

3. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS

3.1. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

Para que o empreendedor pudesse avançar com o projeto da **USINA SOLAR FOTOVOLTAICA – UFV LAVRAS**, foi necessário fazer um estudo analítico detalhado em todas as regiões no Nordeste para encontrar o local ideal para instalação do empreendimento proposto assim como definir alternativas tecnológicas que apresentasse um melhor benefício para o empreendedor e para o desenvolvimento socioeconômico da região e do País.

Na definição de um local para desenvolver um projeto de tecnologia fotovoltaica é necessário abordar e definir inúmeros critérios com diferentes pesos.

Alguns dos critérios analisados são:

- Áreas com alto índice de radiação solar.
- Áreas com subestações com disponibilidade física de conexão e de escoamento da energia.
- Disponibilidade de terrenos para aquisição, próximos a subestação, grandes suficientes para um parque com potência de 219,99 MW.
- Características do terreno, pois é necessário que seja plano com preferência de solo argiloso, sempre procurando áreas preservadas para área de reserva legal.
- Área compatível com o porte do empreendimento, Imóvel com documentação regularizada e sem impedimentos ambientais.
- Infraestrutura da região. A existência de uma infraestrutura adequada dentro e nas imediações do sítio da usina fotovoltaica é pré-requisito que dá segurança ao empreendimento, tanto nos aspectos técnicos quanto econômicos.
- Acessos: a logística de transporte de equipamentos exige estradas de boa qualidade e em bom estado de conservação. A área da UFV está situada próxima da rodovia estadual CE-156, asfaltada e de boa conservação. A CE-156 interliga-se à BR-222, rodovia federal que permite o acesso fácil ao Porto do Pecém.

Considerando-se os aspectos elencados anteriormente, vê-se que no estado do Ceará, muitas áreas apresentavam potencial em relação à incidência dos raios solares, haja vista que a taxa de insolação média no estado é de cerca de 3.000 horas. Contudo, os fatores fisiográficos limitam a implantação das usinas fotovoltaicas em determinadas áreas, como no litoral onde a geodinâmica torna-se um fator desfavorável, além do relevo já que não se tem grandes áreas com superfícies planas.

Nos sertões a condição da morfologia do terreno é favorável, porém em alguns locais passa-se a considerar a falta de infraestrutura para apoiar a implantação e a operação do empreendimento, entretanto a área em estudo encontra-se a curta distância da oferta de infraestrutura.

A região do município de Caucaia, situada na Região Metropolitana de Fortaleza - CE, atende satisfatoriamente todos os requisitos do processo seletivo, destacando-se que neste processo foi decisiva a disponibilidade de imóvel com condições favoráveis de incidência de radiação solar e em situação legal e ambiental favorável ao desenvolvimento do empreendimento, bem como a proximidade com centros urbanos. Além disso, a locação dos painéis fotovoltaicos levou em consideração a existência de Áreas de Preservação Permanente a fim de não interferir nessas áreas e minimizar impactos.

Destaca-se ainda que na área de influência direta do empreendimento não foram identificadas comunidades indígenas e quilombolas.

No geral, o relevo do local da usina pode ser considerado como simples, o que é satisfatório para aplicações solares, pois permite menores custos com obras civis e menores sombreamentos. Além disso, exige menores custos para a abertura e pavimentação dos acessos internos, com pouco deslocamento de material para construção dos acessos e acomodação dos conjuntos de suportes e painéis solares.

3.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

A forma direta da geração de energia elétrica a partir da fonte solar de obtenção se dá através de células fotovoltaicas, geralmente feitas de silício, onde a energia contida nas ondas eletromagnéticas, ao atingir as células, é diretamente convertida em eletricidade.

3.2.1. Alternativas de Geração de Energia Solar

A geração de energia elétrica a partir da radiação solar é obtida pelo efeito fotovoltaico (FV) ou pela heliotermia (denominada também de termossolar ou *concentrated solar power* – CSP).

No caso da energia solar obtida através do efeito fotovoltaico, a radiação solar incide sobre materiais semicondutores, e é transformada diretamente em corrente contínua. Para transformar a corrente contínua em corrente alternada, são utilizados aparelhos chamados inversores.

Os painéis fotovoltaicos são formados por um conjunto de células fotovoltaicas e podem ser interconectados, de forma a permitir a montagem de arranjos modulares, que em conjunto podem aumentar a capacidade de geração de energia elétrica.

Outra forma de geração de energia elétrica, a partir da fonte solar, são as chamadas usinas solares térmicas. Essa geração consiste em utilizar a energia contida na radiação solar para aquecer um fluido, geralmente um óleo. Depois de aquecido a uma determinada temperatura, é necessário transferir o calor do óleo para a água que se transformará em vapor em alta pressão e consequentemente girar uma turbina. Esse modelo consiste no mesmo modelo de funcionamento de térmicas de combustível fóssil.

Vários fatores influenciaram o empreendedor a não utilizar esse modelo, como:

- Parte da radiação existente e utilizada, a radiação direta, é encontrada em abundância apenas em áreas desérticas;
- Alto custo de implantação;
- Alto impacto ambiental;
- Poucas empresas com o conhecimento;
- Manutenção e operação complexa;

3.2.2. Alternativas de Tipologia dos Módulos Fotovoltaicos

Para geração de energia existem várias tecnologias fotovoltaicas diferentes. A tecnologia fotovoltaica apresenta uma característica de material que consegue, apenas com a energia da radiação solar (fóton) gerar energia elétrica. Diferente das outras tecnologias, de geração de energia solar, que precisam transformar a energia solar em calor para então, através de um ciclo termodinâmico comum gerar energia térmica (Ciclo Rankine).

Dentre as tecnologias fotovoltaicas mais avançadas no mercado estão:

- Filme fino: esta é uma evolução do tipo de película fina. Consiste de uma camada de silício amorfo e microcristalino. A estrutura do tandem *thin film* não absorve só a luz visível, mas também a porção invisível do espectro solar. A eficiência de conversão solar pode atingir valores em torno de 16%.

- **Silício amorfo:** É preparada com a deposição de uma camada fina de silício cristalino (1-2 microns), acima uma superfície de outro material, como vidro ou substratos de plástico de proteção. A eficiência de conversão de energia solar desta tecnologia é significativamente mais baixa (cerca de 8%) do que os módulos de silício cristalino. Os módulos de thin film, em comparação com os módulos cristalinos, tem uma maior sensibilidade à radiação difusa solar e eficiência superior em condições de baixa irradiação (por exemplo, tempo nublado). Entretanto, essa é uma pequena vantagem em um lugar com clima semiárido, e não compensa a eficiência mais baixa.
- **Silício policristalino:** o material usado tem um menor grau de pureza e uma menor eficiência em termos de conversão solar (12% a 17%). Apresenta uma forte cor azul. A sua forma é quadrada ou octogonal e a espessura é semelhante a do tipo anterior.
- **Silício monocristalino:** Esse tipo de painel é constituído por células monocristalinas de silício. O silício possui elevada pureza. Devido a isso, as técnicas utilizadas nesse painel fotovoltaico são complexas e caras. Porém, é o que possui maior eficiência entre todas as tecnologias disponíveis no mercado, chegando até a 21%. São facilmente reconhecidos, pois possuem cor uniforme, devido à elevada pureza do silício, e os cantos das células são arredondados. São feitos através de um único cristal puro de silício, que é cortado em lâminas individuais. O painel monocristalino ocupa um espaço menor para gerar a mesma quantidade de energia elétrica que outros tipos de painel, devido a sua eficiência elevada. Possui vida útil longa, cerca de 30 anos. Funciona melhor em dias nublados do que os painéis policristalinos.

A tecnologia que apresentou melhor solução econômico-financeira, após analisar os preços, ganhos de produção de cada equipamento foi a de silício policristalino.

3.2.3. Alternativas para o Sistema de Montagem dos Módulos Fotovoltaicos

As estruturas para fixação dos módulos fotovoltaicos podem ser de dois tipos:

- **Fixas:** Modelo de estrutura metálica de ferro galvanizado ou alumínio, cujos módulos fotovoltaicos são fixos a uma inclinação. Geralmente a inclinação é a latitude do local.
- **Estruturas de seguidores em um eixo:** Nesse caso são utilizadas estruturas que se movimentam de acordo com o movimento do sol, de forma que os módulos fiquem sempre perpendiculares à radiação direta. A movimentação é feita através de um

motor elétrico, cuja alimentação é feita com a própria energia gerada pelos módulos. Em média o motor funciona durante 30 minutos por dia.

O sistema de seguidores apresenta um aumento na produção de energia de aproximadamente 24%, e aumento no custo do investimento de 15% comparado ao sistema fixo.

Sendo assim, o empreendedor optou por utilizar o sistema de seguidores da unidade de geração.

3.2.4. Alternativa de Layout das UFVs

Ao longo da evolução do desenvolvimento do projeto, foram estudadas alternativas de layout das Usinas Fotovoltaicas Solares. Neste estudo, além do tipo de equipamento a ser utilizado, considerou-se ainda a disposição mais favorável em termos de produção de energia.

O projeto da **UFV LAVRAS** considerou duas alternativas tecnológicas, levando-se em conta os modelos de módulos fotovoltaicos, seguidores e inversores predominantes no mercado para a geração de energia elétrica solar.

Detalhes	Alternativa 1	Alternativa 2
Módulos		
Modelo	CANADIAN SOLAR CS6U-340P	CANADIAN SOLAR, CS3U-355AG
Potência de pico (Wp)	340	355
Quantidade total (un.)	622.080	619.710
Inversores		
Modelo	GE LV5-1510-SLR	INGETEA 1690TL B650
Quantidade (un.)	192	116
Potência (MVA)	1,0	1,69
Strings		
Modulo/string (un.)	30	30
Quantidade (un.)	20.736	20.657
Potência (kW)	10,2	---
Seguidores		
Modelo	NEXTRACKER NX FUSION	SOLTEC SF7
Quantidade (un.)	6.912	6.913
Potência (kW)	30,6	---

Considerando que os equipamentos da Alternativa 2 são mais modernos e possibilitam um aumento da geração com um número menor de equipamentos, optou-se por esta.

UFVs	Potência Original (MW)	Potencia Atual (MW)
UFV Lavra 1	24,00	27,04
UFV Lavra 2	24,00	27,04
UFV Lavra 3	24,00	27,04
UFV Lavra 4	24,00	27,04
UFV Lavra 5	24,00	27,04
UFV Lavra 6	24,00	20,28
UFV Lavra 7	18,00	20,28
UFV Lavra 8	18,00	20,28
Potencia Total	180,0	196,04

3.3. HIPÓTESE DE NÃO INSTALAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A alternativa de “não instalação do empreendimento” corresponde à opção de não estabelecer a usina de energia fotovoltaica no sítio, ou qualquer de suas alternativas. O ambiente permaneceria em seu estado atual, podendo haver a continuidade ou o incremento das atividades agrícolas realizadas, o que criaria um pequeno incremento na geração de empregos, quando comparado às oportunidades que poderiam surgir com a instalação do empreendimento. Ressalta-se ainda que as oportunidades de emprego e renda sejam sazonais, estando atreladas às práticas agrícolas no imóvel.

Sem a instalação do empreendimento, a ecodinâmica da área permaneceria inalterada, dependendo das práticas agropecuárias no imóvel Fazenda Lavras.