significativos para compreender a importância dos pequenos negócios e sua contribuição para o desenvolvimento e o fortalecimento da economia nacional, sobretudo, o potencial para um uso eficiente da energia elétrica e geração energia própria, com a consequente redução de custos e aumento da competitividade de forma sustentável.

A energia é um insumo muito importante na produção de bens e serviços e está diretamente relacionada com a competitividade das empresas. Sua aplicação é destinada a vários fins, entre eles aquecimento, iluminação, transportes, comunicação e computação.

Os negócios precisam constantemente melhorar seu desempenho para aperfeiçoar os recursos e aumentar a competitividade. O objetivo é produzir mais com menos recursos, ou seja, buscar maximizar a produtividade.

Nos dias de hoje, a energia é empregada intensivamente na sociedade e principalmente, nas empresas, sejam elas dos setores da indústria, agricultura, comércio ou prestação de serviço. Nesse contexto, a importância da sustentabilidade para o sucesso dos negócios no longo prazo já é uma realidade. Buscar fontes de energias alternativas e renováveis é questão de sobrevivência e está diretamente relacionada com a competitividade dos negócios.



3//Sistema elétrico brasileiro//

3.1// Geração de Energia//

Segundo a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), no Balanço Energético Brasileiro de 2015, ano base 2014, o Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 65,2% da oferta interna. As fontes renováveis representam 74,6% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável.

Em 2014, a participação de energias renováveis na Matriz Elétrica Brasileira caiu para 74,6% devido às condições hidrológicas desfavoráveis e ao aumento da geração térmica. Mesmo assim, comparando com a média mundial de 20%, entendemos que são números significativos e com potencial de crescimento de fontes de energia, como por exemplo, eólica e solar.

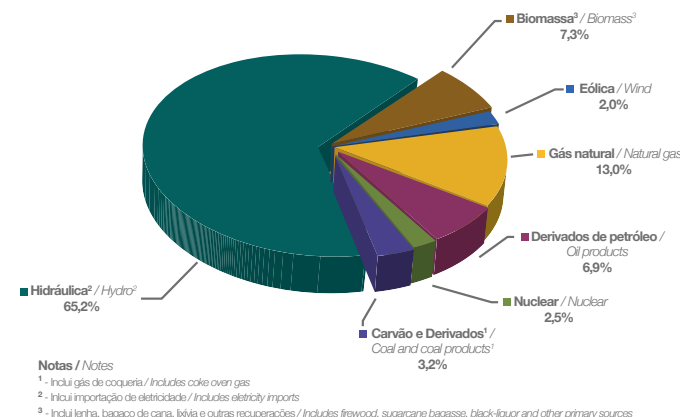


Figura 1//Matriz Elétrica Brasileira, ano base 2014//
Fonte: EPE (Empresa de Pesquisa Energética)

2//Principais fontes de energia renovável//

A crescente demanda por energia elétrica em função dos avanços tecnológicos e do crescimento populacional, combinada às mudanças climáticas, aumento da tarifa e a dependência cada vez maior de energia, estão fazendo com que os países e as empresas produzam energia por meio de fontes alternativas, renováveis e limpas, para contribuir com a diversificação da matriz energética.

O Brasil tem nas usinas hidrelétricas sua fonte de geração de eletricidade mais importante e competitiva. O País passa por um momento de transição com perspectiva de diminuição dessa fonte e uma participação maior de outras, como por exemplo, eólica e solar.



São inúmeras as fontes de energia renováveis disponíveis no mercado. Destacamos a seguir as principais em uso no Brasil:

Energia Hidráulica

Como demonstrado na figura abaixo, o princípio básico de funcionamento de uma usina hidrelétrica é o movimento da água represada em um reservatório, escoada por dutos que giram as pás das turbinas. A energia potencial da água é armazenada no reservatório e é transformada em energia cinética durante o escoamento, que por sua vez é transformada em eletricidade por um gerador elétrico acoplado à turbina. A eletricidade produzida é conduzida para um transformador elétrico e depois distribuída para o centro consumidor através de linhas de transmissões.

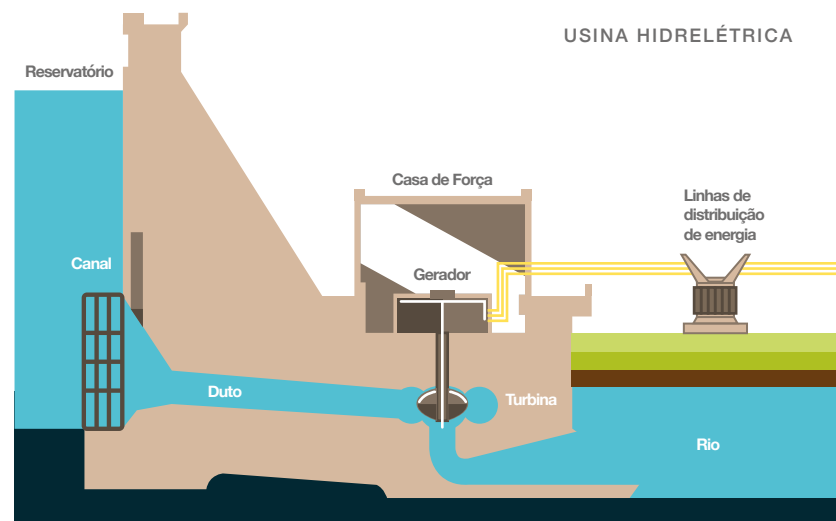


Figura 2//Esquema de geração de energia elétrica - Usina hidrelétrica//
Fonte: www.explicatorium.com

Energia Eólica

A energia do vento também pode ser utilizada na geração de eletricidade. A força do vento faz girar uma hélice que é conectada a um eixo acoplado a um gerador elétrico. Quando esses vários mecanismos, conhecidos como turbinas de vento, são ligados a uma central de transmissão de energia, temos uma usina eólica.

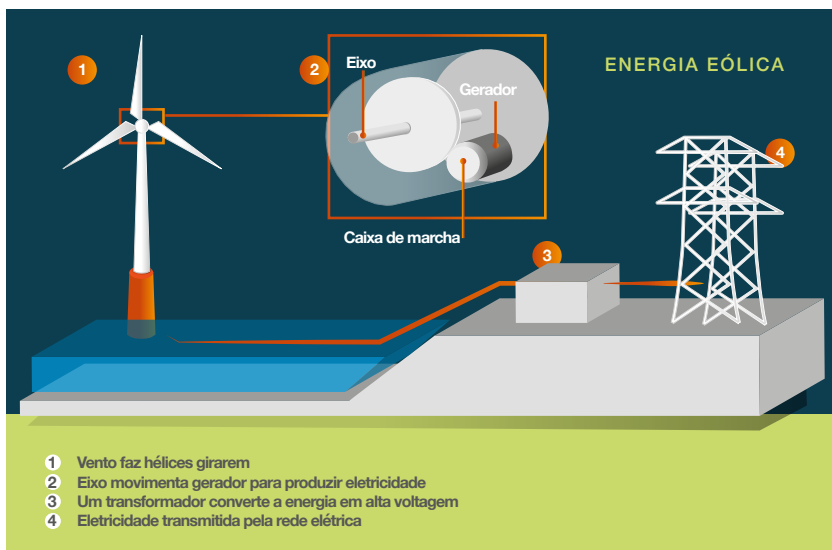


Figura 3//Esquema de geração de energia elétrica - Usina Eólica//
Fonte: www.planetavento.blogspot.com

Energia da Biomassa

A energia da biomassa é obtida a partir da queima de compostos orgânicos de origem animal e vegetal. Os compostos mais utilizados no Brasil são o bagaço de cana-de-açúcar, resíduos agrícolas e sobras de madeiras.

A conversão da biomassa da cana-de-açúcar disponível nas usinas em eletricidade pode ser realizada por meio de diferentes processos tecnológicos. O processo convencional com turbina a vapor, por exemplo, utiliza uma caldeira que produz vapor através da queima da biomassa. Esse vapor movimenta uma turbina que, por meio de uma ligação mecânica, aciona um turbogerador, produzindo a energia elétrica.

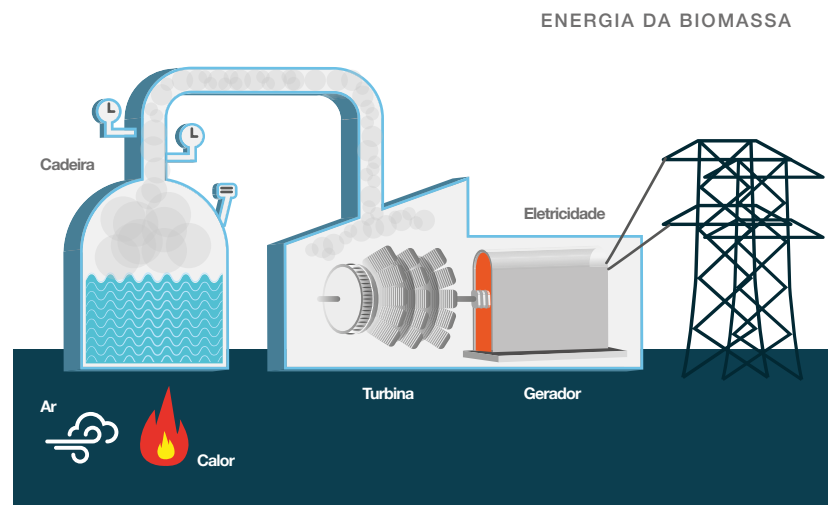


Figura 4//Esquema de geração de energia elétrica - Usina Biomassa//
Fonte: quersaberpolitica.com.br

3//Energia solar fotovoltaica//

Energia Solar

A Energia do Sol é aproveitada como fonte de calor para aquecimento ou para a geração de energia elétrica. Nos sistemas de aquecimento solar, o calor é captado por coletores solares instalados nos telhados das edificações para aquecer água.

A energia do sol também pode ser utilizada com a finalidade de produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz do sol em energia elétrica. No próximo capítulo, detalharemos melhor esse processo.



//Sistema de aquecimento solar//



//Sistema fotovoltaico//

4.1//Conceitos básicos//

A energia solar é transmitida para o nosso planeta por meio do espaço, na forma de radiação eletromagnética. As ondas eletromagnéticas, ao incidirem sobre determinados materiais, em vez de transmitir calor, podem originar tensões e correntes elétricas.

Energia fotovoltaica é a energia obtida a partir da conversão direta da luz solar em eletricidade (efeito fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica, que é um dispositivo fabricado com material semicondutor (silício ou outro material semicondutor), a unidade fundamental desse processo de conversão. Quando a luz solar incide sobre uma célula fotovoltaica, os elétrons do material semicondutor são postos em movimento, gerando eletricidade.

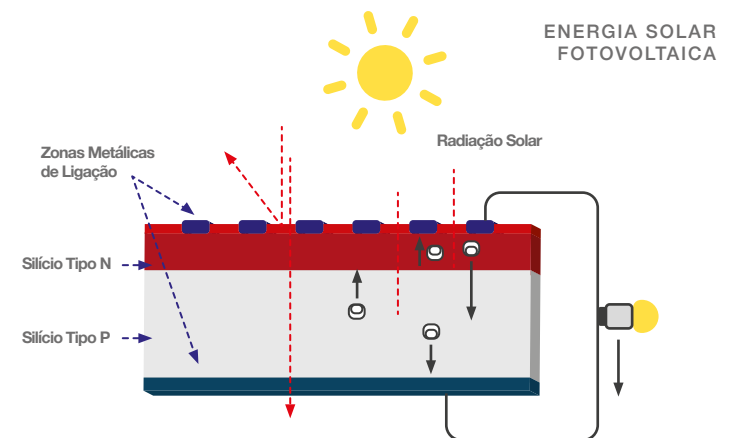


Figura 5//Efeito fotovoltaico//
Fonte: electronica-pt.com

4.2//Energia solar no Brasil//

Apesar de ter ainda um longo caminho pela frente, a energia solar fotovoltaica começa a se destacar no mercado como parte da solução para o problema da escassez de eletricidade, causada pela falta de chuvas e pela dependência da geração hidroelétrica, somado aos elevados reajustes tarifários nos últimos anos.

A energia solar fotovoltaica, embora seja a fonte renovável com crescimento mais acelerado no mundo, no Brasil, ainda necessita de avanços em políticas públicas (financiamentos, subsídios, normas técnicas, isenções) para fomentar os investimentos, tanto em grandes usinas, como em micro e mini usinas de energia fotovoltaicas, uma vez que a produção atual não chega a 1% da matriz energética nacional.

A regulamentação da resolução normativa nº 687 de 2015, da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), representou um importante passo no incremento da energia fotovoltaica no Brasil, com a instalação de várias usinas e a perspectiva de implantação de unidades fabris para produção de placas e componentes. Isso proporcionará a redução dos custos para investimentos iniciais em geração de energia. Cabe ressaltar que a resolução nº 687/2015 estabelece que cada cidadão brasileiro ou empresa poderá ter em sua edificação uma usina fotovoltaica produzindo eletricidade para complementação do consumo próprio ou para exportação de energia.



4.3//Benefícios para as empresas//

A energia solar fotovoltaica apresenta grande regularidade no fornecimento de eletricidade e pode ser empregada em todo o território brasileiro, uma vez que todas as regiões do País possuem elevadas taxas de irradiação solar. Vale ressaltar que as regiões Nordeste e Centro-Oeste são as que possuem os maiores potenciais de aproveitamento da energia solar.

(Fonte: Atlas de Energia Elétrica do Brasil, Aneel).

Além desses benefícios, podemos destacar:

- A energia solar é totalmente renovável
- Garantia de abastecimento de eletricidade
- Redução dos custos com energia
- A energia solar é infinita
- Não faz barulho
- Não polui
- Manutenção é mínima
- Baixo custo considerando a vida útil de um sistema fotovoltaico
- Fácil de instalar
- Pode ser usado em áreas remotas, onde não existe energia

4.4//Sistemas de energia fotovoltaica//

As aplicações do sistema de energia fotovoltaica acontecem por meio de sistemas Autônomos e Conectados à Rede de Energia.

O sistema fotovoltaico autônomo, também conhecido como sistemas isolados (off/grid), são utilizados em locais não atendidos por uma rede de energia elétrica, como por exemplo, zonas rurais, sítios, chácaras e fazendas. Podem ser usados para fornecimento de energia para máquinas, veículos, sistemas de iluminação, radares, dentre outras aplicações. Este sistema é composto por um painel fotovoltaico, um controlador de carga, um inversor de tensão e uma bateria.

O sistema fotovoltaico conectado à rede operada em paralelo à de distribuição de energia elétrica local gera eletricidade para atender o consumo de residências, empresas e estabelecimentos em geral. Normalmente são instalados sobre o telhado das edificações, no solo e em coberturas, como por exemplo, estacionamentos de veículos. Este sistema pode ser centralizado, constituindo uma usina de energia elétrica, ou descentralizado, por meio de micro (até 100kW) e mini usinas (acima de 100kW até 1MW) de geração distribuída para atender parcial ou totalmente a demanda de qualquer tipo de consumidor, principalmente as micro e pequenas empresas.

SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

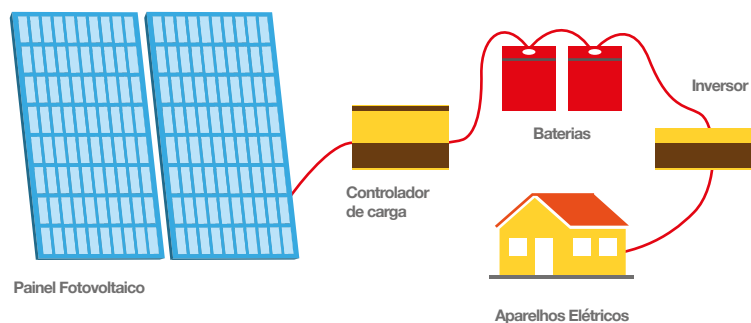


Figura 6//Sistema Fotovoltaico Autônomo//
Fonte: www.captosol.com.br



Os sistemas fotovoltaicos de micro e mini geração são compostos basicamente por um painel solar, um inversor de corrente elétrica, fios, quadro elétrico, além de um medidor de energia.

O consumidor que demonstrar interesse em gerar sua própria energia deverá projetar um sistema de modo que atenda à necessidade de sua edificação na dimensão correta, conforme normas e procedimentos técnicos. Cabe ressaltar que para um bom dimensionamento do sistema de energia fotovoltaica, devem-se levar em consideração vários aspectos, dentre eles: altura da edificação, radiação solar da região, inclinação dos painéis fotovoltaicos, sombras ou qualquer tipo de interferência que possa influenciar na produção do sistema.

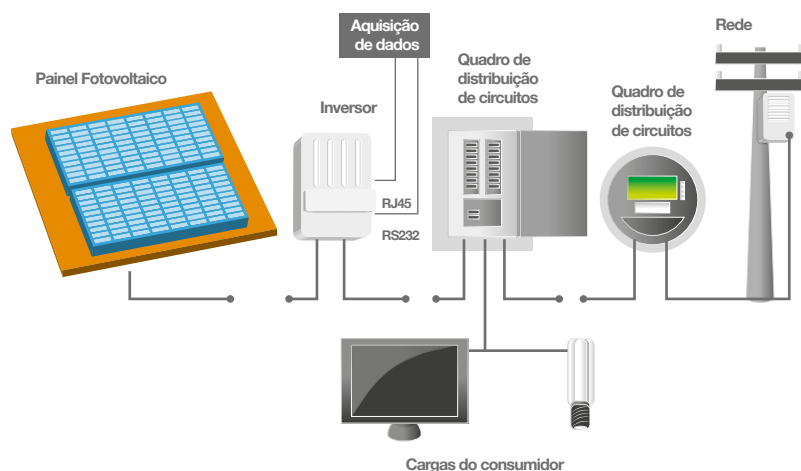


Figura 7//Sistema fotovoltaico conectado à rede de energia//
Fonte: www.solenerg.com.br

5//Passo-a-passo para instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede de energia//

Primeiramente deve-se verificar o consumo médio de energia elétrica de sua empresa, informado na conta de energia fornecida pela concessionária de distribuição de energia em sua cidade. Este indicador medido em kWh (quilowatt-hora) determinará a capacitação instalada da usina de energia fotovoltaica.

Em seguida, deverá ser identificado o local onde será instalada a usina para avaliar as condições físicas e geográficas (radiação solar de sua cidade ou localidade) para garantir uma maior eficiência do seu sistema.

Com base nessas informações preliminares, é elaborado um projeto básico para o dimensionamento da usina fotovoltaica contendo o detalhamento das instalações elétricas e obras civis, conforme a demanda de energia elétrica ideal para a sua empresa, com fornecimento parcial ou total.



A seguir, você conhecerá o “passo a passo” para implantação da sua usina de energia fotovoltaica:

1º - Realizar uma análise preliminar conforme citado anteriormente. Na internet existem diversos aplicativos que fazem simulações de um pré-dimensionamento de usina fotovoltaica. Acesse o site do Centro Sebrae de Sustentabilidade (sustentabilidade.sebrae.com.br) para ter acesso a esses aplicativos.

2º - Contratar uma empresa especializada para elaboração do projeto elétrico e do projeto civil, quando necessário.

3º - Encaminhar os projetos para aprovação junto aos órgãos competentes (Conselho Regional de Engenharia - CREA, Corpo de Bombeiros, concessionária local, prefeitura, dentre outros).

4º - Contratar uma empresa especializada para instalação, montagem, e comissionamento (testes e avaliações finais para garantir a operação e a confiabilidade do sistema/usina fotovoltaico).

5º - Solicitar à concessionária local uma vistoria, para que o ponto de conexão à rede seja aprovado. Caso necessário, fazer os ajustes solicitados pela concessionária local.

6º - Após aprovação, a sua empresa está apta a ter os benefícios do sistema de compensação de energia, conforme Resolução Normativa Nº 687/2015 da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica). A partir daí, a leitura da conta de energia constará de duas medidas: a medida consumida e a medida gerada. É importante lembrar que a concessionária de distribuição de energia elétrica local pode vir a cobrar ICMS sobre a eletricidade gerada pelo sistema fotovoltaico e também o valor mínimo, referente ao custo de disponibilidade de energia. Sendo assim, recomendamos procurar informações junto à concessionária local.



6//Aplicação no ambiente empresarial//

O Centro Sebrae de Sustentabilidade (CSS) é uma unidade de referência nacional do Sistema Sebrae e tem a missão de prospectar, gerar e disseminar conhecimentos e práticas em sustentabilidade, aplicadas às micro e pequenas empresas, para apoiar o atendimento de mais de 700 postos da instituição, distribuídos pelo país. Está situado à Rua Cinco, nº144, Centro Político Administrativo, Bairro CPA, Cuiabá/MT/Brasil. O consumo médio mensal de energia elétrica do CSS atualmente é de 6.366 kWh (outubro de 2014 a outubro de 2015). A unidade consumidora é atendida em 13.800/220/127 volts, trifásica, grupo B.

Com base nessas informações da unidade consumidora do Centro Sebrae de Sustentabilidade, faremos, a seguir, o dimensionamento de um sistema de energia fotovoltaica, instalado no estacionamento de veículos leves, ao lado da referida edificação.

Existem vários critérios para o dimensionamento de uma usina de energia fotovoltaica. Para tanto, optou-se pelo consumo médio mensal de eletricidade.

Para produzir 6.366 kWh/mês utilizamos o método baseado na insolação diária, ou seja, no valor do quilowatt-hora por metro quadrado diário (kWh/m²/dia), disponível em uma determinada localidade. No caso de Cuiabá, a insolação varia de 5.700 a 5.900 Wh/m²/dia, conforme consta no Atlas de Irradiação Solar no Brasil/Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica).



Foto 1//Centro Sebrae de Sustentabilidade (CSS)//



Foto 2//Sistema Fotovoltaico do Centro Sebrae de Sustentabilidade (CSS)//

Dessa forma, para calcular a energia a ser produzida pelo sistema, utilizamos a seguinte equação:

$$E_p = E_s \times S \times N_p \times N_i$$

Onde:

- E_p = Energia produzida pelo sistema
- E_s = Energia diária recebida pelo sistema
- S = Área do painel fotovoltaico
- N_p = Rendimento do painel
- N_i = Rendimento do inversor



Foto 3//Painel fotovoltaico de silício policristalino de 250 Watts//

Considerou-se para este sistema, os seguintes dados:

- Potência do painel: 250 Watts
- $S = 1,650 \times 0,990$ metros = 1,63 m²
- $N_p = 15,4\%$
- $N_i = 93\%$
- $E_s = 5.700\text{Wh/m}^2/\text{dia}$ (Atlas de Irradiação Solar no Brasil/Aneel): Insoleção em Cuiabá, valor estimado

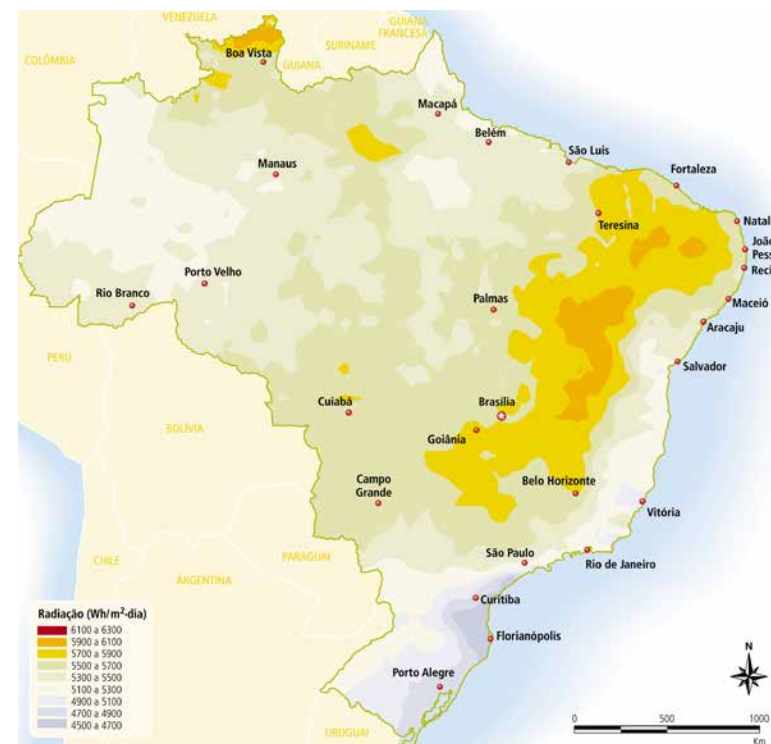


Figura 8//Atlas de Irradiação Solar no Brasil/Aneel//

Então, utilizando a equação acima citada ($E_p = E_s \times S \times N_p \times N_i$) a energia produzida pelo sistema, será de: $E_p = 5,7 \text{ kWh/m}^2/\text{dia} \times 1,63 \text{ m}^2 \times 15,4\% \times 93\% = 1,3306 \text{ kWh}/\text{dia}$. Em seguida, multiplica-se se pelo o número de dias no mês (30 dias)

$$E_p = 39,92 \text{ kWh/mês}$$

O passo seguinte é calcular a quantidade de painéis (N_p) necessários para este sistema, para tanto, dividimos a energia que queremos que seja produzida por mês, pela quantidade de energia produzida por mês no sistema. Assim sendo, obtemos a equação:

$$N_p = E_a \div E_p$$

N_p (nº de painéis do sistema) = $6.366 \text{ kWh} \div 39,92 \text{ kWh} = 160$ painéis de 250 Watts, totalizando 40.000 Watts (40kW), de potência elétrica. Cabe ressaltar que 95% dos painéis que existem no mercado são

feitos de silício, e para o projeto do Centro Sebrae de Sustentabilidade, optou-se por painéis de 250 Watts. Mas ressaltamos que existem diversos painéis disponíveis comercialmente que variam normalmente de 50 a 300 Watts, porém deve-se analisar a opção mais aplicável para cada tipo de instalação.

Uma vez dimensionado o sistema, é calculado o tempo de retorno do investimento a fim de verificar a viabilidade econômica do projeto. Para tanto, divide-se o valor total do investimento do sistema que é de R\$ 400.000,00 (40.000 Watts x *R\$/W10,00 = R\$ 400.000,00) pelo valor médio da conta de energia elétrica da unidade consumidora, no caso do Centro Sebrae de Sustentabilidade, em torno de R\$ 59.453,00 ao ano (2014/2015):

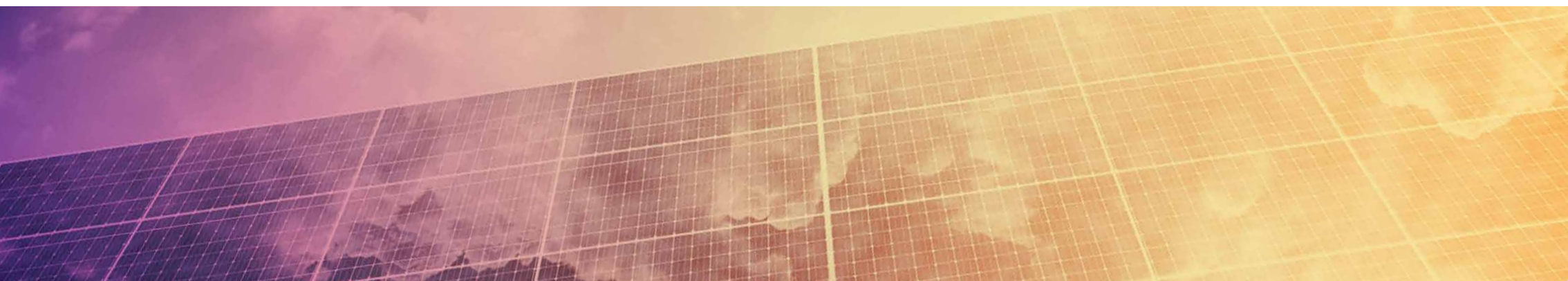
Então, o tempo de retorno do investimento, payback (análise financeira simples) é obtido pela equação:

$$E_p = 39,92 \text{ kWh/mês}$$

Payback = Investimento (R\$) ÷ custo da energia (R\$)

$R\$ 400.000,00 \div 59.453,00 = 6$ anos e 7 meses

*preço médio considerando as obras civis do estacionamento (estrutura metálica – setembro de 2015)



7//Considerações finais//

Entende-se que a geração de energia própria limpa é um caminho para o desenvolvimento sustentável e para a elevação do nível de competitividade das empresas, principalmente as de pequeno porte.

É uma diretriz estratégica que as empresas deverão optar para obterem ganhos econômicos, ambientais e tecnológicos, no sentido de obter mais qualidade e segurança na suas operações, sejam elas para a produção de bens ou de serviços.

Aliado às questões de competitividade e sobrevivência no mercado, está o marco regulatório aprovado por meio da Resolução Normativa da Aneel Nº 687/2015 que, sem sombra de dúvida, é uma medida estratégica para impulsionar o mercado de energia solar fotovoltaica no Brasil

Com o desenvolvimento desse mercado, a tendência é aumentar o número de usinas em operação no Brasil, diminuir o valor do investimento e, conseqüentemente, o tempo de retorno, tornando-o mais atrativo para as unidades consumidoras em geral.

8//Referências bibliográficas//

- CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro (RJ): CRESESB, 2014.
- MENEGUELLO, Luis Augusto. **O setor sucroalcooleiro e a utilização da biomassa da cana-de-açúcar como fonte alternativa de energia**. Araraquara: [S.e.], 2006.
- VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo, SP: Érica, 2015.
- SANTIAGO JUNIOR, Jose Valdir. **Guia de boas práticas sustentáveis: eficiência energética**. Cuiabá: SEBRAE/MT, 2014.
- AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Energia solar**. Atlas de energia elétrica do Brasil. 2. Ed. Brasília, DF: ANEEL, 2005.
- CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro (RJ): CEP/CRESESB, 2014.



//Anotações//

//Anotações//

//Anotações//



*Centro Sebrae de
Sustentabilidade*

www.sustentabilidade.sebrae.com.br