

Projeto do Programa PROBIC 2021/1 CAIC/PRODIS/UNIPAC Barbacena

Disciplina: Engenharia civil

Título do projeto desenvolvido: Fazendas solares fotovoltaicas: aspectos técnicos, econômicos e legais

Coordenador do projeto: prof. Marcelo Batista do Amaral

Aluno bolsista associado ao desenvolvimento do projeto: Rogério Francisco da Silva Condé

Colaboradora: Camila Karoline Coelho de Oliveira

Vigência do projeto: abril/2021 – março/2022

FAZENDAS SOLARES: ASPECTOS TÉCNICOS E LEGAIS E SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS

AMARAL, Marcelo Batista do.¹

CONDÉ, Rogério Francisco da Silva.²

OLIVEIRA, Camila Karoline Coelho de.³

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo apresentar os aspectos gerais dos empreendimentos de geração solar fotovoltaica, particularmente a instalação e operação/exploração das usinas solares fotovoltaicas, intituladas “Fazendas Solares”, que são basicamente as usinas montadas diretamente sobre o solo, normalmente em regiões/zonas rurais. O artigo aborda de maneira singular os sistemas de geração solar, suas principais e atuais questões técnicas, legais, econômicas e ambientais, pertinentes ao tema. Complementando a caracterização geral do funcionamento das fazendas solares, esta pesquisa detalha todos os processos e métodos de integração dos equipamentos envolvidos nos sistemas instalados sobre o solo. São apresentados e discutidos os métodos de fabricação dos equipamentos, as tecnologias atualmente utilizadas, suas vantagens e desvantagens, custos e eficácia. O trabalho traz como parte prática e ilustrativa, os registros de uma visita técnica a uma instalação de campo, uma “Fazenda Solar” local, recentemente montada no distrito de Palmital, na zona rural do município de Barbacena, Minas Gerais. Em síntese, ressalta-se que o aprimoramento tecnológico dos sistemas, os novos materiais e métodos de instalação empregados, as questões de otimização na produção energética, a minimização dos impactos ambientais e a redução dos custos dos equipamentos e instalação, além das questões legais e comerciais envolvidas, são os pontos fundamentais, de destaque, deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Usina solar, fotovoltaica, fazendas, geração, tecnologias.

¹ Professor-Doutor em Engenharia Elétrica e coordenador do Projeto de Iniciação Científica do UNIPAC/Barbacena/MG.

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil do UNIPAC/Barbacena/MG.

³ Acadêmica do curso de Engenharia Civil do UNIPAC/Barbacena/MG.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Conceitos e Aspectos Gerais da Energia Solar Fotovoltaica

As usinas intituladas “Fazendas Solares” são basicamente aquelas instaladas em solo, com suas estruturas de suporte (fundações) e fixação (ferragens) instaladas diretamente sobre uma área terraplanada e dedicada exclusivamente ao empreendimento de geração solar. Neste tipo de arranjo/instalação em solo, incluem-se desde as micro usinas (potência instalada de até 75kW), passando pelas miniusinas (potência instalada acima de 75kW até 5MW), até as usinas (potências acima de 5MW) propriamente ditas, integradas ao Sistema Elétrico de Potência (SEP)-ON GRID (conectados ao SEP), seja através de conexões nas redes de Distribuição, na Baixa Tensão (BT) e Média tensão, como no caso das micro e miniusinas, sendo então definidas como Geração Distribuída (GD), ou através de conexões (instalações de acesso) diretamente nos sistemas de Alta Tensão (AT), nas linhas ou subestações da concessionária local, caracterizando-se portanto como uma Geração Concentrada (GC). Há também os casos de sistemas de geração, tipo “Fazendas Solares”, isolados, operando em esquemas OFF-GRID (não conectados do SEP).

Basicamente, a energia fotovoltaica é a energia resultante da conversão direta da luz solar em eletricidade, podendo ser obtida até mesmo em dias nublados ou chuvosos, havendo certa luminosidade incidente sobre as placas ou painéis fotovoltaicos. Naturalmente, quanto maior a incidência de sol sobre as placas solares, maior será a quantidade de energia produzida. A unidade básica do processo de conversão da energia solar em energia elétrica é a célula fotovoltaica.

A energia fotovoltaica é uma energia limpa, de fonte primária renovável e que tem grande potencial de se expandir num país de clima tropical e posição geográfica favorável como o Brasil. Um aspecto relevante para a instalação dos painéis fotovoltaicos é que, apesar do alto custo para instalação, sua vida útil é bem elevada, chegando a 25 anos e com possibilidade de obtenção de uma economia média nas contas de energia da ordem de até 95%.

Os sistemas de geração solar fotovoltaicos têm inúmeros benefícios, mas cabe ressaltar alguns empecilhos ou dificultadores na geração de energia fotovoltaica no país, sendo principalmente a falta de maiores incentivos fiscais e o alto custo de aquisição dos materiais. Mesmo assim, observa-se um número crescente de

empresas especializadas em sistemas fotovoltaicos, dispostas a investir no país para gerar esta energia limpa, capaz de gerar lucros interessantes para ambas as partes, investidores e clientes. Para a efetiva consolidação deste empreendimento, é preciso ocorrer uma plena integração e parceria entre pesquisadores, a indústria especializada e os empreendedores interessados na exploração comercial destes sistemas. Felizmente esta situação vem acontecendo de forma crescente em todo o mundo, e particularmente no Brasil.

1.2 Energia Solar no Mundo e no Brasil

A liderança no ranking mundial no quesito energia fotovoltaica é a China, seguida do Japão, EUA e Alemanha, destacando-se ainda um crescimento significativo da Índia no período, conforme figura 1.

Figura 1 - Ranking Mundial de Capacidade Instalada Solar Fotovoltaica

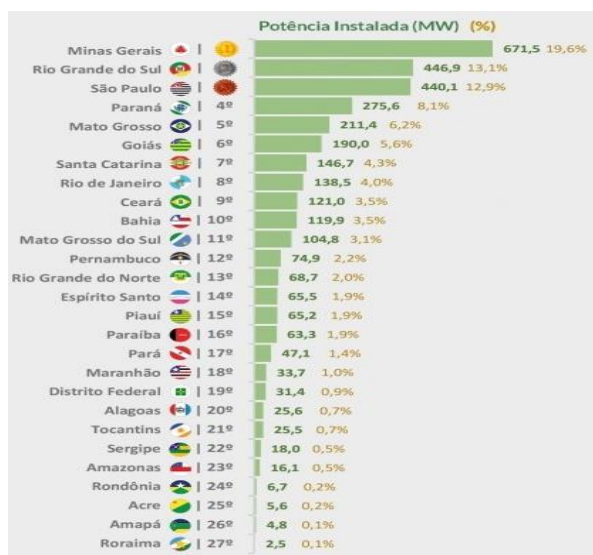
Posição	País	Potência Acumulada até 2019 (MW)
1°	China	205.072
2°	Japão	61.840
3°	EUA	60.540
4°	Alemanha	49.016
5°	Índia	34.831
6°	Itália	20.900
7°	UK	13.616
8°	Austrália	13.250
9°	França	10.562
10°	Coreia do Sul	10.505
11°	Espanha	8.761
12°	Holanda	6.725
13°	Turquia	5.995
14°	Ucrânia	5.936
15°	Vietnam	5.695
16°	Brasil	4.533
17°	Bélgica	4.531

Fonte: ABSOLAR, a partir de dados da IRENA,2020.

A energia solar no Brasil representa 1,7% de toda matriz energética nacional. Apesar deste número ser pequeno, o número de sistemas fotovoltaicos instalados no Brasil tem crescido de forma exponencial, destacando-se as regiões Sul e Sudeste.

Os dez estados que merecem destaque no território nacional quanto ao uso da energia fotovoltaica são: Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná, Mato Grosso, Goiás, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Ceará e Bahia (figura 2).

Figura 2- Geração Distribuída, Ranking Estadual



Fonte: ANNEL/ABSOLAR 2020.

1.3 Estatísticas Específicas da Geração Solar no Brasil e no Mundo

De acordo com análise de Luís Colaferro:

Até dezembro de 2020 o parque de energia solar no Brasil possuía 344.608 micros e mini sistemas fotovoltaicos instalados, os quais somados às usinas solares, resultavam em mais de 7 GW de capacidade operacional. As estimativas do governo são que até 2030 o país esteja com 22 GW de energia solar distribuída. Tal crescimento é resultado dos chamados sistemas fotovoltaicos On-Grid, ou seja, sistemas conectados à rede. (COLAFERRO, Blog Blue Sol Energia solar, 2020)

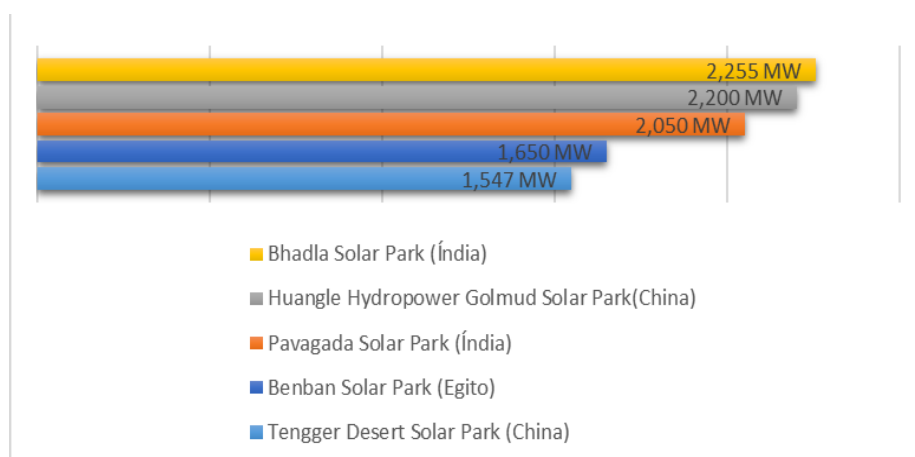
O funcionamento de sistemas, On-Grid, é basicamente o seguinte: Os clientes contratam a instalação de sistemas fotovoltaicos, sejam em residências ou em “Fazendas Solares”, que são conectados à rede da concessionária. A energia produzida é consumida parcialmente na unidade consumidora do cliente e o excedente é injetado na rede de distribuição elétrica local, registrando-se e acumulando créditos para compensação em favor do cliente, seja de seu consumo mensal ou futuro, caso haja excedentes de energia produzida em relação ao consumo mensal. Desta forma, o cliente recebe uma compensação mensal na sua conta de energia, mediante a geração de uma energia limpa, proporcionando-lhe assim uma

economia representativa, e com impactos ambientais igualmente importantes e significativos para a sociedade como um todo.

A energia de origem solar é uma das fontes energéticas que mais se expande no mundo. E o Brasil, por ser um dos países com maior incidência solar do planeta e ter uma grande extensão territorial, possui elevado potencial para liderar o ranking em geração de energia fotovoltaica no mundo.

A figura 3 ilustra o ranking mundial das maiores fazendas solares, em 2021, com destaques para a Índia e China, mas que poderá ceder lugar aos futuros empreendimentos no Brasil.

Figura 3- Ranking Mundial das Fazendas Solares (2021)



Fonte: AUTORES (2021)

2 IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS

2.1 Impactos Econômicos

A vantagem econômica evidente da geração solar distribuída (GD) é a redução drástica nas contas de energia do cliente usuário, decorrentes dos benefícios fiscais dispostos na legislação pertinente. A redução média chega a valores de até 95%, além do acúmulo de créditos de energia em favor do cliente para utilização futura, com validade de 5 anos. Cabe apenas ao cliente cumprir as obrigações financeiras dos custos de disponibilidade do sistema elétrico em suas instalações e eventuais contribuições para a iluminação pública, nos casos das instalações da área urbana.

Outro aspecto econômico interessante para os casos das usinas solares de maior porte é a possibilidade de comercialização do excedente de energia gerada

através de cessão de direito de parte da usina em favor de terceiros contratantes, através de algumas opções de Operação/Exploração comercial das usinas, como no caso das cooperativas e consórcios, por exemplo.

Com o advento da Lei Nº 14.300, de 06 de janeiro de 2022, os novos empreendimentos de micro e minigeração, serão submetidos a um processo de taxaço gradativa, anualmente, a partir de janeiro de 2023, quando então a energia injetada será taxada pela taxa de utilização do sistema elétrico, conforme detalhamento disposto no capítulo 3 deste trabalho.

A Lei 14.300/2022:

Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências.⁴

2.2 Impactos Ambientais

Os impactos ambientais são fortemente positivos. O mais evidente deles é a geração de energia a partir de uma fonte primária limpa, reduzindo portanto a geração de energia de uma matriz que contempla fontes de origem fóssil, como as térmicas na sua maioria, que envolvem emissões de gases poluentes (basicamente CO₂) decorrentes da queima de materiais combustíveis tais como óleo, carvão e gás.

Para cada kwh gerado pela via “solar” tem-se em média 0,090kg de emissão de CO₂ evitado, considerando-se a atual composição da matriz energética do Sistema Interligado Nacional-SIN.

Embora os impactos ambientais na instalação dos parques de energia fotovoltaica sejam bem menores quando comparados aos outros meios de produção de energia, ainda há impactos inevitáveis no processo. Como exemplo, cabe citar os impactos ambientais referentes ao meio biótico, isto é, as grandes áreas descampadas para instalar as usinas ficam suscetíveis a processos erosivos, sem contar na extinção da fauna e da flora local. Outro impacto ambiental pontual é o que

⁴ BRASIL, **LEI 14.300/2022**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm acesso em 30 de maio de 2022

afeta o meio físico, isto é, as obras realizadas para a construção da usina podem causar gases, resíduos sólidos, poeira e alteram a paisagem da região.

Ainda assim, o impacto positivo no uso da energia fotovoltaica se destaca:

A tecnologia fotovoltaica tem tudo para crescer no mercado e estar presente na matriz energética brasileira, o que ajudará a diminuir a utilização de fontes poluidoras e tornará a utilização de energia mais sustentável. (OLIVEIRA, 2017)⁵

3 QUESTÕES LEGAIS E REGULATÓRIAS

O órgão regulamentador de Energia Elétrica no Brasil é a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). A ANEEL tem como responsabilidade geral a determinação das normas para a utilização de qualquer fonte de energia elétrica no país, entre tantas outras questões regulatórias relativas ao setor elétrico brasileiro. Em 2012 a ANEEL criou a Resolução Normativa 482, que permitiu a qualquer cidadão a geração de sua própria energia, mantendo-se interligado (ON-GRID) à rede da concessionária local. Desta forma, a energia produzida é passada para a concessionária, que por sua vez recebe o excedente (energia injetada) e atribui descontos/compensações na conta de energia do consumidor-produtor, além da acumulação de créditos para sua utilização futura.

Ao repasse de energia produzida para as concessionárias é atribuído o título de “créditos energéticos”. Isto é, quando o produtor gerar mais energia do que aquela necessária para abastecer sua instalação, casa ou empresa, o excedente será utilizado na sua próxima fatura de energia como um bônus. Até 2015 esse bônus teria validade de até no máximo 3 anos junto à concessionária, a partir da criação da Resolução Normativa 687, esse período foi alterado para 5 anos.

Essa segunda resolução (687) foi responsável pela criação de três modalidades de geração de energia: autoconsumo remoto, condomínios solares e geração compartilhada. A medida também reduziu o prazo para as distribuidoras darem retorno aos consumidores interessados na Geração Distribuída (GD), tornando todo o processo mais ágil.

⁵ OLIVEIRA, Adriana de Souza. **Avaliação de Impactos Ambientais do Módulo Fotovoltaico: Produção e uso como fonte de Energia Elétrica**. Dissertação de Mestrado em Ciências Mecânicas do Departamento de Engenharia Mecânica na Faculdade de Tecnologia da UNB. 2017. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/31252/1/2017_AdrianadeSouzaOliveira.pdf Acesso em 31 de maio de 2022.

Dois anos depois, em outubro de 2017, ocorreu a segunda atualização da Resolução 482, através da resolução 786, que entre suas determinações vedou o enquadramento como microgeração ou minigeração distribuída das centrais geradoras que já tenham sido “objeto de registro, concessão, permissão ou autorização, ou tenham entrado em operação comercial ou tenham tido sua energia elétrica contabilizada no âmbito da CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica)” – conforme a redação do documento publicado no Diário Oficial da União.

Com o crescimento e a popularização do segmento, medidas para trazer maior segurança jurídica ao setor começaram a ser encaminhadas a Brasília (DF), onde teve início a elaboração do Marco Legal GD, em 2019. O documento, de autoria do deputado Silas Câmara e relatoria do deputado Lafayette de Andrada, previa criar uma legislação própria para o segmento de micro e minigeração distribuída, de modo a fomentar e oferecer segurança jurídica ao setor. Inicialmente, a proposta estava prevista para ser votada no início de 2020, mas acabou sendo postergada devido à pandemia da Covid-19. O tema foi retomado somente em dezembro daquele ano, quando a Câmara dos Deputados votou pela urgência do PL 5829 (Marco Legal da GD). O documento foi colocado para votação inúmeras vezes sem sucesso, por causa de divergências políticas quanto ao teor do projeto. Em razão da demora na aprovação do projeto de lei e das divergências existentes sobre o assunto, uma grande movimentação em prol do texto foi organizada por profissionais, empresários, consumidores e entidades que representam o setor de energia solar no dia 8 de junho de 2021. Com os motes: “Brasil, diga sim à energia solar” e “Livre e bem distribuída”, o ato reuniu milhares de manifestantes na Esplanada dos Ministérios. Com bandeiras, cartazes, balões e carros de som, eles cobraram dos deputados federais maior agilidade.

Pressionados, os parlamentares aprovaram o texto na primeira semana de agosto. Na reta final do ano, o texto também foi aprovado pelos senadores (com ressalvas) e voltou para a Câmara, antes de ser definitivamente aprovado. A sanção presidencial aconteceu em janeiro deste ano, com a criação da Lei 14.300, e promete provocar uma corrida grande pela instalação de novos sistemas no país em 2022.

A Lei 14.300, entre as várias questões dispostas no Marco Legal da Geração Distribuída (GD), prevê, a partir de 07 de janeiro de 2023, a aplicação de um processo gradativo de taxação da energia injetada, em substituição ao atual “custo de

disponibilidade”, popularmente referenciado como “taxa mínima” nas contas de energia.

Lei 14.300, de 06 de janeiro de 2022⁶

Art. 17. Após o período de transição de que tratam os arts. 26 e 27 desta Lei, as unidades participantes do SCEE (sistema de compensação de energia elétrica) ficarão sujeitas às regras tarifárias estabelecidas pela Aneel para as unidades consumidoras com microgeração ou minigeração distribuída.

.....

Art. 27. O faturamento de energia das unidades participantes do SCEE não abrangidas pelo art. 26 desta Lei deve considerar a incidência sobre toda a energia elétrica ativa compensada dos seguintes percentuais das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição:

- I - 15% (quinze por cento) a partir de 2023;
- II - 30% (trinta por cento) a partir de 2024;
- III - 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;
- IV - 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;
- V - 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;
- VI - 90% (noventa por cento) a partir de 2028;
- VII - a regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029.

Basicamente, a cada ano, de 2023 até 2028 os montantes de energia injetada serão taxados em 15% da Taxa de Uso do Sistema de Distribuição-TUSD, que atualmente é 28%. Assim, até 2028 este valor atinge 90% da TUSD e, em 2029 o processo de taxação será reavaliado, atualizado. Ou seja, a partir de 2023 haverá uma cobrança progressiva da TUSD sobre a energia injetada no Sistema de Distribuição, justamente pela sua utilização, que até então (2022) é isenta. Por isso observa-se neste ano de 2022, uma certa “corrida” para instalação de empreendimentos de GD, sejam micro ou miniusinas.

As expectativas para a Geração Distribuída, particularmente a Solar são promissoras, sejam através de Leis ou Resoluções que objetivem incentivar, otimizar e facilitar a aquisição e instalação desses sistemas, tornando-os cada vez mais difundidos e popularizados. Um exemplo atual é o Projeto de Lei - PL 2015/2021, aprovado no plenário do Senado, que incentiva a geração de energia solar a partir de financiamentos imobiliários. Tal projeto tornará possível incluir o valor da instalação e aquisição de um sistema de energia solar dentro do financiamento do imóvel para moradia no âmbito do Sistema Financeiro de Habitação (SFH). A autora deste projeto é a Senadora Kátia Abreu. Segundo ela:

⁶ BRASIL, **LEI 14.300/2022**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm Acesso em 31 de maio de 2022.

“É um benefício para todos os brasileiros, principalmente para os mais pobres. Ao ser financiado pelo SFH, o cidadão terá um juro mais baixo e um prazo mais longo. (ABREU, Portal Solar, 2020).”

O PL 2015/2021, de autoria da Senadora Kátia Abreu (PP/TO), que ainda está sujeito à apreciação do Plenário da Câmara dos Deputados, pretende assim facilitar o acesso de mais famílias à geração própria de energia elétrica, por meio da inclusão, no financiamento imobiliário no âmbito do Sistema Financeiro da Habitação (SFH), do valor referente à aquisição e à instalação de sistema de energia solar fotovoltaica nas residências.

Apensado ao PL 2015/2021, tramita também na Câmara dos Deputados, o Projeto de Lei nº 11.247/2018, de autoria do Senador Fernando Collor (PTB/AL), que além de dispor sobre a promoção de desenvolvimento da geração de energia elétrica a partir de fonte eólica, também prevê a geração de energia elétrica a partir de fonte solar fotovoltaica em terras da União e nas mesmas zonas oceânicas. Este Projeto do Senador Fernando Collor é endereçado à política energética como um todo, mas aprecia a energia solar. Pela proposta, as usinas solares com potência superior a 1MW poderão ser implantadas em terras ou corpos d'água sob domínio da União. Embora este texto proíba a concessão de prismas eólicos ou fotovoltaicos em áreas coincidentes com blocos de exploração de petróleo e gás, ele admite uma exceção: as centrais eólicas ou solares poderiam também ser instaladas para o consumo das plataformas petrolíferas.⁷

4 PLANEJAMENTO E PROJETO

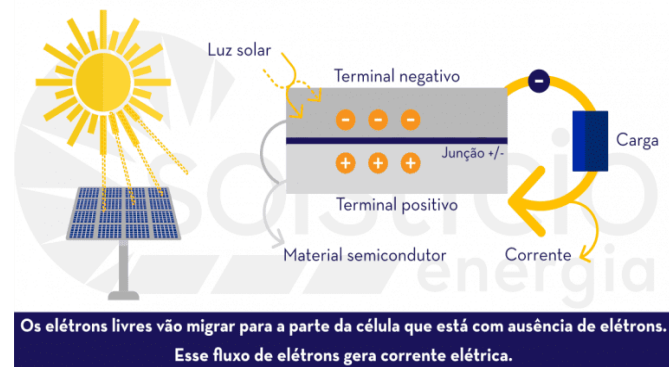
4.1 Materiais e Tecnologias Envolvidas

As células solares fotovoltaicas transformam diretamente a energia solar em energia elétrica. Fabricados com materiais semicondutores, esses dispositivos absorvem parte da radiação solar que incide sobre eles e a transformam, com maior ou menor eficácia, em eletricidade. Conectando uma célula solar a uma carga elétrica

⁷ Cf. Fonte: Agência Câmara de Notícias.

e ligando o sistema, será produzida uma diferença de potencial nesta carga, a qual fará com que circule uma corrente elétrica.

Figura 4 - Funcionamento das Células Fotovoltaicas



Fonte: Solstício Energia (2017)

As células convencionais são fabricadas com finas lâminas de silício cristalino de cerca de 100 cm² de superfície e décimos de milímetros de espessura. Sobre o silício se deposita uma película antirreflexiva, que melhora o rendimento e confere à célula um tom azulado. A essa película se imprime uma malha metálica que constitui o contato ôhmico da face voltada para o sol. O contato da superfície posterior da célula forma uma rede metálica de distribuição homogênea.

Quando as placas fotovoltaicas captam a energia solar e a transformam em energia elétrica (Corrente Contínua), a potência gerada é enviada para o inversor que é o equipamento responsável pela conversão da energia para os padrões da rede da concessionária (Corrente Alternada). Logo após, a energia é injetada na rede elétrica da residência e já poderá ser utilizada pelo consumidor.

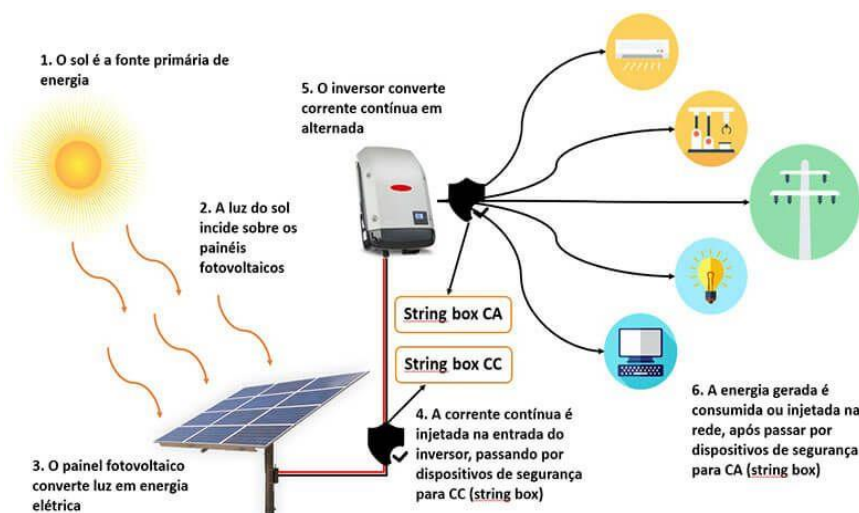
Um sistema fotovoltaico é composto por um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e, opcionalmente, um bloco de armazenamento. O bloco gerador contém os arranjos fotovoltaicos, constituídos por módulos fotovoltaicos em diferentes associações, o cabeamento elétrico o qual os interliga e a estrutura de suporte. Já o bloco de condicionamento de potência pode ter conversores CC, seguidor de ponto de potência máxima (SPPM), inversores, controladores de carga (se existir armazenamento) e outros dispositivos de proteção, supervisão e controle. Por fim, o bloco de armazenamento é composto por acumuladores elétricos (baterias) e/ou outras formas de armazenamento.

A eletricidade gerada pelas células solares é em corrente contínua e passa por um conversor(inversor), permitindo sua imediata utilização, caracterizando-se como

Sistema On-Grid ou armazenada em baterias, como nos Sistemas Off-Grid. O Sistema On-Grid, também conhecido como Grid-tie, é um tipo de sistema fotovoltaico que está ligado à rede elétrica da concessionária de sua cidade, isto é, quando a sua unidade produz mais energia que você consome, essa energia é enviada de volta a rede pública e é transformada em créditos de energia que podem ser utilizados em até 5 anos. Esse sistema é muito utilizado em zonas urbanas ou locais com acesso à energia elétrica. E, se por ventura o sistema não conseguir gerar energia necessária para o consumo, a rede pública completará com a energia restante, isto é, o valor da conta de luz será reduzido consideravelmente.

Já o sistema Off-Grid, é um sistema fotovoltaico que não está ligado à rede pública, portanto necessita de um banco de baterias estacionárias, as quais são baterias de ciclo profundo capazes de armazenar o excesso de energia gerado pelas placas fotovoltaicas. Essa energia ficará armazenada e preparada para gerar energia para a sua residência. Mesmo em épocas em que seu sistema não esteja gerando energia. Esse sistema é mais utilizado em lugares remotos, como áreas rurais distantes, pois seu uso não depende da rede pública de energia.

Figura 5-Captação da Energia Solar



Fonte: Engehall Energias Renováveis(2018)

4.2 Dimensionamento Energético e Físico/Localização

O dimensionamento de energia solar pode ser definido como o estudo e análise das especificidades do local em que será implementado o sistema fotovoltaico, bem

como a identificação e a escolha de quais equipamentos deverão ser utilizados na produção de energia. Isto é, consiste no planejamento da instalação.

Antes de implementar um sistema fotovoltaico é necessário saber o quanto de energia será gasto diariamente. Sendo necessário assim, primeiramente listar quais serão os aparelhos e as máquinas que dependerão do sistema, o consumo de cada um deles e o período de tempo que eles funcionam, ou seja, o número de horas que ficam conectados diariamente. Logo após, multiplica-se o consumo individual pelo número de horas em funcionamento. Chegando ao final, os valores obtidos serão somados. Com esse resultado o empreendedor descobrirá o consumo diário de sua empresa. Caso a empresa já exista e tenha um histórico de consumo regular, este deve ser usado para balizamento e dimensionamento do sistema fotovoltaico pretendido.

Para o dimensionamento do painel solar, segue-se os seguintes passos: pegase o valor do consumo diário de energia pela empresa e divide pelo número de horas de insolação do local em que o painel foi instalado. Em média, no Brasil, o período de insolação é de 5 horas.

Assim, se o maquinário e demais equipamentos de uma empresa consome, por exemplo, cerca de 3500 Watts por dia e o período de insolação no local for de 5 horas, a potência do painel solar deve ser de no mínimo 700 Watts por hora. Vale lembrar ainda alguns outros pontos na escolha do painel, sendo eles: tensão das placas, isso porque não é apropriado utilizar painéis com tensões diferentes em um mesmo sistema; tensão das baterias, fator importante nos sistemas off-grid, uma vez que a energia produzida a mais não ficará armazenada na bateria e por último, deve-se observar a tecnologia das placas.

Para o dimensionamento do inversor é importante verificar a potência do equipamento. Esta deve ser sempre maior que o consumo energético dos equipamentos do empreendimento.

Para o dimensionamento do controlador de carga deve-se considerar que a capacidade do controlador tem que ser maior que a corrente do curto circuito de todos os painéis somados. Além disso, sua capacidade também deve ser superior ou igual à máxima corrente exigida pelo consumo da casa ou do estabelecimento. Para encontrar a corrente de carga deve-se dividir o consumo de energia em Watt/hora pela tensão de trabalho do controlador de carga.

Por fim, o dimensionamento das baterias será designado pelo cálculo da corrente produzida pelos painéis, multiplicados pelas horas de insolação. Quanto maior a capacidade das baterias, maior será a autonomia dos sistemas off-grid.

4.3 Acesso à Concessionária – Procedimentos e Documentação Exigida

A homologação de sistemas fotovoltaicos consiste em um procedimento padrão no qual a distribuidora de energia realiza a fiscalização do sistema solar instalado na empresa ou no imóvel, verificando se este possui as especificações estabelecidas nas normas de segurança. Este processo é essencial por garantir a segurança dos técnicos no momento de instalação do sistema fotovoltaico e dos consumidores que residirão ou trabalharão sobre as placas solares. Sem contar ainda que, através de tal processo toda energia produzida que não for consumida, poderá ser revertida em créditos energéticos disponíveis pela concessionária, podendo ser utilizado em até 60 meses.

Atualmente o processo de homologação é feito da seguinte forma:

- a) Solicitação de conexão;
- b) Análise do projeto pela concessionária;
- c) Instalação do sistema de energia solar;
- d) Solicitação de vistoria técnica;
- e) Realização da vistoria;
- f) Concessão do relatório;
- g) Homologação do sistema de energia solar.

5 A CONSTRUÇÃO/INSTALAÇÃO

5.1 Preparação do Terreno/Terraplanagem

Para a construção de uma usina solar fotovoltaica é de suma relevância uma análise preliminar do terreno e das características do solo, nos quais serão instalados os painéis solares.

Quanto à topografia do terreno serão analisados os seguintes pontos:

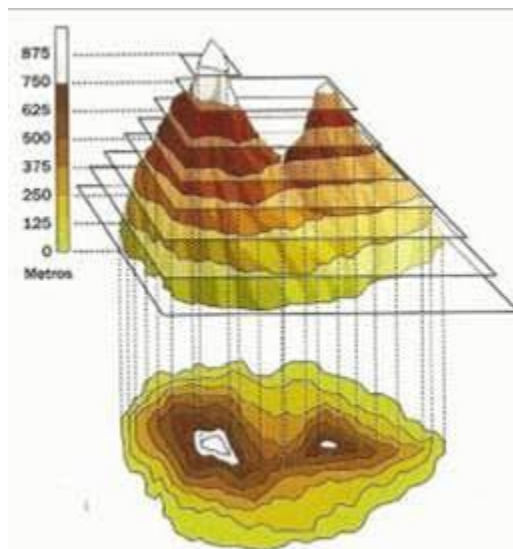
- a) georreferenciamento do imóvel – é um memorial descritivo da área rural, assinado por profissional habilitado. Figura 6 - Georreferenciamento de uma Usina Solar



Fonte: Portal Solar (2017)

- b) levantamento altimétrico – é o estudo responsável por medir as diferenças de níveis de um mesmo território através de equipamentos de alta precisão de forma que se conheçam todas as irregularidades do relevo local.

Figura 7 - Levantamento Altimétrico de uma Usina Solar



Fonte: Portal Solar (2017)

Quanto a Geotecnia:

O laudo de sondagem do terreno é de suma importância para os estudos do projetista que irá fazer análise de viabilidade técnica do projeto, estudar os melhores

métodos de execução das fundações e conseqüentemente apurar os custos de orçamento das obras civis.

5.2 Aquisição dos Materiais e Custos Envolvidos

Para a construção de uma usina fotovoltaica são necessários os seguintes materiais:

- **MÓDULO FOTOVOLTAICO**

Componente elementar do sistema onde ocorre a conversão direta da luz solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico.

Os módulos fotovoltaicos mais utilizados em casas e empresas são de 320, 325, 330, 335 e 340 Watts. Eles custam entre R\$ 750,00 e R\$900,00, o valor varia entre R\$ 2,50 e R\$ 2,80 por Watt.

- **STRINGS (SÉRIES DE MÓDULOS)**

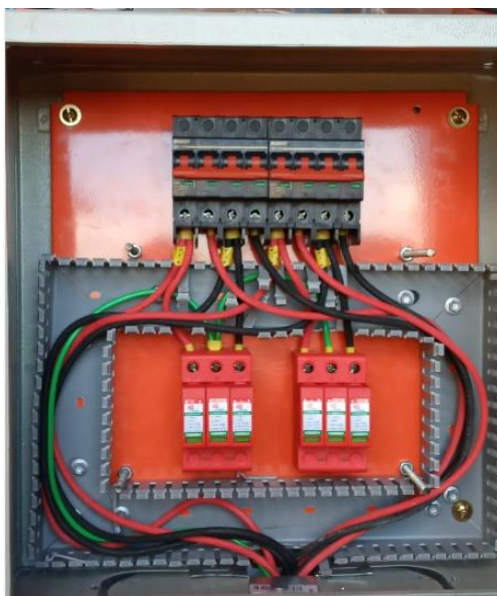
É o conjunto formado pela união em série de certo número de módulos (série fotovoltaica). Os módulos são conectados eletricamente em série de forma a somar a tensão exigida para a adequada integração com o conversor. Essas composições podem resultar em níveis próximos a 1.000 V e até 1.500 V, normalmente conectados em paralelo para que o número de circuitos se adeque com as entradas disponíveis nos inversores.

- **CAIXAS DE JUNÇÃO OU COMBINAÇÃO (STRING OU COMBINER BOXES)**

As caixas de junção, também chamadas de string boxes, tem por finalidade a acomodação de todas as conexões dos circuitos de corrente contínua vindas do painel fotovoltaico, através dos dispositivos de proteção, tais como Chaves Seccionadas, Fusíveis, Disjuntores e Proteção Contra Surtos (DPS), produzindo uma saída (CC), já devidamente protegida, a qual se conecta à entrada CC do inversor de energia elétrica. Muitas vezes a saída (CA) do inversor de energia retorna para a mesma string boxes, e através de disjuntores (CA) e DPS, seguem para o circuito de distribuição de energia do local. As caixas de junção são geralmente instaladas próximas ao inversor de energia, mas podem também serem instaladas no telhado, próximas ao Painel Fotovoltaico, sendo por isso construídas para suportar as mais diversas condições ambientais (Normas IP55, IP65 etc).

O custo é variado, depende do modelo, da quantidade de strings e da tensão de saída. A média de custo é R\$ 2.150,00.

Figura 8 - String Boxes



Fonte: SOLARVOLT(2016)

- **CABOS DE BAIXA TENSÃO DE POTÊNCIA E CONTROLE**

Os cabos das séries fotovoltaicas são normalmente encaminhados através da estrutura de suporte dos módulos, por meio de calhas metálicas. Estes devem possuir isolamento compatível com o nível de tensão do circuito, serem resistentes à radiação UV e ter garantia de durabilidade adequada. Após as caixas de junção, os cabos apresentam bitolas mais significativas e são geralmente protegidos por eletrodutos e encaminhados através de valas até os inversores. Circuitos de comunicação e força têm encaminhamentos distintos, assegurando distância apropriada para evitar possibilidade de interferências (>30cm).

- **INVERSORES**

O inversor é o equipamento que converte a energia gerada pelos módulos de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). A energia elétrica é entregue aos consumidores em corrente alternada e dessa maneira, faz-se necessário a conversão por meio de conversores CC – CA, cuja capacidade é expressa em Watt (W). A topologia de uma usina solar é predominantemente feita com inversores centralizados, posicionados dentro de um eletrocentro ou subestação unitária, no qual está localizado o transformador elevador de média tensão, proteções e equipamentos de medição.

Exemplos de inversores: Inversor 3Kw – suporta até 10 painéis de 315wp, gera em torno de 378Kw ao mês, com o custo entre R\$4.000,00 – R\$5.000,00; Inversor

5Kw – suporta até 16 painéis de 315wp – gera em torno de 605Kw ao mês, com o custo entre R\$5.500,00 – R\$6.500,00; Inversor 10Kw – suporta até 32 painéis de 315wp, gera em torno de 1.210Kw ao mês. Podem ser usados vários inversores que ao serem somados atendam a capacidade instalada para sistemas de maior porte, ou somente um inversor de potência superior que irá atender a demanda. Tudo isso é avaliado pela equipe de projeto para que tenha o melhor custo/benefício buscando sempre longevidade do sistema.

- CABOS DE M.T.

Nas Subestações Unitárias, após os inversores a tensão do sistema é levada para níveis médios, 15 ou 35 kV, permitindo a redução do nível de perdas elétricas. Os circuitos de média tensão interligam eletrocentros e direcionam a energia à subestação interna da usina, permitindo a conexão do sistema de transmissão a uma subestação regional. Estes circuitos são geralmente feitos por valas com profundidade adequada e podem ser diretamente enterrados, caso sejam especificados para isso. Os cabos custam em média R\$ 20,00 por metro.

- ESTRUTURAS DE SUPORTE

As estruturas de suporte dos módulos fotovoltaicos são predominantemente metálicas, compostas por aço, alumínio ou até madeira, com proteção galvânica e por anodização, quando for necessário. Essas devem ser resistentes às condições ambientais, uma vez que estão sujeitas aos efeitos de degradação e por estarem em contato com os módulos devem apresentar durabilidade compatível, sendo comum encontrar fornecedores apresentando garantia de até 20 anos. As estruturas são dimensionadas considerando as características mecânicas dos módulos e as ações permanentes (peso próprio) e variáveis (cargas de vento). As estruturas são projetadas de forma que permitam adequada fixação dos módulos e garantam sua integridade, não permitindo deformações que afetem esses últimos. Uma parte de fundamental importância da estrutura é a fundação, a qual pode ser de concreto, com hastes metálicas cravadas ou parafusos helicoidais.

Quanto aos tipos de estruturas metálicas de suporte, modelos fixos são os mais utilizados, com inclinação e orientação projetadas para o melhor aproveitamento relacionado à região de instalação da usina. Este processo deve ser realizado durante a fase de projeto e também envolver verificação de custos, isso porque, após a instalação normalmente não são possíveis alterações. O kit estrutura solar para 8 painéis fotovoltaicos custa em média R\$2.172,00.

Figura 9 – Estrutura de Suporte



Fonte: Solar Lumina

- **ALTERNATIVAS DE FUNDAÇÃO**

Os principais tipos de fundação utilizados para o sistema de suporte das usinas fotovoltaicas são: cravação direta, pré-escavação + cravação e mini-tubulão. Ambos usam uma haste metálica na solução, a qual já representa componente estrutural de apoio para as demais peças de suporte.

5.3 Procedimentos de Montagem Envolvendo Estruturas de Suporte e Fixação dos Painéis

A estrutura de suporte dos módulos fotovoltaicos tem por objetivo o posicionamento correto desses de maneira estável. Além disso, deve assegurar a ventilação adequada, permitindo dissipar o calor que normalmente é produzido devido à ação dos raios solares e ao processo de perdas na conversão de energia. Isto é importante porque a eficiência dos módulos diminui com a elevação da temperatura, podendo até comprometer seu funcionamento normal. Deve-se ainda possibilitar o distanciamento entre os módulos, conforme a indicação do fabricante, para evitar danos mecânicos aos mesmos conforme sua dilatação.

Em qualquer caso, o suporte é uma estrutura concebida especialmente para se adaptar ao terreno ou à estrutura do prédio (sem prejudicar sua estética), as características dos módulos, a estratégia de ajuste de inclinação e orientação. Os

módulos fotovoltaicos devem ser montados sobre uma estrutura rígida e de geometria adequada para dar orientação e o ângulo de inclinação necessários, afim de assegurar a máxima captação de luz solar durante o período de interesse, e dotar o conjunto de uma rigidez mecânica a qual permita suportar o peso dos módulos e os ventos fortes. Deve-se considerar ainda que a estrutura de suporte tem que estar eletricamente aterrada e ser fabricada com materiais menos suscetíveis à corrosão, especialmente em locais com condições ambientais agressivas.

Figura 10 - Vantagens e Desvantagens das Diferentes Formas de Instalação

Forma de Instalação	Vantagens	Desvantagens
(1) Estrutura de sustentação no solo	<ul style="list-style-type: none"> Fácil instalação. Fácil manutenção. Estrutura robusta. Indicado para sistemas de qualquer porte. 	<ul style="list-style-type: none"> Mais propícia a situações de sombreamento. Mais sujeita a acúmulo da poeira e contato de pessoas, objetos e animais.
(2) Poste	<ul style="list-style-type: none"> Fácil instalação. Menos propícia a situações de sombreamento. Mais segura contra contato de pessoas, objetos e animais. 	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura menos robusta. Maior dificuldade de manutenção. Indicada apenas para sistemas de pequeno porte.
(3) Fachada	<ul style="list-style-type: none"> Menos propícia a situações de sombreamento. Mais segura contra contato de pessoas, objetos e animais. Ajuda a reduzir a carga térmica interna da edificação. 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> Menos propícia a situações de sombreamento. Mais segura contra contato de pessoas, objetos e animais. Estrutura de suporte mais simples. 	<ul style="list-style-type: none"> 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.

Fonte: Adaptado de (PINHO et al,2008)

5.4 Estruturas de Acesso à Concessionária – Instalações de Conexão

Antes de dar início a construção da fazenda solar, é preciso analisar o local onde será implementada, com o intuito de identificar a rede de transmissão. Isso porque, se a rede estiver muito longe, o projeto pode se tornar inviável.

Em sistemas menores que 75 kWp, a concessionária de energia tem um prazo de até 30 dias para dar o parecer de acesso, isto é, 30 dias para que o projeto seja

aprovado e o medidor convencional seja trocado por um medidor bidirecional, o qual marca tanto o consumo quanto a geração.

Já nos sistemas maiores que 75 kWp e até 5 MW, o prazo é de 60 dias, isso porque a complexidade do projeto é maior.

Qualquer mudança no projeto entregue à concessionária poderá acarretar na reprovação da vistoria e o processo ficará paralisado até que esteja idêntico ao que foi posto em projeto.

Todos os trâmites realizados com a concessionária possuem data de validade de 6 meses para serem executados, do contrário, todo o processo é perdido e aí então é necessário refazer todo o caminho e entregar novamente os documentos.

Ao determinar o tipo inversor, qual módulo fotovoltaico utilizar e dimensionar os cabos e disjuntores, é iniciado o projeto unifilar, trifilar, de locação, cópia de instrumentos jurídicos, todas as unidades consumidoras com seus respectivos proprietários (CPF ou CNPJ), anotação de responsabilidade técnica (ART) e memorial descritivo. Quando todos os documentos acima estiverem reunidos, estes serão encaminhados a concessionária de energia e irá percorrer o caminho que está ilustrado na figura abaixo:

Figura 11 - Fluxograma da Documentação da Concessionária de Energia



Fonte: Enel (2018)

6 OPERAÇÃO E EXPLORAÇÃO COMERCIAL DA USINA

6.1 Aspectos Gerais de Operação e Manutenção-O&M

O termo operação e manutenção das usinas solares (O&M) é uma questão que deve ser levada em conta desde o começo do planejamento de construção de uma usina solar. Isto é, antes da usina existir, é necessário que seja decidido qual será a fatia do orçamento destinada para a operação e manutenção do sistema.

O que muitas vezes acontece é que alguns empreendedores ignoram a necessidade de direcionar uma parcela do orçamento para a O&M e o resultado disso é que as usinas acabam consumindo mais recursos do que aquilo que foi previsto inicialmente, isso porque todas as unidades desse tipo de sistema de geração de energia elétrica requerem operação e manutenção. Sendo assim, trata-se de um elemento que não pode ser abstraído do plano geral sem causar prejuízos futuros.

Apesar dos sistemas de geração solar fotovoltaicos na sua maioria não apresentarem partes móveis, envolvendo desgastes operativos, com substituições regulares e frequentes de peças e demais itens da instalação de geração, as inspeções físicas periódicas são muito importantes para garantir a integridade e total capacidade de geração do sistema. O acompanhamento operativo do sistema, avaliando sempre os níveis de geração é um ponto fundamental para o controle e atuação preventiva ou mesmo corretiva, visando o máximo desempenho técnico e financeiro do empreendimento.

Alguns simples cuidados podem comprometer diretamente a produção de energia. Por exemplo, o acúmulo de sujeira nas placas solares, pode reduzir em até 30% a geração de energia, dependendo do grau de “sujeira” das placas. Estas precisam ser lavadas regularmente com produtos adequados para não danificar os equipamentos. Sugere-se como rotina, uma verificação e limpeza a cada 6 meses.

6.2 Comercialização da Energia

No geral, a energia solar pode ser vendida de duas formas: por meio de leilões regulamentados pela ANEEL ou no mercado de contratação livre, a partir de usinas solares, nos casos típicos de Geração Centralizada-GC. Para a Geração Distribuída-GD, também é possível “vender” a energia solar gerada pelo seu sistema fotovoltaico para rede distribuidora, recebendo créditos de energia.

Para “vender” a energia solar gerada, é necessário produzir em excesso e “emprestar” para a rede distribuidora, a qual fará o pagamento/compensação em forma de créditos de energia no mesmo valor, válidos por até 60 meses, dando retorno financeiro de até 95% da redução da conta de luz do imóvel.

Quando se trata dos leilões regulados pela ANEEL, essa é responsável pela entrega e geração de energia elétrica de todo o Brasil. As concessionárias de energia e demais autorizadas da contratação disponibilizam um atendimento totalmente voltado para os leilões, que são realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) em delegação com a ANEEL. Os leilões são feitos em diferentes categorias: vendas, fontes alternativas, excedentes, estruturantes, energia de reserva, compra, ajuste e outros.

Já no caso do mercado livre de energia, a contratação é feita de forma livre e independente. Isto quer dizer que ele permite a comercialização de energia e estimula a livre concorrência entre produtores e geradores, tornando os custos para a compra de energia elétrica mais acessíveis. Nesse modelo de contratação, o consumidor pode escolher seu fornecedor de energia e negociar seus preços, preferências e conveniências de acordo com o SIN (Sistema Interligado Nacional). Para vender energia solar no mercado livre, é preciso tornar-se autoprodutor ou gerador de energia solar associado à CCEE.

O marco inicial para um empreendedor que deseja construir uma fazenda solar é a escolha da área. Deve se considerar que as localidades ideais são as que possuem pouca ou nenhuma atividade agrícola, sem potencial de sombreamento e necessidade de supressão vegetal, além de serem próximas as subestações que serão favorecidas.

A abertura de uma filial no ramo da instalação de uma fazenda solar, implica na alteração do Contrato Social da Matriz para fazer constar o objeto social de “geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como o desenvolvimento de projetos relacionados a estas atividades, a comercialização dos mesmos e dos direitos respectivos”.

Uma vez deferido o processo de abertura da filial, a fazenda solar estará apta a injetar na rede a energia que será contabilizada no abatimento das unidades consumidoras de titularidade da matriz, conforme os percentuais definidos livremente pelo empreendedor no Formulário de Rateio de Créditos.

Vale lembrar ainda que o titular de uma fazenda solar também pode ser um consórcio, uma cooperativa ou um condomínio, seja por reunião de recursos financeiros para aquisição da fazenda solar, seja por meio de contrato de locação da fazenda solar, no qual o ativo de geração é disponibilizado ao consórcio, à cooperativa ou ao condomínio por meio de negociação bilateral que garante a titularidade perante a concessionária local, seguindo-se o rateio dos créditos na forma habitual para estas figuras: geração compartilhada e empreendimento com múltiplas unidades consumidoras respectivamente.

6.2.1. Formação de Consórcios

Quando a reunião de consumidores e o rateio de créditos de energia envolver pessoas jurídicas com CNPJ (Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas) distintos para os fins da geração compartilhada, conforme previsto na REN 482, a constituição do consórcio deve obedecer: o rito disposto nos artigos 278 e 279 da Lei nº. 6.404/76 (Lei das S/A) e observar o disposto na alínea III do Art. 4º da Instrução Normativa da Receita Federal do Brasil nº 1.634/2016, para fins de inscrição no CNPJ/MF.

6.2.2. Formação de Cooperativas

Quando a reunião de consumidores distintos envolver apenas CPFs (Cadastro de Pessoas Físicas), a REN 482 determina que o instrumento para a reunião deles é a cooperativa.

A constituição de cooperativas deve observar as regras previstas no Código Civil (arts.1.093 a 1.096), bem como disposto na Lei nº. 5.764/71 (Lei das Cooperativas), sendo que, legalmente, cooperativas são sociedades de pessoas, com forma e natureza jurídica própria e, independentemente de seu objeto, a Lei (parágrafo único do art. 982 do CC) as classifica como sociedade simples, não sujeitas à falência.

6.2.3. Aluguel e Posse das Fazendas Solares

No Brasil, as modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada de fonte solar fotovoltaica vem crescendo de forma exponencial, atraindo empreendedores para a instalação e operação de usinas solares em imóveis rurais e urbanos.

Entretanto, a maioria dos empreendedores não tem interesse em adquirir a propriedade em que suas usinas solares serão instaladas, optando por outras modalidades que garantam sua posse. É necessário ter essa comprovação para fazer a solicitação de acesso e conexão da usina à rede de distribuição local em que será instalada. Isso porque, tal obrigatoriedade está prevista no artigo 6-A da Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL.

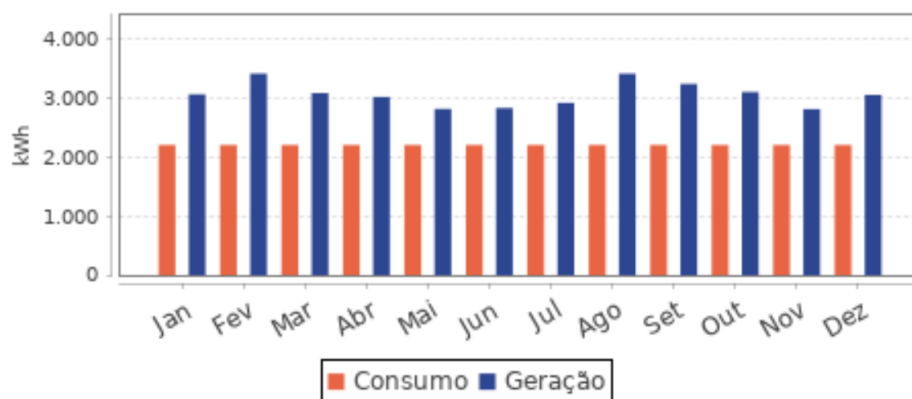
Para comprovar a posse, basta apresentar a matrícula do imóvel à distribuidora. Quando a RN pede documento que comprove a posse, ela na verdade está pedindo o seguinte: em casos urbanos, o contrato firmado entre o empreendedor e o proprietário do imóvel deve ser o contrato de locação (regido pela Lei 8.245/91, a Lei do Inquilinato); e em casos rurais, o contrato de arrendamento rural deverá cumprir com os seguintes pontos: a) o imóvel a ser arrendado deve estar localizado em área rural ou ter destinação rural; b) o arrendamento tem que possuir como objetivo o exercício de atividade agropecuária ou agroindustrial.

7 VISITA TÉCNICA (GRANJA NO PALMITAL)

Com o objetivo de complementar a pesquisa com uma visão prática de uma usina montada em solo, foi planejada e realizada uma visita técnica a uma instalação numa área rural (região do Palmital) próxima ao município de Barbacena, Minas Gerais. A empresa responsável pela instalação do sistema nessa região foi a SOLIG, especializada no desenvolvimento de soluções e projetos completos de energia solar fotovoltaica. A proposta realizada considerou um consumo médio mensal de 2.200 kWh, a um preço de R\$0,68 e uma potência de 26,70 kWp. A área necessária para a instalação é de 144m², a energia estimada a ser gerada é de 3.058 kWh/mês e a irradiação solar média anual é de 4,96 kWh/m².

A estimativa de geração mensal da instalação da granja é ilustrada nas figuras 12 e 13.

Figura 12–Estimativa de geração mês a mês



Fonte: Solig (2021)

Figura 13–Estimativa de geração mês a mês

Mês	Consumo (kWh)	Geração (kWh)	Crédito do mês (kWh)	Crédito acumulado (kWh)	Fatura sem sistema (R\$)	Fatura com sistema (R\$)
Jan	2.200	3.057	857	857	1.496,00	34,00
Fev	2.200	3.408	1.208	2.064	1.496,00	34,00
Mar	2.200	3.079	879	2.943	1.496,00	34,00
Abr	2.200	3.014	814	3.757	1.496,00	34,00
Mai	2.200	2.811	611	4.367	1.496,00	34,00
Jun	2.200	2.826	626	4.993	1.496,00	34,00
Jul	2.200	2.912	712	5.706	1.496,00	34,00
Ago	2.200	3.407	1.207	6.913	1.496,00	34,00
Set	2.200	3.233	1.033	7.946	1.496,00	34,00
Out	2.200	3.096	896	8.842	1.496,00	34,00
Nov	2.200	2.807	607	9.449	1.496,00	34,00
Dez	2.200	3.047	847	10.297	1.496,00	34,00
Em um ano	26.400	36.697		10.297	17.952,00	408,00

Fonte: Solig (2021)

Os materiais utilizados nesta proposta comercial foram os seguintes:

- Estrutura Solo Polytec, figura 14;
- Gerador Solar Fotovoltaico WEG 26,7 kWp;
- 60 módulos Risen de 445Wp, figura 15;
- 4 inversores WEG 6 KW, figura 16;
- 200 metros de cabo solar;

- 8 conectores MC4;
- 1 quadro AC disjuntores e DPS;

Figura 14—Estrutura Solo Polytec



Fonte: Autores (2022)

Figura 15—Módulos Risen de 445 W



Fonte: Autores (2022)

Figura 16–Inversores WEG 6 KW



Fonte: Autores (2022)

O custo total dos equipamentos foi de R\$75.300,00 e a instalação ficou em R\$22.000,00. O pagamento foi feito em 60 parcelas através do banco Sicredi, que facilita tais empreendimentos, e o prazo para entrega do equipamento foi de 90 dias.

É importante ressaltar o retorno ambiental que a instalação fotovoltaica traz para a natureza. Num prazo de 25 anos, cerca de 246,17 toneladas de CO₂ deixarão de ser lançadas na atmosfera, equivalente a um plantio de 1758 árvores para eliminar tal poluição, que representa um custo aproximado de R\$35.160,00.

O sistema instalado, conforme ilustrado na figura 17, possui como finalidade a manutenção da temperatura ideal para os animais da granja, através de ventiladores e condicionadores, figura 18. Após a conexão do equipamento à rede da concessionária, constatou-se queimas frequentes de componentes dos inversores. Observou-se que, muito próximo ao sistema da usina, encontra-se instalada uma antena de transmissão celular da operadora Vivo. Ao analisar o problema, foi diagnosticada certa interação entre os sistemas e interferências danosas aos inversores do sistema fotovoltaico, gerando queimas sucessivas de fontes e outros componentes. Para sanar o problema, foi instalado um transformador e padrão

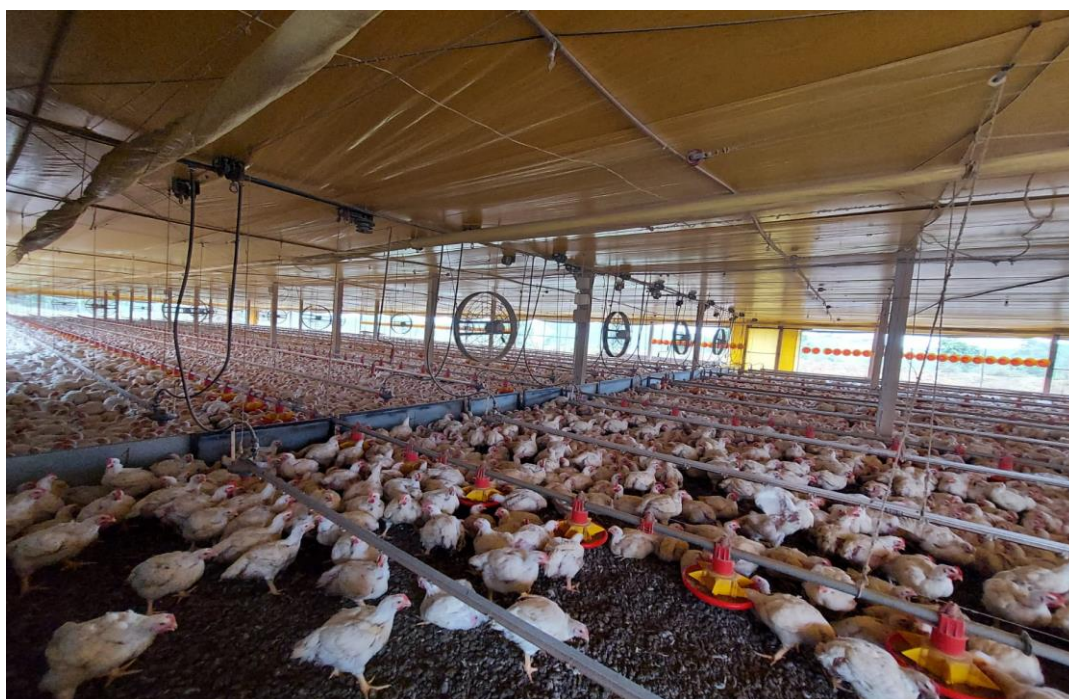
exclusivos para a usina fotovoltaica, gerando uma espécie de filtro e resolvendo o problema em definitivo.

Figura 17–Sistema instalado



Fonte: Autores (2022)

Figura 18–Granja (Palmital)



Fonte: Autores (2022)

8. CONCLUSÃO

A pesquisa abordou de forma criteriosa todos os aspectos dos empreendimentos de geração solar fotovoltaica, particularmente daqueles instalados em solo, basicamente em áreas rurais, assim caracterizados como “Fazendas Solares”. As atuais questões técnicas, econômicas, ambientais e legais relacionados a operação elétrica e a exploração comercial das “Fazendas Solares” foram descritos com certa profundidade e detalhe, servindo ao conhecimento, consulta e referenciamento para trabalhos futuros.

Cabe destacar a importância da fonte solar, como uma opção “limpa”, renovável, e, portanto, sustentável, de custos cada vez mais aceitáveis e com retornos positivos de toda ordem: técnico-operacionais, econômicos e sobretudo ambientais. Portanto, as expectativas de crescimento da geração solar, em âmbito mundial e particularmente no Brasil são as melhores, absolutamente promissoras, considerando-se a velocidade do avanço tecnológico e a (boa) evolução das questões econômicas e legais acerca do tema.

REFERÊNCIAS

Absolar. **Estatísticas e Análises Exclusivas do Mercado Solar Fotovoltaico**. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/> Acesso em 17 de nov. 2021.

Blog Blue sol energia solar. **Energia Solar e os Impactos Ambientais no Uso da Tecnologia Fotovoltaica**. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-impactos-ambientais/> Acesso em 30 de nov. 2021.

Blog DC energia solar. **Crescimento dos Parques Fotovoltaicos e Uso Doméstico no Brasil**. Disponível em: <https://dclogisticsbrasil.com/energia-solar/#top> Acesso em 30 de jul. 2021

BOSCHIN, Frederico. **Saiba como funcionam as cooperativas e os consórcios de energia solar**. Canal Solar, RS. 2019. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/saiba-como-funcionam-as-cooperativas-e-os-consorcios-de-energia-solar/> Acesso em 15 de out. 2021.

Cadari Engenharia. **Sistema Fotovoltaico: o que é e por que você deve investir nele.** Disponível em: <https://cadariengenharia.com.br/sistema-fotovoltaico/> Acesso em 17 de set. 2021.

Cogera Energia. **A Importância da Operação e Manutenção das Usinas Solares.** Disponível em: <https://cogera.com.br/a-importancia-da-operacao-e-manutencao-das-usinas-solares/> Acesso em 17 de nov. 2021.

COLAFERRO, Luís. **Energia Solar no Brasil: um panorama para entender tudo.** Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-brasil-panorama/> Acesso em 01 de dez. 2021.

Diário Oficial da União. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022.** Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821> Acesso em 30 de jan. 2022

Eleksolar Innovations. **A Importância e Desafios na Operação e Manutenção de Usinas Fotovoltaicas.** Disponível em: <https://eleksolar.com.br/importancia-e-desafios-na-operacao-e-manutencao-de-usinas-fotovoltaicas/> Acesso em 20 de out. 2021.

Elite Energia Solar. **Entenda como Funciona a Locação de Áreas para Implantação de Sistemas de Geração Distribuída de Energia Elétrica.** Disponível em: <https://eenergiasolar.com.br/entenda-como-funciona-a-locacao-de-areas-para-implantacao-de-sistemas-de-geracao-distribuida-de-energia-eletrica/> Acesso em 17 de nov. 2021

Portal Solar. **As Maiores Usinas de Energia Solar do Brasil.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/maiores-usinas-de-energia-solar-do-brasil> Acesso em 15 de jun. 2021.

Portal Solar. **Como Homologar a Energia Solar?** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-homologar-energia-solar> Acesso em 18 de jun. 2021.

Portal Solar. **Dimensionamento de Sistema Solar Autônomo Off-Grid.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/dimensionamento-de-sistema-solar-autonomo-off-grid> Acesso em 25 de nov. 2021.

Portal Solar. **Placa Solar Preço.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/placa-solar-preco.html> Acesso em 27 de jul. 2021.

Portal Solar. **Senado Aprova Projeto de Lei que Inclui Sistema Solar em Financiamento Imobiliário.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/senado-aprova-projeto-de-lei-que-inclui-sistema-solar-em-financiamento-imobiliario.html> Acesso em 30 de jan. 2022.

Portal Solar. **Vantagens e Desvantagens da Energia Solar Fotovoltaica.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html> Acesso em 20 de jul. 2021.

Quantum. **Quais são as Maiores Usinas Solares do Mundo?** Disponível em: <https://www.quantumengenharia.net.br/quais-sao-as-maiores-usinas-solares-do-mundo/> Acesso em 15 de jun. 2021.

Solarvolt. **Conheça as Novas Tecnologias para Aproveitamento da Energia Solar.** Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/conheca-as-novas-tecnologias-para-aproveitamento-da-energia-solar/> Acesso em 17 de ago. 2021.

TN Petróleo. **Fonte solar fotovoltaica assume 7ª posição na matriz elétrica brasileira e ultrapassa nucleares.** Revista TN Petróleo. Benício Biz Editores: RJ, 2019. Disponível em: <https://tnpetroleo.com.br/noticia/fonte-solar-fotovoltaica-assume-7a-posicao-na-matriz-eletrica-brasileira-e-ultrapassa-nucleares/> Acesso em 17 de nov. 2021.