

PLANTA FOTOVOLTAICA DE 3MW_p DE PETROLINA ASPECTOS TECNOLÓGICOS, LEGAIS E AMBIENTAIS

Olga C. Vilela – ocv@ufpe.br

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear

José Bione M. Filho – jbonef@bol.com.br

CHESF - Companhia Hidrelétrica do Vale do São Francisco

Elielza Moura S. Barbosa – elimsb@hotmail.com.br

Urbano U. Secundes – urbano.secundes@bol.com.br

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear

Marco A. Galdino – marcoag@cepel.br

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobras

Naum Fraidenraich – nf@ufpe.br

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear

Resumo. Em agosto de 2011, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicou uma chamada pública convidando as concessionárias de energia elétrica a apresentar propostas para a implementação de centrais fotovoltaicas conectadas à rede no Brasil. O principal objetivo da iniciativa ANEEL era criar oportunidade para permitir a "Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira", incentivando a organização de uma estrutura nacional para a produção de dispositivos, serviços e preparação de pessoal qualificado na área de FV, bem como propostas de mecanismos de regulação. Neste contexto, a Companhia Hidrelétrica do Vale São Francisco (CHESF), apresentou um projeto para a instalação de uma usina de energia 3MW_p FV na cidade de Petrolina, Pernambuco, região NE do Brasil, no mesmo local em que já estava prevista a instalação de uma usina heliotérmica (1 MWe) e a criação de um Laboratório de Energia Solar. O local selecionado para a planta 3MW_p tem como objetivo fortalecer o Laboratório de pesquisa de diferentes tipos de sistemas térmicos e fotovoltaicos, de pequeno, médio e grande porte. O projeto apresentado pela CHESF prevê a instalação de 2,5 MW_p de FV convencional (c-Si) e 0,5 MW_p de diferentes materiais e tecnologias, com e sem rastreamento, visando comparar diferentes tecnologias operando em condições reais. A planta de 2,5 MW_p operará de forma comercial e irá fornecer uma referência para a análise de viabilidade técnica e econômica de usinas convencionais - os custos reais (US\$/ MWh), a disponibilidade local de dispositivos e serviços, bem como a formação de pessoal para a concepção, instalação e manutenção. Este artigo descreve os pressupostos do projeto "Central Fotovoltaica da Plataforma Solar de Petrolina", as atividades planejadas e realizadas relacionadas ao projeto - projeto básico da planta de 2,5 MW_p, reunindo um conjunto de informações detalhadas sobre as questões legais e ambientais, inerentes a instalação de usinas solares no Brasil. Finalmente, é apresentada uma análise preliminar dos custos da usina, especificando cada item, baseada em preços médios obtidos no mercado nacional.

Palavras-chave: UFV Petrolina; licenciamento de empreendimentos fotovoltaicos; custos de SFCRs.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil os sistemas fotovoltaicos interligados à rede ainda são poucos, e de pequeno porte (< 50 kW_p). A primeira experiência comercial de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) foi a de uma central de 1MW_p em Tauá, no interior do Estado do Ceará, instalada pela empresa MPX. Em Agosto de 2011, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicou uma chamada pública (ANEEL, 2011) convidando concessionárias brasileiras de energia elétrica a submeter propostas para implementação de plantas fotovoltaicas conectadas à rede no Brasil. A iniciativa da ANEEL criou oportunidades para análise da "Inserção de Geradores Fotovoltaicos na Matriz Energética Brasileira", fomentando a organização de uma estrutura nacional para a produção de dispositivos, fornecimento de serviços e preparação de pessoal qualificado na área de FV, bem como propostas de mecanismos de regulação. Um projeto para a instalação de uma usina fotovoltaica de 3MW_p na cidade de Petrolina, (Pernambuco, região NE do Brasil) foi apresentado pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), com a colaboração da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Estadual de Pernambuco (UPE), do Centro de Pesquisas em Energia Elétrica CEPEL (Centro de Pesquisas do Grupo Eletrobras), e a empresa FITEC, contando ainda com o apoio do CIEMAT (Espanha) e da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco.

O local escolhido para a planta FV foi o mesmo onde já está planejada (pelo CEPEL) a implantação de uma usina heliotérmica (1 MWe) e um Laboratório de pesquisa de diferentes tipos de sistemas térmicos e fotovoltaicos, de

pequeno, médio e grande porte. O terreno foi cedido pela CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba) para a implantação do projeto. O projeto apresentado pela CHESF prevê uma instalação convencional de 2,5 MWp em módulos fotovoltaicos de silício cristalino (c-Si) e 0,5 MWp de instalações empregando diferentes materiais e tecnologias - com e sem rastreamento, com médias e altas concentrações, usando m-Si, p-Si, a-Si, CdTe e células multijunção. A planta de 2,5 MWp irá operar de forma contínua e irá fornecer uma referência para a análise de viabilidade de usinas convencionais - os custos reais (US\$ / MWh), a disponibilidade local de dispositivos e serviços, bem como a formação de pessoal para a concepção, instalação e manutenção. A planta de 0,5 MWp, por outro lado, visa comparar diferentes tecnologias, operando em condições reais. Considerando-se que o projeto é de P&D, pode-se dizer que a planta FV proposta pela CHESF apresenta dois importantes diferenciais: a) Todos os setores da empresa responsáveis por implantações de projetos convencionais de geração de energia foram envolvidos, garantindo a formação de protocolos e procedimentos para a proposta de novas plantas; b) O projeto prevê a integração completa da UFV no sistema CHESF, sendo, para isso, adotado o padrão SAGE para seu sistema de supervisão e controle de forma equivalente à que se atua com tecnologias convencionais de geração. Este artigo descreve os pressupostos do projeto "Central Fotovoltaica da Plataforma Solar de Petrolina", as atividades realizadas até o presente momento, incluindo também uma discussão sobre questões legais e ambientais, fornecendo uma descrição detalhada sobre as principais licenças requeridas para a instalação da planta. Por fim é apresentada uma análise preliminar da distribuição dos custos de cada parte do sistema considerando o que se propõe para a realidade do Brasil.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O PROJETO

A UFV Petrolina deve atender aos requisitos estabelecidos pela ANEEL na Chamada 13, além disso, por se tratar de um Produtor Independente de Energia, também devem ser atendidas as exigências previstas pelo órgão regulador em seus Procedimentos de Distribuição (PRODIST). Adicionalmente, devem também ser observadas as imposições dos organismos responsáveis pela emissão de licenças ambientais. Para isso, diversas atividades mostraram-se necessárias para implantação da UFV Petrolina, as quais estão sendo realizadas de acordo com as possibilidades de execução inerentes às empresas públicas, conforme descreve-se a seguir:

- (i) A empresa responsável pela implementação da UFV (CHESF) buscou parceria com instituições públicas (UFPE, UPE, CEPEL) e privadas (FITEC) além de órgãos governamentais (SECTEC) e instituições internacionais (CIEMAT) para a formação de uma equipe de trabalho, coordenação e gerenciamento;
- (ii) A equipe elaborou o projeto básico da planta fotovoltaica o qual incluiu um laboratório para ensaios e reparos de instrumentos e equipamentos fotovoltaicos;
- (iii) Com o projeto básico, além das informações adicionais sobre a tecnologia, buscou-se o órgão ambiental responsável por emitir o Licenciamento Ambiental Prévio (LP), que no caso de Petrolina, trata-se da Agência Municipal de Meio Ambiente. Nessa etapa, esse órgão ambiental emitiu um Termo de Referência em que determina quais aspectos ambientais devem ser abordados no Estudo Técnico Ambiental (elaborado por profissionais de diversas áreas como biólogos, geólogos, químicos) a ser apresentado pela CHESF para avaliação e/ou estabelecimento de condicionantes para aprovação da Licença Prévia;
- (iv) De acordo com a legislação pertinente (lei 8.666/1993), a CHESF elaborou uma concorrência nacional (CN 1.90.2013.0890) para o fornecimento dos equipamentos e serviços de montagem da planta, dentro dos critérios da Chamada Pública nº 013/2011, para que as empresas com experiência em sistemas fotovoltaicos conectados à rede submetessem suas propostas;
- (v) Através de inscrição no processo licitatório, as empresas interessadas no fornecimento apresentaram suas propostas de acordo com as especificações do edital, contendo a documentação exigida, os prazos de execução e a proposta de preços;
- (vi) Atualmente, a UFV Petrolina encontra-se na fase de análise das propostas e ajustes necessários para aprovação das empresas executoras, além de estar aguardando a manifestação do órgão responsável pelo patrimônio histórico e cultural para a obtenção da Licença de Instalação (LI), haja vista que essa licença é essencial para o início das obras civis.

Aspectos técnicos

Ao se planejar a UFV Petrolina buscou-se conciliar eficiência e custos. No âmbito territorial de Pernambuco, apesar de um alto índice, Petrolina não configura a localidade com as maiores médias anuais de irradiação solar, porém, outros fatores influenciam na escolha do local, como os descritos a seguir.

Localização

A Planta Fotovoltaica será instalada próximo à cidade de Petrolina em uma área destinada a uma Plataforma de Pesquisas em Energia Solar. Banhada pelo Rio São Francisco, a 722 km da cidade de Recife, Estado de Pernambuco, Petrolina apresenta-se como importante pólo de desenvolvimento turístico e de exportação de frutas e vinhos, contando com sistemas de transporte aéreo (Aeroporto Senador Nilo Coelho) e rodoviário (acesso via rodovias BR-232, BR-110, PE-360, BR-316, BR-428 e BR-122), como mostra a Fig. 1. Outra vantagem da localização é a proximidade da linha de distribuição em 13,8kV da Celpe (Companhia Energética de Pernambuco), que passa a menos de 100 m de distância do terreno.

2.1. Condições meteorológicas

A Região, onde a planta será instalada, encontra-se no sertão do São Francisco Pernambucano e apresenta clima Tropical Semi-árido (BSH), relevo plano e suave ondulado, vegetação tipicamente caatinga hiperxerófila, além de solo pedregoso com ocorrência mineral de calcário e argila.

Dados meteorológicos históricos atestam, em termos de valores médios diários anuais, 7,8 horas por dia de insolação, resultando em um valor de irradiação média anual em torno de 5,38 kWh/m².dia (19,38 MJ/m².dia), temperatura ambiente média anual de cerca de 26,34°C e precipitação pluviométrica em torno de 538,7 milímetros anuais.



Figura 1 - Localização da Planta FV de 2,5 MW, região de Petrolina e principais acessos ao município. Coordenadas: Latitude: 9° 08,001 Sul; Longitude: 40° 21,161 Oeste

Os valores médios a longo-prazo de dados climatológicos, apresentados na Tabela 1, foram obtidos de uma estação meteorológica do INPE para o período de 2004 a 2011. Esses dados encontram-se disponíveis na base de dados da Rede Sonda. As medidas são disponibilizadas em intervalos de minuto a minuto. No caso particular para a radiação solar, os valores médios também incorporam também os dados disponíveis no Atlas Solarimétrico do Brasil para o período de 1978 a 1988, proveniente de informações fornecidas pelo INMET (Boletim de Radiação Solar Trimestral, Ministério da Agricultura, INMET-1978 a 1988).

Verifica-se que a somatória da irradiação anual global no plano horizontal atinge 1965 kWh/m². Os níveis máximos de irradiação ocorrem entre os meses de setembro a janeiro, com máximo de 6,27 kWh/m².dia em novembro e mínimos entre maio e julho, ainda assim, com valores satisfatórios, cerca de 4,27 kWh/m².dia como valor mínimo em junho. As informações sobre a temperatura ambiente média, máxima e mínima e a velocidade do vento também são mostradas na Tab 1.

Tabela 1 - Dados Climatológicos Petrolina-PE Brasil

Mês	Radiação solar Global média diária ¹ (Wh/m ²)	Temperatura ambiente máxima ² (°C)	Temperatura ambiente mínima ² (°C)	Temperatura ambiente média ² (°C)	Velocidade do vento ² (ref. 10m) (m/s)
JANEIRO	5803	35,9	22,0	27,8	2,45
FEVEREIRO	5517	35,6	20,9	27,0	2,16
MARÇO	5531	34,2	20,8	26,6	1,85
ABRIL	4986	33,4	19,4	25,6	2,43
MAIO	4608	31,3	19,1	25,3	2,17
JUNHO	4267	32,2	17,8	24,2	2,56
JULHO	4494	31,9	17,2	24,2	2,82
AGOSTO	5244	33,3	17,6	25,0	3,21
SETEMBRO	5786	35,1	19,2	26,5	3,30

OUTUBRO	6144	35,7	21,2	27,7	3,03
NOVEMBRO	6272	36,4	21,7	28,4	2,83
DEZEMBRO	5939	35,8	21,2	27,8	2,52
Média Anual	5383	34,2	19,8	26,3	2,61

Valores médios de séries históricas: 1- Radiação solar: Série (1978- 1988) do Atlas Solarimétrico do Brasil Dados Terrestres e Série (2004 a 2011) do INMET; 2- Série (2004 a 2011) do INPE disponíveis pela Rede Sonda (<http://sonda.ccst.inpe.br/basedados/petrolina.html>).

Os dados acusam uma temperatura ambiente média anual de 26,3°C. Sendo um comportamento típico de clima Semi-árido seco (BSh), no período do inverno a temperatura ambiente durante a noite e a madrugada atinge valores bem menores do que os apresentados no período diurno, resultando em baixas médias mínimas. No entanto, os valores médios diários apresentam pequenas variações mensais, com a máxima variação de 4 °C entre o mês mais quente e o mais frio.

2.2. Áreas disponíveis

Na Fig. 2, a seguir, observa-se o terreno da Plataforma de Pesquisas em Energia Solar, cuja área total abrange, aproximadamente, 45 hectares e na figura está delimitada por uma linha azul.

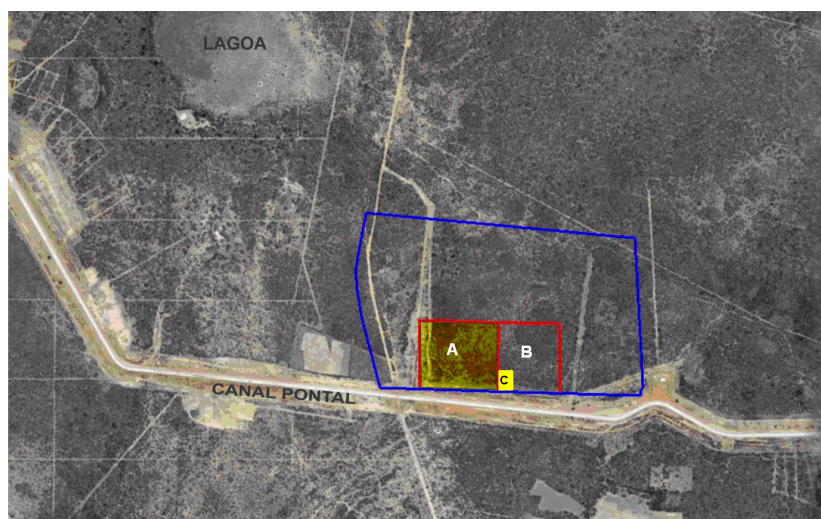


Figura 2 – Identificação da área da Plataforma de Pesquisas em Energia Solar

Dentro dessa área estão também marcados os locais aonde serão implantadas as plantas fotovoltaicas (área de aproximadamente 10 ha delimitada na figura pelas linhas vermelhas) incluindo a edificação para suporte às atividades realizadas no local (área marcada em Amarelo - C). A Planta FV convencional de 2,5 MWp, será instalada na região “A” marcada na Fig. 2, com aproximadamente 5,15 ha. A Região B será objeto de uma segunda fase do Projeto, a planta tecnológica com 0,5 MWp.

A subestação será localizada contígua aos limites do terreno, o mais próximo possível da Linha de Distribuição 13,8 kV da distribuidora Celpe, à qual vai se conectar, ou seja, deve ficar no limite Sul do terreno (Fig. 2).

Planta Fotovoltaica.

A planta é composta por geradores fotovoltaicos, inversores, Sistema de Transferência de Energia e Interligação à Rede Elétrica; Sistema de Monitoramento, Controle, Aquisição e Transmissão de Dados; Sistema de Medição de Variáveis Climáticas – Estação Meteorológica; Sistema de Medição de Energia e Faturamento; Sistemas de Segurança e de Proteção. Um diferencial do projeto da UFV Petrolina é que ela será operada e monitorada no âmbito do sistema elétrico da CHESF exatamente da mesma forma que as demais usinas convencionais existentes. Para isso, seu sistema de supervisão e controle atenderá integralmente ao padrão SAGE, adotado pela CHESF, bem como por outras concessionárias brasileiras.

Detalhes sobre as características definidas para todos os componentes da planta podem ser encontrados no edital na concorrência nacional (CN 1.902013.0890) lançado pela CHESF. A seguir são descritas algumas características básicas definidas para os módulos fotovoltaicos e inversores.

Para potência nominal total mínima de 2,5 MWp (STC) foram escolhidos módulos fotovoltaicos de Silício cristalino, seja mono- ou policristalino (m-Si ou p-Si)), devido à larga experiência nacional e internacional com essa tecnologia, o que permite garantir maior confiabilidade à mesma.

Algumas características solicitadas para os módulos FV são: eficiência maior ou igual a 14,5%; potência mínima do módulo de 240Wp e variação máxima de potência de pico menor ou igual a 3%; coeficiente de temperatura da

potência de no máximo 0,46%/°C; garantia de potência nominal após o primeiro ano de operação com redução menor ou igual a 3%; garantia de potência nominal após 20 anos de operação com redução menor ou igual a 18%.

Procedimentos de aceitação dos módulos FV como avaliação de curvas I-V levantadas em testes de flash do fabricante, verificação cruzada (*cross-check*) da qualidade dos módulos, inspeção visual entre outros foram estabelecidos.

Para os inversores as principais características solicitadas foram: potência mínima de 400 kVA (cada inversor); acondicionamento em eletro-centros; eficiência mínima de conversão de 98%; saída (CA) trifásica com 3 ou 4 fios em nível de tensão padronizado no Brasil; frequência nominal de operação de 60Hz; distorção harmônica total máxima de 3% na saída. Além dos requisitos citados, também foram solicitados, detecção de falha na string; proteção contra surto; proteção contra ilhamento.

Para as perdas anuais de energia no cabeamento e transformador foi definido o valor máximo de 1,5% da produção anual de energia entregue no ponto de conexão à rede. Com relação à distorção harmônica total no ponto de conexão à rede o valor máximo é de 5%.

Os requisitos estabelecidos estão baseados em orientações, normas e/ou certificações nacionais e internacionais para equipamentos FV. Inúmeras normas regem a implantação de sistemas FV conectados à rede. Entre elas, as exigidas no Edital para os módulos fotovoltaicos, foram as normas IEC 61215, IEC 61730, NBR 11876, bem como a documentação comprovando atendimento à Portaria INMETRO nº 004, de 04/01/2011. No segundo semestre de 2012, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), através do Programa Brasileiro de Etiquetagem, havia classificado quanto à eficiência energética, 270 modelos de módulos fotovoltaicos de 41 marcas.

Diversas normativas e certificações nacionais e internacionais para o sistema, para os módulos FV, inversores, transformadores, cabos elétricos, instalação elétrica e estruturas foram identificadas e definidas no Edital.

Além das exigências de certificação dos equipamentos a serem instalados, também é obrigatório atender à regulamentação da distribuidora de energia elétrica local (Celpe)

Edificação - Laboratório de Ensaios.

O laboratório de Ensaios (Fig. 3) será localizado dentro das instalações da planta FV, compreendendo uma área de 155,40 m², o que permitirá a realização de ensaios dos principais componentes dos sistemas fotovoltaicos, além de servir continuamente para o desenvolvimento de trabalhos científicos. Dentre as áreas de atuação do Laboratório podemos destacar: instrumentação geral de medidas elétricas da planta FV, análise da energia elétrica gerada, calibração de instrumentos, desenvolvimento de dispositivos de potência e controle de uma Central Fotovoltaica.

Para permitir o desempenho das atividades nele previstas, destacamos os principais equipamentos que irão compor o laboratório:

- Sistemas computadorizados de traçado de curvas características de células e módulos fotovoltaicos, com temperatura controlada;
- Simulador solar para ensaios de módulos fotovoltaicos;
- Radiômetros para medidas de radiação solar (pireliômetros e piranômetros)
- Bancada de ensaios para inversores;
- Diversos sistemas computadorizados de aquisição de dados para uso geral, incluindo o sistema de supervisão e controle SAGE;
- Oficina mecânica.

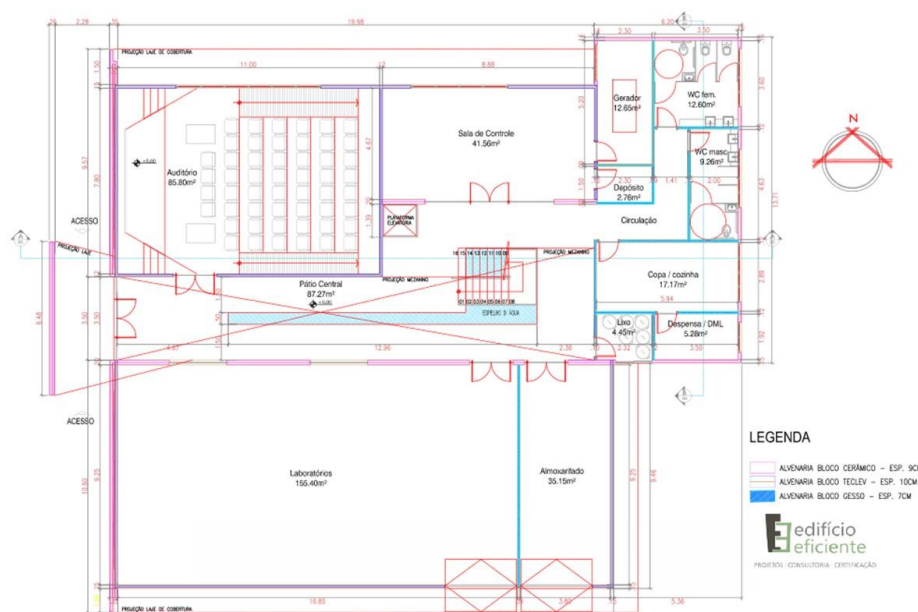


Figura 3 – Planta baixa do Laboratório de Ensaios da UFV Petrolina

3. QUESTÕES LEGAIS E AMBIENTAIS

No caso UFV de Petrolina também se faz necessária a Licença Ambiental emitida por órgãos públicos específicos, por ser um empreendimento de serviços de utilidade, conforme definição do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Tal licença está presente em todas as etapas do projeto, desde a sua concepção até a fase operacional ressaltando o monitoramento das consequências ambientais durante todo o tempo de funcionamento da usina. Sendo o licenciamento ambiental um dos pontos mais delicados do projeto, faz-se necessário pontuar os aspectos mais relevantes do mesmo.

3.1 Licenciamento ambiental:

O Licenciamento Ambiental é um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, instituído pela Lei Federal N° 6.938/81, com a finalidade de promover o controle prévio à construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades que utilizam recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental.

O processo de Licenciamento Ambiental tem como embasamento legal a Lei Federal N° 6.938/81 supracitada; a Resolução N° 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que estabelece diretrizes gerais para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) nos processos de licenciamento ambiental; e a Resolução N° 237/97 também da CONAMA que estabelece procedimentos e critérios de descentralização da gestão ambiental.

Nos processos de Licenciamento Ambiental, o EIA/RIMA constitui-se um importante meio de aplicação de política preventiva, sendo, portanto, um documento de subsídio ao processo. Entretanto, esse não é o único estudo ambiental considerado no processo de licenciamento. Outros estudos, que abordam os aspectos ambientais relacionados à localização, instalação e operação de uma atividade ou empreendimento podem se configurar como subsídio à análise de licença requerida, como o Plano de Controle Ambiental – PCA e o Relatório de Controle Ambiental – RCA, dentre outros.

O Licenciamento Ambiental, por sua vez, tem seus projetos avaliados em diferentes fases que são: concepção/planejamento (LP- Licença Prévia), instalação (LI - Licença de Instalação) e operação (LO - Licença de Operação). Além disso, há também o acompanhamento das consequências ambientais causadas pelo empreendimento. Ressalta-se que as licenças ambientais poderão ser expedidas isoladas ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade.

A Licença Prévia – LP é concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação. Assim, a LP é concedida se for atestada a viabilidade ambiental do empreendimento, após exame dos impactos ambientais por ele gerados, dos programas de redução e mitigação de impactos negativos e de maximização dos impactos positivos. Ressalta-se que a LP não autoriza o início de quaisquer obras destinadas à implantação do empreendimento.

A Licença de Instalação – LI autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante.

A Licença de Operação – LO autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Nos termos da Resolução Federal N° 237/97 da CONAMA, a competência legal para licenciar, quando definida em função da abrangência dos impactos diretos que a atividade pode gerar, pode ser (Tab.2):

Tabela 2 - Abrangência dos impactos ambientais e órgãos responsáveis pelo licenciamento (Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2009.)

Abrangência dos Impactos Diretos	Competência para licenciar
Dois ou mais estados	IBAMA
Dois ou mais municípios	Órgão Estadual de Meio Ambiente
Local	Órgão Municipal de Meio Ambiente

No caso da UFV de Petrolina, por haver um órgão ambiental municipal e o empreendimento estar totalmente planejado dentro da área municipal, o pedido de Licença Ambiental se deu diretamente à Agência Municipal do Meio Ambiente de Petrolina.

Faz-se necessário ainda chamar a atenção para algumas atividades de importância estratégica segundo a Resolução do CONAMA nº 237/97 (mesmo que as mesmas não se apliquem ao caso específico da UFV de Petrolina). Essas são licenciadas obrigatoriamente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (CONAMA, 1997):

- (i) aquelas cujos impactos diretos ultrapassem os limites do País;
- (ii) as localizadas ou desenvolvidas conjuntamente no Brasil e em país limítrofe;
- (iii) no mar territorial;
- (iv) na plataforma continental;

- (v) na zona econômica exclusiva;
- (vi) em terras indígenas;
- (vii) em unidades de conservação de domínio da União;
- (viii) as atividades envolvendo material radioativo; e
- (ix) os empreendimentos militares.

Estudos ambientais

Estudos Ambientais são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida (CONAMA, 1997). Dentre os diversos tipos de estudos ambientais destacam-se:

- (i) Estudo de Impacto Ambiental (EIA);
- (ii) Avaliação de Impacto Ambiental (AIA);
- (iii) Relatório de Impacto Ambiental (RIMA);
- (iv) Projeto Básico Ambiental (PBA);
- (v) Plano de Controle Ambiental (PCA);
- (vi) Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD);
- (vii) Relatório de Controle Ambiental (RCA);
- (viii) Análise de Risco;
- (ix) Relatório Ambiental Simplificado (RAS);
- (x) Termo de Referência (TR).

No caso específico da UFV Petrolina, para obtenção da LP, foi feito um Estudo Técnico Ambiental (ETA), mediante um Termo de Referência (TR) emitido pela Agência Municipal do Meio Ambiente de Petrolina, em que foram atendidas todas as condicionantes apontadas no estudo. Em paralelo à obtenção da LP, obteve-se a autorização da supressão vegetal, cujo bioma local é a caatinga (CHESF-DMA, 2012)

3.2 Autorização de gestores de unidades de conservação

Como mencionado anteriormente, no processo de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades que afetem unidade de conservação ou sua zona de amortecimento, deverá constar a autorização do órgão responsável por sua administração. A unidade afetada, mesmo que não pertencente ao Grupo de Proteção Integral, deverá ser beneficiária da compensação ambiental. Geralmente, o órgão ambiental responsável por emitir a licença, consulta os demais órgãos envolvidos em um ou outro tipo de conservação ambiental/cultural/patrimonial para a obtenção de sua anuência (MMA, 2009). Dentre os órgãos deliberativos estão:

- (i) Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (Lei N° 3924/61);
- (ii) Fundação Nacional do Índio – FUNAI (Lei N° 6001/73);
- (iii) Fundação Cultural Palmares (Lei N° 7668/88);
- (iv) Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS (Portaria N° 47/2006);
- (v) Secretaria do Patrimônio da União – SPU (Lei N° 9636/98)

Em relação UFV Petrolina, o único órgão de conservação relacionado ao empreendimento é o IPHAN devido à possível existência de sítio arqueológico no local. O acionamento do IPHAN não foi feito pela órgão ambiental local, como ocorre geralmente, ficando a CHESF responsável pelo contato. No momento, aguarda-se a anuência do IPHAN para a obtenção da LI.

Monitoramento e fiscalização

O monitoramento do processo de licenciamento ambiental tem por objetivo manter o controle permanente, a partir do momento em que se inicia a instalação do empreendimento licenciado. É um instrumento para avaliar se as previsões de impactos e as medidas de prevenção e controle sugeridas nos estudos ambientais mostram-se adequadas durante a implantação e operação do empreendimento. Essa avaliação permanente permite constatar ineficiências no sistema de controle adotado (previsões incorretas, falhas humanas ou ocorrências de eventos imprevistos), de forma que se possa promover, com agilidade, as correções necessárias.

Em se tratando da UFV Petrolina, esse monitoramento será feito pela Agência Municipal de Meio Ambiente de Petrolina (CHESF – DMA, 2012). Na ausência de uma agência municipal a incumbência passa a ser da CPRH.

4. PANORAMA DE CUSTOS DA UFV DE PETROLINA (FRAÇÃO 2,5MWP)

A partir de uma análise de propostas para a implantação da UFV de Petrolina foi possível verificar uma grande variação nos custos envolvidos em produtos e serviços oferecidos. Na Tabela abaixo (Tab.3), está apresentada a variação percentual dos preços dos produtos, dos serviços e do empreendimento geral.

Tabela 3 - Variação de preços de produtos e serviços ofertados por empresas no mercado nacional.

Variação percentual no preço do item	
Variação preço – produtos	35%
Variação preço – serviços	260%
Variação de preço - total	45%
Variação no preço do kWh instalado	
Mínimo	R\$ 4.561,59 (US\$ 1.998,07)
Máximo	R\$ 6.625,59 (US\$ 2.902,14)

A partir do valor total do empreendimento de 2,5MWp verificou-se propostas para os valores do kWp instalado de R\$ 4.561,59 (valor mínimo) a R\$ 6.625,59 (valor máximo), ou seja, uma variação de 45%. De acordo com a cotação do dólar americano em 22 de novembro de 2013 (R\$ 2,283), teríamos para o kWp instalado US\$ 1.998,07 e US\$ 2.902,14 respectivamente. Os valores citados são aderentes à Nota Técnica da Empresa de Pesquisa Energética (EPE/MME, 2012), que apresenta valores de custo do Wp instalado para diferentes empreendimentos, conforme a Tab. 4:

Tabela 4 - Custo de investimento em sistemas fotovoltaicos – referência internacional (Fonte: MME/EPE – Nota Técnica, 2012)

Potência	Painéis	Inversores	Montagem e Instalação	TOTAL (US\$/Wp)
Residencial (1 – 6kWp)	2,23	0,57	0,70	3,50
Residencial (7-10kWp)	2,02	0,50	0,63	3,15
Comercial (100kWp)	1,74	0,42	0,54	2,70
Industrial (≥ 1000 kWp)	1,60	0,30	0,48	2,38

A partir da análise das propostas apresentadas pelas empresas interessadas na implementação da planta fotovoltaica de Petrolina, os valores médios cotados estão apresentados na Tabela 5:

Tabela 5 – Custo de investimento em sistemas fotovoltaicos – cotação nacional

Potência	Painéis	Inversores	Montagem, instalação e comissionamento	TOTAL (US\$/Wp)
2.500 kWp	1,14	0,25	0,99	2,38

A partir de uma análise global, verifica-se uma variação nos custos individuais dos itens, porém o valor médio obtido de empresas que atuam no mercado nacional é exatamente o mesmo estimado internacionalmente pela EPE em sua nota técnica em 2012.

Os valores médios dos custos para a implementação da planta fotovoltaica de 2,5MWp de Petrolina, bem como o percentual de custo de diversos itens que compõem a UFV são apresentados na Fig. 4 com base em uma unidade de Wp.

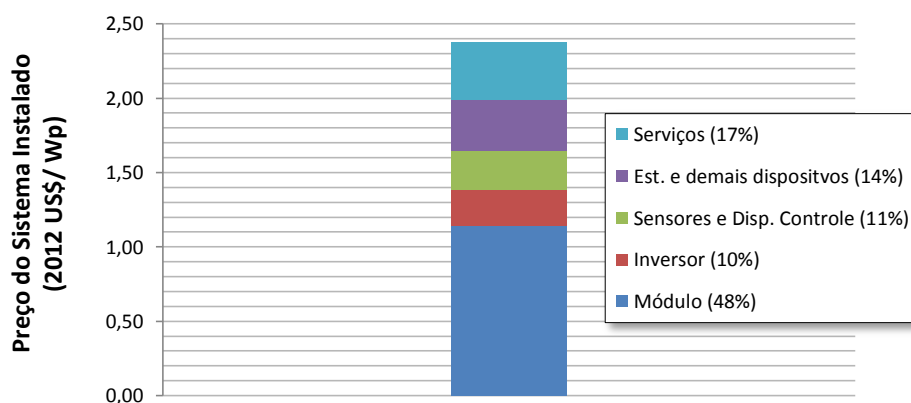


Figura 4- Custo médio para implantação da central fotovoltaica de Petrolina (US\$/Wp) com base no mercado nacional

Uma Estimativa dos custos da implantação de Centrais FV realizada pelo NREL (sistema instalado nos EUA - 2011) está apresentada na Fig. 5.

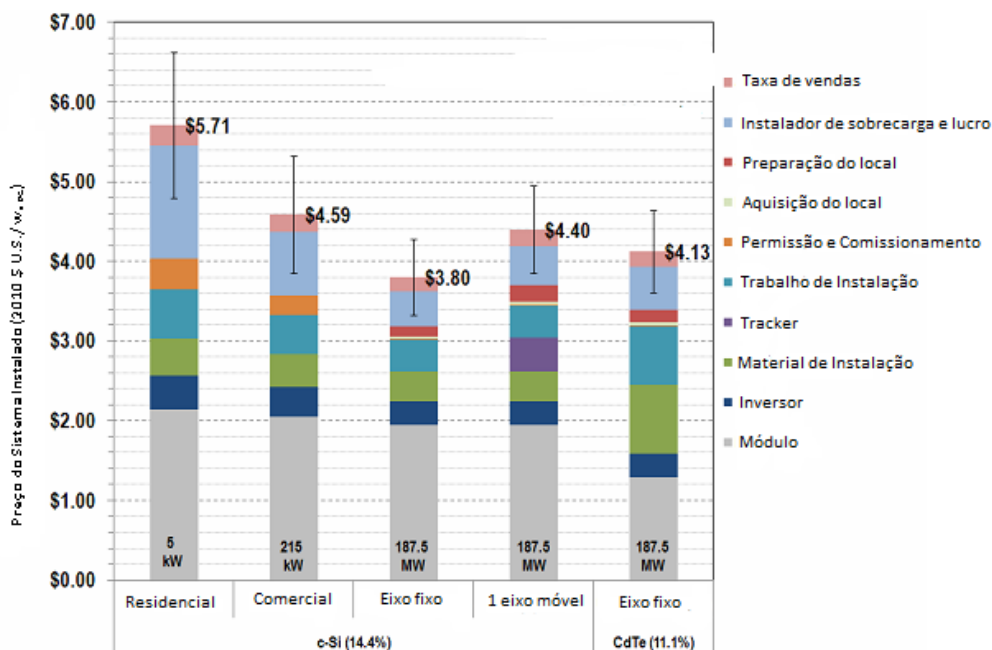


Figura 5 – Distribuição de preços de sistemas conectados à rede com base no mercado internacional. (Adaptada de Goodrich et al., 2011).

Verifica-se que o valor por Wp instalado apresentado na Fig. 5 é superior ao obtido com a cotação no mercado nacional. No entanto, percebe-se certa linearidade percentual nos custos de alguns elementos apresentados no gráfico da Fig. 5, em relação à cotação feita para a central de Petrolina, como pode ser vista na Tab.6:

Tabela 6 – Percental dos custos com os componentes de implementação de uma planta fotovoltaica (Fonte: Grupo FAE/UFPE e adaptação de Goodrich et al., 2011).

	Cotação Nacional	Cotação Internacional
Módulos	48%	50%
Inversores	10%	8%
Estrutura, dispositivos e sensores	25%	27%
Serviços	17%	15%

5. COMENTÁRIOS FINAIS

O presente artigo apresenta o status atual do projeto da UFV Petrolina, contemplando de forma resumida algumas questões técnicas, econômicas e ambientais consideradas relevantes. Neste escopo, observa-se que as questões referentes ao licenciamento do empreendimento mostraram-se relativamente complexas e demoradas, apesar do baixo impacto ambiental desta forma de geração ser bastante conhecido. No aspecto econômico, constatou-se que os preços médios fornecidos por empresas nacionais proponentes para a concorrência nacional da CHESF nº CN 1.90.2013.0890, para o fornecimento dos equipamentos e serviços para implantação da UFV Petrolina, estão de acordo com aqueles definidos pela EPE (EPE/MME, 2012) para o mercado nacional. Observa-se também que a distribuição percentual dos custos de materiais, serviços e outros, observada para a implantação da central de Petrolina está coerente com a esperada para o mercado internacional.

Agradecimentos

Os autores agradecem às instituições financiadoras CHESF/ANEEL, às instituições parceiras executoras do projeto - UFPE, UPE, CEPEL, FITEC, SECTEC e ao CNPq pela concessão das bolsas de pesquisa aos alunos de pós-graduação envolvidos no desenvolvimento desse P&D.

Reconhecimento às instituições que participam da implantação deste empreendimento:

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba
 SECTEC - Secretária de Ciência e Tecnologia - Governo do Estado de Pernambuco
 Prefeitura Municipal de Petrolina
 AMMA – Agência Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Petrolina
 IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

REFERÊNCIAS

- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Chamada N° 13/2011 – Projeto Estratégico: “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção de Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira.”. Brasília – DF, agosto de 2011.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 6, 2012.
- Tiba, C., Fraidenraich N., Lyra, F. J. M., Nogueira, A. M. de B., Gallegos, H. G. .Atlas Solarimetrico do Brasil. UFPE, CHESF, 2001.
- CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Departamento de Meio Ambiente. Estudo Técnico Ambiental – ETA. 2012.
- Congresso Nacional. Lei N° 6.938/81. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm > Acesso em 05 de outubro de 2013.
- Goodrich, A. C., Woodhouse. M., James, T. Solar PV Manufacturing Cost Model Group: Installed Solar PV System Prices. 2011.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Federal N° 237. Brasília, 1997.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais. Caderno de Licenciamento Ambiental. Brasília, 2009.
- MME – Ministério de Minas e Energia. EPE - Empresa de Pesquisas Energética. Nota Técnica. Disponível em < http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf > Acesso em 25 de julho de 2013.

TECHNICAL, LEGAL AND ENVIRONMENTAL APECTS OF THE PROJECT OF THE 3MW_p PV PLANT PETROLINA

Abstract. *In August 2011 , the Brazilian National Electric Energy Regulatory Agency (Aneel) issued a Request for Proposals for the implementation of Centralized PV Plants by Brazilian utilities, in the scope of a strategic research project. The project, called "Insertion of Solar Photovoltaic Generation in the Brazilian Energy Matrix", aims to foster the national development of products and services, the training of qualified personnel in the area of photovoltaics, as well as to propose regulatory mechanisms. In this context, the Hydroelectric Company of the São Francisco River (CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco), proposed the implantation of a 3 MW_p PV plant in the outskirts of the City of Petrolina, located in the State of Pernambuco, in the Northeast region of Brazil. In the same site, a solar thermal power plant (1 MWe) and a solar energy laboratory are also being built. This research laboratory for different types of solar systems, both thermal and photovoltaic, small, medium and large sized, will interact with the PV plant. The project presented by CHESF plans to install a conventional 2.5 MW_p PV plant (c-Si), along with other systems comprising 0.5 MW_p of modules of different materials and technologies, both with and without solar tracking, in order to compare all of these different technologies operating in real conditions in a tropical region. The 2.5 MW_p c-Si plant is expected to operate continuously and to provide references for the analysis of the technical and economic feasibility of such conventional PV power plants in Brazil, which includes the actual costs (US\$ / MWh) and the local availability of devices and services. It is also intended to be used as a personnel training center for the design, installation and maintenance of PV systems. This article describes the project of the "Photovoltaic Solar Platform Petrolina", showing both activities that are planned and those already carried out. The basic design of the 2.5 MW_p plant is addressed, together with a set of detailed information on the legal and environmental issues related to the installation of these plants in Brazil. Finally, a preliminary analysis of the costs of the plant is presented, specifying the prices of different items in the domestic market.*

Key words: PV Power Plant Petrolina; licensing of PV Plants in Brazil; costs of grid-connected PV systems in Brazil.