

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA ILHA DE FERNANDO DE NORONHA

José Aderaldo Lopes – jose.lopes@celpe.com.br

Ivo Luiz Soares Junior – ivo.Soares@celpe.com.br

Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Energia
Companhia Energética de Pernambuco, Departamentos de Engenharia Corporativo e de Planejamento de Investimento

José Bione de Melo Filho – jbionef@bol.com.br

Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Energia
Companhia Hidrelétrica do São Francisco, Departamentos de Eficiência Energética

Resumo. O trabalho apresenta uma análise de viabilidade econômica da implantação de geração distribuída, utilizando energia solar fotovoltaica na Ilha de Fernando de Noronha (IFN). Inicialmente descreve-se sobre o fornecimento de energia a IFN, sendo em seguida definidas as premissas para realização do estudo. Na sequência a análise é realizada considerando a economia com a redução do uso de óleo combustível na Usina Tubarão, termelétrica de propriedade da Companhia Energética de Pernambuco – CELPE. O estudo apresenta também os benefícios técnicos, financeiros e ambientais para a concessionária e finalizando são apresentados os resultados obtidos e as conclusões.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica, Ilha de Fernando de Noronha, Geração Distribuída, Viabilidade Econômica.

1. INTRODUÇÃO

A geração distribuída (GD) é uma das tecnologias adotadas para redes elétricas inteligentes, considera-se GD, a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários ou autorizados, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição.

Os maiores atrativos da geração distribuída estão na possibilidade de redução dos custos da transmissão, da distribuição e das perdas de energia no transporte, incluídas na tarifa de energia elétrica, em sistemas elétricos onde as distâncias entre o ponto de geração e o de consumo são muito grandes. Com a GD tem-se também a possibilidade da utilização de fontes renováveis com redução de gases de efeito estufa e até redução no preço final para o consumidor.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2012) estabeleceu por meio da Resolução Normativa N^o 482, as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, além de outras regras para a relação entre a concessionária e o consumidor/gerador acessante.

Segundo Villalva e Gazoli (2012), a geração de energia elétrica através da conversão direta da luz solar em eletricidade é uma alternativa para redução de impactos ambientais. Esta conversão, conhecida como geração solar fotovoltaica, pode ser implantada através de sistemas de pequeno porte distribuídos ou através de grandes usinas. Com a geração através de sistemas de pequeno porte distribuídos, cria-se a possibilidade de utilizar áreas urbanizadas, pequenos terrenos e telhados de edificações já existentes para a geração de energia elétrica.

Nos sistemas de geração distribuída, um aspecto importante que se deve ressaltar é o fato de serem instalados para operar em paralelo com a rede de distribuição do sistema convencional de fornecimento. Isto é, o cliente consumirá eletricidade de ambas as fontes simultaneamente, e, se o consumo de energia dele for menor do que a energia gerada pelo sistema de geração distribuída, o excedente de energia gerada poderá ser injetado na rede de distribuição.

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise de viabilidade econômica da implantação de minigeração distribuída, utilizando energia solar fotovoltaica na ilha de Fernando de Noronha. Inicialmente descreve-se sobre o fornecimento de energia a Ilha de Fernando de Noronha - IFN, sendo em seguida definidas as premissas para realização do estudo. Na sequência a análise é realizada considerando a economia com a redução do uso de óleo combustível na Usina Tubarão, termelétrica de propriedade da Companhia Energética de Pernambuco – CELPE. O estudo apresenta também os benefícios técnicos, financeiros e ambientais para a concessionária. Finalizando são apresentados os resultados obtidos e as conclusões.

2. FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA A ILHA DE FERNANDO DE NORONHA

O arquipélago de Fernando de Noronha possui uma área total aproximada de 26km², sendo que a ilha de Fernando de Noronha tem extensão de 17km² com população de cerca de 2720 habitantes. É um Distrito Estadual de Pernambuco e se localiza a 545km de Recife-PE.

O sistema elétrico de Fernando de Noronha é isolado do Sistema Interligado Nacional, sendo abastecido pela Usina Termelétrica Tubarão. O diagrama unifilar deste sistema é apresentado na Fig. 1.

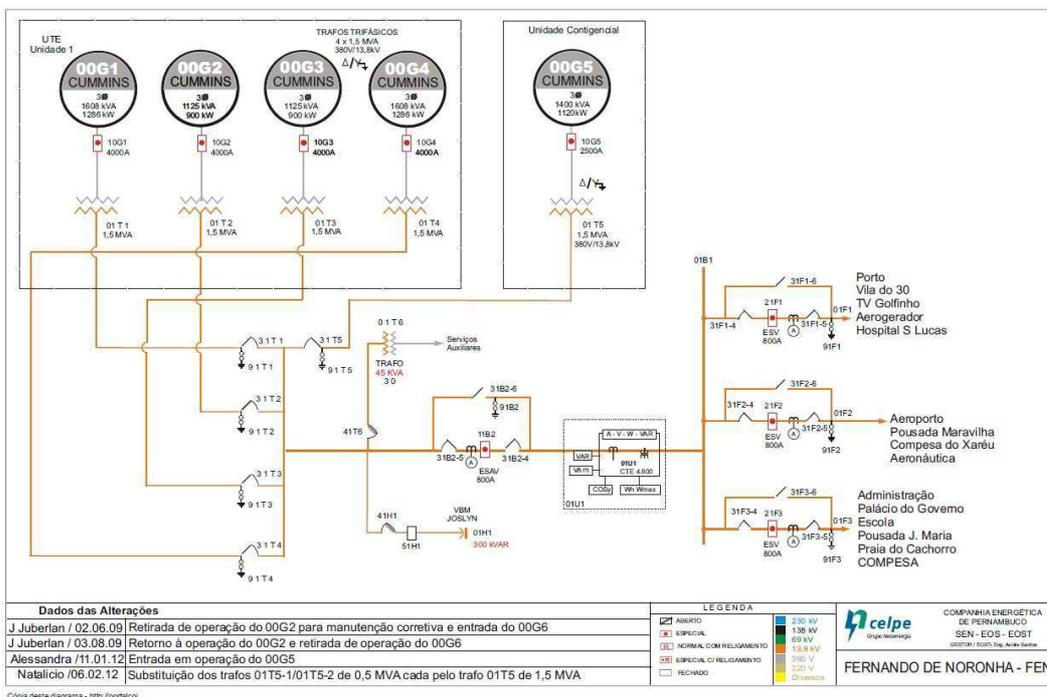


Figura 1 - Diagrama Unifilar do sistema elétrico de Fernando de Noronha
Fonte: Celpe

A seguir apresentam-se as principais características da Usina Termelétrica Tubarão, da Subestação e dos Alimentadores do sistema elétrico de distribuição da IFN, de acordo com CPqD/CELPE (2012).

2.1 Usina Tubarão

A Usina Termelétrica Tubarão é composta por cinco geradores, conforme mostrado na Tab. 1. Na operação normal são utilizados quatro geradores, realizando rodízio com intervalo de oito em oito horas. O quinto gerador é utilizado como reserva fria.

O consumo médio diário de óleo diesel da Usina Tubarão é aproximadamente 11 mil litros, atualmente, existem tanques de armazenamento de combustível para uma autonomia média de 19 dias. Estes tanques são abastecidos em períodos de 10 a 15 dias com aproximadamente 170 mil litros de óleo diesel.

A geração é realizada na tensão de 380V e cada gerador está conectado a um transformador elevador a seco, 380V/13,8kV.

Tabela 1 - Unidades geradoras da Usina Termelétrica Tubarão

Descrição	Potência Aparente (kVA)	Potência Ativa (kW)	Início da operação	Modelo	Fabricante
00G1	1.608,00	1.286,00	08/03/2008	KTA50	Cummins
00G2	1.125,00	900,00	15/07/2007	QST30	Cummins
00G3	1.125,00	900,00	29/07/2007	QST30	Cummins
00G4	1.608,00	1.286,00	31/07/2007	KTA50	Cummins
00G5 - Unidade Geradora de Contingência	1.400,00	1.120,00	01/02/2012	KTA50	Cummins

2.2 Subestação Elevatória

A energia gerada na Usina Tubarão em 380V é convertida para 13,8kV pelos transformadores a seco, 380V/13,8kV - 1,5MVA. A Fig. 2 mostra uma vista da subestação elevatória da Usina Tubarão.

A SE é composta por cinco transformadores a seco que ficam na área interna, próximo aos geradores, arranjo em barra simples, com recurso de bypass, um disjuntor geral, um banco de capacitores de 300kvar, três religadores, um conjunto de medição e serviços auxiliares. A operação dos religadores pode ser realizada remotamente pelo COI ou localmente pelos operadores da Usina.



Figura 2 – Vista da Subestação elevatória da Usina Tubarão
Fonte: Celpe

Cabe ressaltar que:

- devido à ocorrência de instabilidade nos geradores com religamento automático do montante total de carga, os religamentos automáticos estão bloqueados;
- o banco de capacitor é chaveado automaticamente, sendo o controle por compensação de reativo;
- a supervisão da subestação é realizada no continente utilizando o software SCADA Action View.

2.3 Alimentadores

O sistema de distribuição da IFN é atendido por três alimentadores, com extensão total de 14,32km de rede de MT e 20,45km de rede de BT, distribuídos conforme Tab. 2.

Tabela 2 - Dados da rede de distribuição da IFN

Descrição		Quantidade (km)	Tipo de Cabo
Extensão de Rede	FEN 01F1	5,29	Cobre 25mm ²
	FEN 01F2	4,95	Cobre 16mm ²
	FEN 01F3	4,08	Cobre 16mm ²
	Rede BT	20,45 (30% de rede Isolada)	

Os alimentadores FEN-01F1 e FEN-01F3 atendem o maior centro de carga da ilha e possuem três interligações entre eles, sendo duas chaves facas e uma chave fusível. Atualmente, o restabelecimento do serviço não é realizado com o montante total de carga por precaução a possível problema de instabilidade na Usina. O procedimento utilizado é seccionar o alimentador, energizar metade dele e posteriormente energizar a outra metade. Ressalta-se que dentro do projeto de P&D rede elétrica inteligente – REI para IFN, três dessas chaves serão substituídas por religadores inteligentes e estudos estão sendo realizados visando verificar a possibilidade de auto-reconfiguração do sistema.

Já para o alimentador FEN-01F2, como a carga é menor, tem sido energizado com a carga total. No projeto REI para esse alimentador está previsto a instalação de um sinalizador de falta.

No total, são 39(trinta e nove) transformadores de distribuição, sendo 30(trinta) da CELPE e 9(nove) particulares.

3. PREMISSAS ADOTADAS

Para elaboração do estudo de viabilidade econômica foram adotadas as seguintes premissas:

- implantação de projetos de minigeração distribuída com duas centrais, uma de 400kWp e outra de 500kWp, num total de 900kWp;
- análise da viabilidade do projeto considerando o prazo estimado de vida útil dos módulos solar fotovoltaico de 20 anos;
- suprimento com energia solar de 40% a 50% da demanda máxima da ilha;
- fator de capacidade de 0,20 (20%);
- gasto de 0,286 litro de óleo combustível por kWh de energia gerado;
- preço do óleo combustível (B5) de R\$ 2,54/litro (referência setembro/13);
- gasto mensal de, aproximadamente, 330 mil litros de óleo combustível;
- preço do transporte do óleo combustível de R\$ 1,54/litro, incluindo o transporte terrestre do porto de Suape para o porto do Recife, o transporte marítimo até o porto de Noronha e a descarga no porto de Noronha para os tanques da Usina Tubarão (referência setembro/13);
- Taxa de atratividade do projeto de 11,36% igual ao WACC da CELPE no 3º ciclo de revisão tarifaria;
- análise realizada em base anual;
- Potencial de geração solar fotovoltaico em Fernando de Noronha, conforme Tab. 3, informações do Sistema Nacional de Dados Ambientais – SINDA, da estação meteorológica localizada na Ilha, conforme CPqD/CELPE (2013).

Tabela 3 - Potencial de geração solar fotovoltaica da IFN

MÊS	2010		2011	
	Média de Radiação ((MJ/m ²)/Dia)	Média de Radiação ((kWh/m ²)/Dia)	Média de Radiação ((MJ/m ²)/Dia)	Média de Radiação ((kWh/m ²)/Dia)
Janeiro	18,74	5,20	18,93	5,26
Fevereiro	21,18	5,88	20,34	5,65
Março	23,22	6,45	20,67	5,74
Abril	18,38	5,10	16,51	4,59
Mai	20,72	5,76	18,18	5,05
Junho	19,04	5,29	18,91	5,25
Julho	17,00	4,72	18,38	5,1
Agosto	20,27	5,63	20,58	5,72
Setembro	23,04	6,40	22,84	6,34
Outubro	25,73	7,15	24,85	6,9
Novembro	23,38	6,50	22,54	6,26
Dezembro	20,35	5,65	21,06	5,85
MEDIA	20,92	5,81	20,32	5,64

4. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Neste tópico faz-se a análise da viabilidade econômica do projeto. Ressalta-se que todos os valores foram ajustados as condições de implantação de empreendimentos na IFN.

4.1 Investimento Previsto - Capex

Para definição dos investimentos considerou-se os estudos desenvolvidos no âmbito do projeto estratégico de P&D ANEEL, Programa Brasileiro de Redes Inteligente, que foram publicados em livro, Kagan, et al (2013). Para implantação das duas centrais, com contratação em regime turn-key estimou-se o valor global de R\$ 10.800.000,00(dez milhões e oitocentos mil reais), que equivale a R\$ 12.000,00/kWp (referência setembro/13).

4.2 Custo de Operação e Manutenção das Usinas - Opex

Estima-se os custos de operação e manutenção das usinas em (2%) do Investimento: R\$ 216.000,00 (duzentos e dezesseis mil reais)/ano.

Conforme relatório da ABINEE (2012) estimou-se os custos de substituição dos inversores, a cada 10 anos em R\$ 1.050.000,00 (hum milhão e cinquenta mil reais).

4.3 Receitas Estimadas

Considerando o fator de capacidade de 0,20 e a potência de 900kWp, tem-se um geração estimada de energia por ano de: $900 \times 0,2 \times 24 \times 365 = 1.576.800 \text{ kWh/ano}$. Assim considerando-se que para cada kWh de energia gerada são consumidos 0,286 litros de óleo, tem-se uma redução de 451.000 litros. Portanto tem-se:

Receita estimada com a redução do consumo de combustível: R\$ 1.145.540,00/ano.

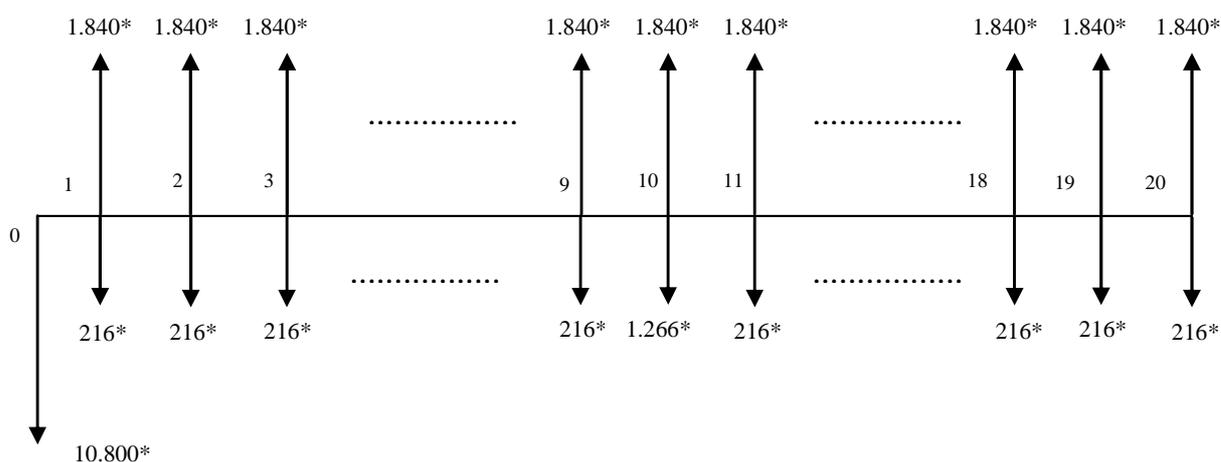
Receita estimada com a redução de transporte de combustível: R\$ 694.540,00/ano.

Assim sendo tem-se uma receita média estimada de 1.840.080,00 (hum milhão, oitocentos e quarenta mil e oitenta reais).

4.4 Avaliação do Retorno do Investimento do Projeto

A Fig. 3 mostra o fluxo de caixa do projeto para o período de 20(vinte) anos, utilizado para avaliação da viabilidade econômica.

A viabilidade econômica foi analisada considerando os métodos: payback simples, valor presente líquido(VPL) e taxa interna de retorno(TIR).



NOTA: (*) valores x 1000

Figura 3 - Fluxo de caixa para a avaliação do investimento.

Fonte: Elaborada pelos autores

A Tab. 4 mostra os resultados das simulações para o cálculo do Payback, valor presente líquido (VPL) e da taxa interna de retorno(TIR) para o projeto.

Tabela 4 - Resultados das simulações: Payback, VPL e TIR

t	Inv/Custo	Receita	LÍQUIDO (L)	Fluxo de Caixa (Fc)	Valor líquido	
0	-10.800.000,00	0,00	-10.800.000,00	-10.800.000,00	-10.800.000,00	
1	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00	-9.175.920,00	
2	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00	-7.551.840,00	
3	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00	-5.927.760,00	
4	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00	-4.303.680,00	
5	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00	-2.679.600,00	
6	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00	-1.055.520,00	
7	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00	568.560,00	Payback
8	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
9	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
10	-1.266.000,00	1.840.080,00	574.080,00	574.080,00		
11	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
12	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
13	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
14	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
15	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
16	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
17	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
18	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
19	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
20	-216.000,00	1.840.080,00	1.624.080,00	1.624.080,00		
Fórmula do VPL		Resultado VPL		Formula TIR	Resultado VPL	
VPL(11,36%;L0:L20)		R\$ 1.325.803,84		TIR(Fc0:Fc20)	13,47%	

5. RESULTADOS OBTIDOS

Considerando os resultados apresentados na Tab. 4, o projeto apresenta-se viável, a partir de uma análise de payback simples, o retorno acontece com aproximadamente um terço (sete anos) do período de avaliação do projeto.

Em uma análise mais apurada, utilizando o valor presente líquido, considerando uma taxa de atratividade mínima de 11,36%, tem-se um valor positivo do retorno de investimento aplicado ao projeto, valor este de R\$ 1.325.803,84, com uma taxa interna de retorno (TIR) de 13,47%.

6. BENEFÍCIOS DO PROJETO

6.1 Benefícios Técnicos

Tem-se os seguintes benefícios técnicos com os projetos:

- redução da manutenção dos geradores diesel, em função da redução do tempo de operação dos mesmos;
- aumento da confiabilidade geral do suprimento a Ilha de Fernando de Noronha;
- aumento da disponibilidade das equipes de operação e manutenção, em função de redução das horas trabalhadas na logística de manuseio do combustível;
- melhoria no controle da tensão e do carregamento do sistema de distribuição da Ilha de Fernando de Noronha.

6.2 Benefícios Financeiros

Os benefícios financeiros dos projetos são os seguintes:

- redução dos custos de compra de óleo combustível;
- redução dos custos de transporte de óleo combustível;
- ganhos com a venda de crédito de carbono;
- ganho de imagem com a utilização de energia limpa e renovável.

6.3 Benefícios ambientais

Com os projetos tem-se os seguintes benefícios ambientais:

- redução da emissão dos gases de efeito estufa;
- redução da queima de aproximadamente, 451 mil litros de óleo combustível por ano.
- redução do risco de acidente ambiental decorrente do transporte e manuseio do óleo combustível;
- possibilidade de emissão de crédito de carbono.

7. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos tem-se a viabilidade de implantação dos projetos das centrais de minigeração, utilizando energia solar fotovoltaica, em função da possibilidade concreta de ganhos financeiros advindo da redução do consumo e manuseio do óleo combustível, como também pela implantação de uma tecnologia de geração de energia amplamente dominada com simplicidade na operação e manutenção do sistema e com um número crescente de fornecedores para os componentes das centrais.

Ressaltam-se ainda os benefícios adicionais advindo do projeto.

- a possibilidade de emissão de créditos de carbono, com ganhos pela venda desses créditos;
- ganho com a redução da emissão de gases de efeitos estufa;
- ganho para imagem da empresa pela utilização de uma energia limpa e renovável;
- ganho com a redução dos riscos de acidentes ambientais pelo transporte marítimo do óleo do continente para Ilha de Fernando de Noronha.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Companhia Energética de Pernambuco – CELPE e à Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, pelo suporte financeiro ao trabalho, através do programa de P&D CELPE/ANEEL, projeto de Redes Elétricas Inteligentes – REI. Agradecem também a Universidade de Pernambuco - UPE pela oportunidade de realização do mestrado em tecnologia da Energia.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Resolução normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012;
- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE, Relatório. Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira, 06/2012.
- Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações – CPqD e Companhia Energética de Pernambuco – CELPE, Relatório Técnico do projeto REI, PD.33.11.23A.0008A/RT-05-AA. Análise de recursos de automação à rede de distribuição e definição da topologia, 06/2012;
- Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações – CPqD e Companhia Energética de Pernambuco – CELPE, Relatório Técnico do projeto REI, PD.33.11.23A.0008A/RT-28-AA. Levantamento dos fornecedores e do potencial de microgeração em Fernando de Noronha, 02/2013;
- Kagan N, et al, Redes Elétricas Inteligentes no Brasil: Análise de Custos e Benefícios de um Plano Nacional de Implantação, Synergia, Rio de Janeiro, 2013;
- Villalva M. G. e J. R. Gazoli. Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações, Érica, São Paulo, 2012.

ECONOMIC FEASIBILITY ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF DISTRIBUTED GENERATION USING SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY ON THE FERNANDO DE NORONHA ISLAND

Abstract. This paper presents an economic feasibility analysis for implementation of distributed generation using solar photovoltaic energy on the Fernando de Noronha Island (IFN). Initially, describes energy supply on IFN and the premises to conduct the study. Following, the analysis is performed considering the economy obtained by reducing the use of fuel oil in Tubarão power plant, thermal unit owned by the Pernambuco Energy utility - CELPE. Finally, the study also presents the technical, financial and environmental benefits for the utility, the results obtained and the conclusions.

Key words: Photovoltaic Solar Energy, Fernando de Noronha Island, Distributed Generation, Economic Feasibility