

PROJETO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA EM JARDIM GRAMACHO, EM DUQUE DE CAXIAS - RJ

PROJECT FOR IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM CONNECTED TO THE ELECTRICAL NETWORK IN JARDIM GRAMACHO - DUQUE DE CAXIAS - RJ

AZEVEDO JR, Geraldo Motta ¹

SILVA, Antônio José Dias da ²

MELO, Marcos Henrique de Lima ³

BOTELHO, Renato de Souza ⁴

Resumo: Este trabalho apresenta um modelo de projeto para implementação de um sistema fotovoltaico (SF) conectado à uma rede elétrica em uma área rural do município de Jardim Gramacho, em Duque de Caxias, Região Metropolitana do Rio de Janeiro, local onde se localizava o antigo aterro sanitário de Jardim Gramacho, hoje desativado, visando a melhoria do fornecimento de energia elétrica no local e possibilitando a geração de energia limpa. Além disso, é apresentada uma análise de viabilidade teórica e as variáveis projetadas. Ao longo do estudo é feito o dimensionamento dos principais componentes do sistema fotovoltaico, levando em conta considerações técnicas e econômicas. Dessa forma, realizada a projeção dos balanços e demonstrativos de resultados anuais e, com os valores projetados, é realizada uma análise sobre os valores obtidos.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico, Energia Solar, Energia Elétrica, Energias Renováveis.

Abstract: This work presents a project model for the implementation of a photovoltaic (SF) system connected to an electric grid in a rural area of the municipality of Jardim Gramacho, Duque de Caxias, Metropolitan Region of Rio de Janeiro, where the old sanitary landfill of Jardim Gramacho, now deactivated, aiming at the improvement of the electric power supply in the place and enabling the generation of clean energy. In addition, a theoretical feasibility analysis and projected variables are presented. Throughout the study, the main components of the photovoltaic system are dimensioned, considering technical and economic considerations. In this way, the project of the balance sheets and annual results statements is carried out and, with the projected values, an analysis is performed on the values obtained.

Keywords: Photovoltaic Systems, Solar Energy, Electric Energy, Renewable Energy.

¹ Doutor em Engenharia Elétrica – Universidade Santa Úrsula / UNISUAM – geraldomotta@unisuam.edu.br

² Mestre em Sistemas de Informação – Universidade Santa Úrsula / UNISUAM – antoniojoseds@gmail.com

³ Graduado em Engenharia Elétrica – UNISUAM – marcos.delmelo@gmail.com

⁴ Graduado em Engenharia Elétrica – UNISUAM – renatobotelho1987@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A maioria das atividades dependem de algum tipo de energia, sendo a energia elétrica de suma importância para o desenvolvimento tecnológico e econômico, considerada atualmente o quarto fator mundial de produção. (Sumathi *et al.*; 2015)

Dessa forma, o aumento de consumo de energia tem gerado problemas de demanda/oferta, pois além da escassez de oferta, pode interferir nos recursos naturais finitos para novas gerações, fazendo com que haja necessidades de investimentos em geração de energia renovável com baixo impacto ambiental, como a energia solar e a eólica (Galdino, M. A. E. *et al.*; 2004).

Apesar de a geração hidrelétrica ser uma energia renovável e responsável por cerca de 61,3% da geração de energia elétrica no Brasil, esta vem causando grandes impactos: devido à área que ocupa, alagamentos que cria, além da alteração na vegetação local (Pacheco, 2006). Outro fator importante a ser considerado é a distância entre as centrais geradoras de energia e os grandes centros de consumo, os quais necessitam de torres de transmissão, para que essa energia seja recebida de forma adequada, porém acarretando perdas devido às longas distâncias trafegadas (Hinrichs, 2009).

Dessa forma, cada vez mais a geração de energia elétrica está migrando para a forma distribuída (micro e mini geração) próximas aos centros de consumo, diminuindo assim, as distâncias entre gerador e consumidor, propiciando menor perda de energia e conseqüentemente maior economia com linhas e torres de transmissão, além de aumentar o fator de potência e melhorando a curva de carga, visando à eficiência energética (Hinrichs, 2009). Assim fontes de energia alternativa e renovável voltadas para o desenvolvimento sustentável têm sido desenvolvidas e utilizadas como combustível na produção de calor e de eletricidade, como a energia eólica, solar, da biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs. (Pacheco, 2006)

A geração distribuída é dividida entre micro geração, ou seja, potência instalada até 100 kW, e mini geração, com potência instalada entre 100 kW e 1 MW, e vem sendo cada vez mais explorada no Brasil, principalmente a partir de 17 de Abril de 2012, quando a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) vigorou a Resolução Normativa nº 482/2012, que passou a permitir ao consumidor brasileiro gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis e ainda fornecer a geração excedente para a rede elétrica da concessionária, em troca de créditos em energia.

Em 24 de Novembro de 2015, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687/2015, que teve o objetivo de reduzir custos e tempo de conexão da micro ou mini geração com a rede elétrica. Além dessas, outra forma de incentivo foi o financiamento oferecido por alguns bancos públicos para a micro geração com taxas de juros equivalentes às do financiamento imobiliário, tanto para

pessoa física como jurídica. Cada vez mais essas mudanças estão favorecendo o investimento nessa tecnologia.

A viabilidade econômica da fonte solar deve ser analisada sob as vertentes da geração centralizada e a da geração distribuída. Na primeira, a usina solar tem maior escala e está conectada, em geral, a uma linha de transmissão que leva a energia elétrica até a rede da distribuidora e, assim, alcança o consumidor. Já, na segunda vertente, a usina está conectada diretamente à rede da distribuidora, onde se dá o consumo; sendo o caso da micro geração e da mini geração distribuídas. (Silva, 2015)

Dentre as formas de energia elétrica renováveis, a energia solar fotovoltaica tem se destacado ao redor do mundo, e apesar de ter uma participação extremamente pequena na matriz energética brasileira, ela vem sendo utilizada tanto em grandes usinas, como na geração distribuída e na iluminação pública. Cada vez mais residências e indústrias estão adotando micro geração fotovoltaica, principalmente após a publicação das resoluções da ANEEL e pelo alto potencial de irradiação solar que o Brasil possui, o que favorece ainda mais a sua aplicação (CRESESB-CEPEL).

Embora nosso país seja favorecido pelas irradiações solares, dados obtidos através do programa SunData (programa que se destina ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional – CRESESB-CEPEL), apresentou dados favoráveis a irradiação solar na região de Jardim Gramacho quando comparado a três áreas distintas. Além disso, Jardim Gramacho foi escolhido por possuir uma população de aproximadamente 40.000 pessoas, sendo que cerca de 50% depende direta ou indiretamente da atividade econômica advinda da catação de lixo, segundo o Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas. Em geral, parte significativa dessa população ainda não possui saneamento básico, água ou energia elétrica.

Este projeto visa fornecer uma visão ampla acerca das características do processo da geração de energia solar fotovoltaica, bem como sua aplicação na possível Usina Solar de Jardim Gramacho, e o desenvolvimento de uma usina fotovoltaica que atenda à demanda de consumo de energia da região. Além disso, apresenta-se uma análise de viabilidade teórica e as variáveis projetadas. Ao longo do estudo é feito o dimensionamento dos principais componentes do sistema fotovoltaico, levando-se em conta considerações técnicas e econômicas, com a projeção dos balanços e demonstrativos de resultados anuais e, com os valores projetados, foi realizada uma análise sobre os valores obtidos.

2. ENERGIA SOLAR

Energia solar é a energia proveniente da luz e do calor do Sol que é aproveitada e utilizada por meio de diferentes tecnologias, principalmente como o aquecimento solar, energia solar fotovoltaica, energia heliotérmica e arquitetura solar, sendo considerada uma fonte de energia renovável e sustentável (Geenpro, 2004).

Segundo Ruther (2004), no efeito fotovoltaico as células solares convertem diretamente a energia do sol em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não-poluente e renovável. Diariamente incide sobre a superfície da terra mais energia vinda do sol do que a demanda total de todos os habitantes de nosso planeta em todo um ano. Dentre as diversas aplicações da energia solar, a geração direta de eletricidade através do efeito fotovoltaico se apresenta como uma das mais elegantes formas de gerar potência elétrica.

Estima-se que o Sol contém uma reserva de hidrogênio suficiente para alimentar muitas reações nucleares por mais de 5 bilhões de anos. As reações nucleares geralmente acontecem pela combinação dos átomos de hidrogênio que mudam para átomos de hélio. Todo processo leva a uma liberação de energia, que é modificada na região central do Sol até a fotosfera, local mais superficial, então assim irradiando em todos os lados, chegando à Terra através de fótons (CRESESB, 2014).

Já Galdini *et al.* (2004) informa que após a descoberta do efeito fotovoltaico, pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, em 1839, o Sol foi e ainda é visto como uma das mais promissoras fontes energéticas do planeta. Essa energia provida pelo Sol pode ser dividida em duas formas: energia solar passiva e energia solar ativa. A energia solar passiva refere-se ao aproveitamento da luminosidade e do calor solar para economia de energia elétrica. É muito utilizada em edifícios, casas e indústrias através de vidros e janelas posicionados estrategicamente de forma a receber diretamente os raios solares, fazendo com que as lâmpadas não precisem ser ligadas tão cedo, aproveitando-se ao máximo a luminosidade durante o dia.

A viabilidade econômica da fonte solar deve ser analisada sob as vertentes da geração centralizada e da geração distribuída. Na primeira, a usina solar tem maior escala e está conectada, em geral, a uma linha de transmissão que leva a energia elétrica até a rede da distribuidora e, assim, alcança o consumidor. Já na segunda vertente, a usina está conectada diretamente à rede da distribuidora, onde se dá o consumo; é o caso da micro geração e da mini geração distribuídas (Silva, 2015).

CRESESB (2014) informa que a energia solar térmica utiliza os chamados Coletores Solares para o aquecimento, tanto de líquidos ou de gases, e é muito utilizada em residências para aquecimento de água para o chuveiro, aquecimento em piscinas, além de diversas aplicações

industriais. Ao atingir a superfície dos Coletores Solares, parte da radiação proveniente do Sol é absorvida, aquecendo o fluido que circula na parte interna dos coletores e na tubulação, e então é transportado através da circulação natural até um reservatório térmico, conhecido como boiler, geralmente composto de inox ou polipropileno, onde é armazenado para ser utilizado no período noturno, por exemplo, onde não há incidência solar.

A energia solar fotovoltaica é proveniente do Efeito Fotovoltaico, ou seja, a conversão direta da luz solar em eletricidade, fenômeno observado pela primeira vez em 1839, pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel ao iluminar uma solução ácida, onde foi observado o surgimento de uma diferença de potencial entre eletrodos imersos na solução. Porém esse efeito só foi confirmado em 1887 por Heinrich Hertz. (CRESESB, 2014)

O efeito fotovoltaico implica no aparecimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção de luz. Essa célula é atualmente mais conhecida como célula fotovoltaica, formada por um material semicondutor. (CRESESB, 2014). A “diferença de potencial” surge devido à formação de pares elétron-lacuna dentro do material. Os elétrons foto gerados são movidos para o material N (terminal negativo) e as lacunas em direção ao terminal P (terminal positivo). Esses elétrons circulam pelo circuito externo e se recombinam com as lacunas.

O potencial de geração de energia elétrica depende de diversos fatores, e possui influência de alguns tipos de perdas: por reflexão e sombreamento dos contatos frontais, perdas por energia insuficiente ou excedente nos fótons, perdas por recombinação de elétrons, e perdas por resistências em série e paralelo entre os contatos metálicos. Porém um dos mais importantes fatores que determinam o potencial de geração de energia elétrica é a irradiação solar no local (Demonti, 2003).

2.1. Estudo de Caso

Esse estudo de caso foi realizado na região de Jardim Gramacho, em Duque de Caxias – RJ, Brasil, com o objetivo de implementação de uma usina de placas solares, visando atender a demanda de energia elétrica da população adstrita ao aterro sanitário. Sendo assim, torna-se necessário a implementação de um sistema de geração de energia limpa e sustentável utilizando placas solares, também conhecida como parque solar, que é um grande sistema fotovoltaico projetado para a produção e venda de energia elétrica. As usinas de energia solar se diferenciam dos sistemas fotovoltaicos instalados em casas e indústrias, pois elas fornecem energia em alta tensão para fins de distribuição e não para o autoconsumo.

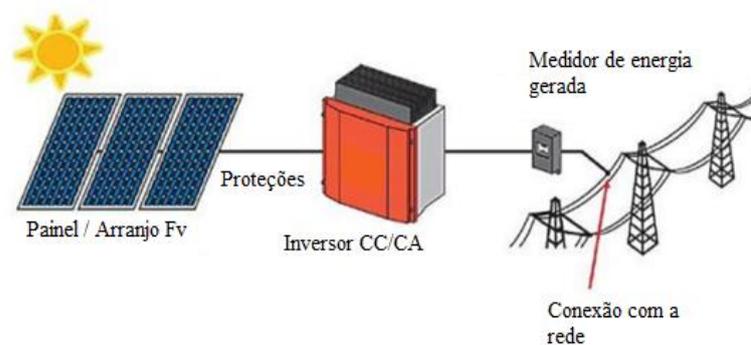
A produção de energia da usina de energia solar vem dos painéis fotovoltaicos que convertem a energia do sol em energia elétrica para ser vendida para a rede. A maioria das usinas de energia solar no mundo são construídas sobre o solo. Elas são na sua maioria fixas, mas também podem ser construídas com os chamados “trackers”, que são seguidores solares que acompanham o

movimento do sol. Embora as usinas montadas em sistema de rastreamento aumentam a produção de energia elétrica, também aumentam o custo de operação e manutenção da usina solar (Pinho e Galdino, 2014).

Segundo Pinho e Galdino (2014), os Sistemas Fotovoltaicos (SF) classificam-se quanto à interligação com a rede e a configuração do sistema. A utilização de cada uma dessas opções vai depender da disponibilidade de recursos energéticos e/ou da aplicação. Quanto a configuração, os sistemas possuem duas classificações: puros ou híbridos. Além disso, esses sistemas podem ser agrupados em sistemas conectados à rede elétrica ou representarem sistemas isolados. Aqueles que utilizam o gerador fotovoltaico como a única fonte de geração de energia elétrica são os sistemas puros. Já aqueles que realizam uma associação do gerador fotovoltaico com outros tipos de geradores são os isolados. Como exemplos, as turbinas eólicas, o gerador Diesel e módulos fotovoltaicos. Estes sistemas precisam de algum tipo de controle capaz de integrar os vários geradores, por serem mais complexos, otimizando assim a operação para o usuário.

Neste trabalho adotou-se a utilização de sistemas de geração de energia solar interligados à rede elétrica, conforme é mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama do Projeto



Fonte: Próprio autor

3. ASPECTOS REGULATÓRIOS

Segundo Teixeira (2015), nenhum sistema pode ser utilizado no país sem que esteja aprovado. Além disso, os equipamentos utilizados necessitam que sejam rotulados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) incluindo: módulos fotovoltaicos, inversores, controladores de carga, baterias e pilhas. Tal estudo levanta alguns avanços significativos que ocorreram na normatização brasileira, pela criação das seguintes resoluções e normas:

- Resolução normativa Nº 482 de abril 2012, torna possível para todos os produtores de micro geração e de mini geração distribuída o acesso aos sistemas de distribuição de energia. Este regulamento também permite que as empresas de energia solar que produzem um máximo de 30 MW, possam ser elegíveis para a redução de tarifas para a utilização da transmissão e rede de

distribuição; esta normativa foi alterada pela Resolução 687 de 24 de novembro de 2015, afim de propor melhorias e facilitar o acesso a concessionária, definindo o conceito de micro e mini geração distribuída e do sistema de compensação.

- Resolução normativa Nº 481 de abril de 2012 concede sistemas fotovoltaicos com capacidade de 1 a 30 MW que começar a operar até 2017 com um desconto de 80% nas tarifas de transmissão e distribuição para 10 anos, e 50% nos anos subsequentes.

- Decreto 3827/01 de 31 de maio de 2001 estabeleceu que os impostos incidentes sobre os módulos fotovoltaicos seriam reduzidos para 0%;

- O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) de 17 de dezembro de 2010 é um programa nacional através do qual cada sistema fotovoltaico utilizado no Brasil tem que passar por um processo de aprovação, realizado pelo INMETRO.

- ABNT NBR 16149:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição;

- ABNT NBR 16150:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade;

- ABNT NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho;

- ABNT NBR IEC 62116:2012 - Procedimento de ensaio de anti ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

Apesar de não haver menção a usinas fotovoltaicas, a regulamentação trata de usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, e contém os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida, que são definidas como usinas com potência até 5.000 kW, segundo a Resolução Normativa nº 390 de dezembro de 2009 da ANEEL. Esta regulamentação inclui um formulário específico para o registro de usinas solares fotovoltaicas. Ela também exige que seja apresentada a Licença Ambiental necessária ao início da operação da central geradora. Além disso, ela garante comercialização de energia e o livre acesso às instalações de distribuição e de transmissão, nos termos da legislação vigente.

4. MODELAGEM E DIMENSIONAMENTO

4.1. Irradiação Solar

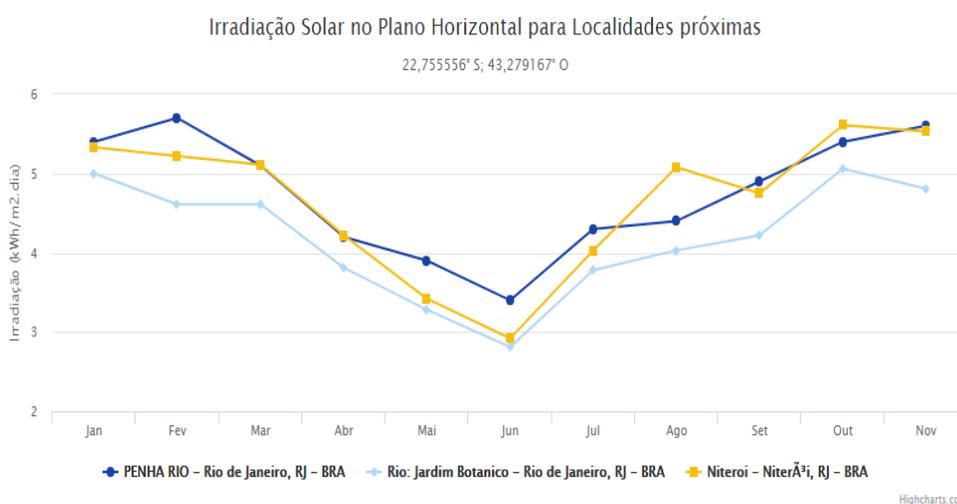
Para a otimização dos recursos na implementação do sistema, torna-se necessário a análise das condições da radiação meteorológica e dos ângulos de instalação. Para isso foi utilizado a ferramenta SunData para análise da irradiação, fornecida pelo CRESESB e disponibilizada na internet. De acordo com o ponto de interesse informado, o programa fornece os dados de irradiação

PROJETO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA EM JARDIM GRAMACHO, EM DUQUE DE CAXIAS - RJ

incidente no plano inclinado convertidos para o seu valor médio diário em kW/m² dia, utilizando o valor numérico HSP.

Dessa forma, ao inserir no SunData as coordenadas do terreno em Jardim Gramacho, é possível obter os valores de irradiação solar, em kWh/m² dia correspondentes às diárias médias mensais para os 12 meses do ano para três localidades mais próximas. O programa retorna valores para três regiões distintas: Penha (distante 11,8 km), Jardim Botânico (distante 31,6 km) e Niterói (distante 34,2 km). Na Figura 2 é possível observar os dados referentes a estas regiões.

Figura 2 – Estações CRESESB



Fonte: CRESESB, 2014

4.2. Painel Solar

Devido ao baixo custo e boa eficiência do módulo, será escolhido o painel fotovoltaico do fabricante chinês Shandong Hilight Solar, modelo HSPV235WP-54M, fabricado com células fotovoltaicas de silício mono cristalino. Cada unidade possui 54 células agrupadas, assumindo as dimensões de 1480 mm de comprimento, 992 mm de largura e 40 mm de espessura.

A escolha da quantidade de painéis a serem dispostos em série foi baseada no limite de operação dos inversores, que possuem uma tensão de saída máxima de 1000 V e uma tensão máxima de MPPT de 820 V. Além disso, foi considerado o custo para a realização do projeto da Usina Solar, limitando o espaço físico em que cada fileira poderia ocupar de modo a se adaptar da melhor forma com o relevo local e futuramente possibilitar a expansão da usina.

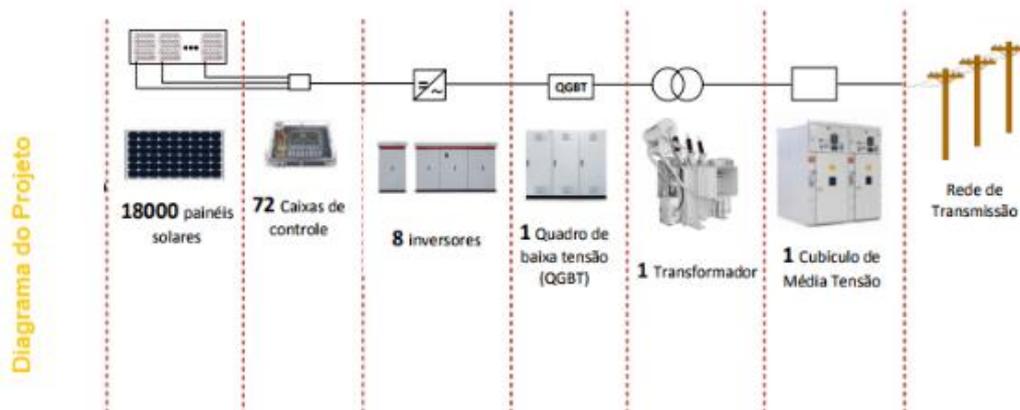
Desse modo para o projeto foi considerado o agrupamento de 25 módulos fotovoltaicos em série, formando uma fileira. A tensão do grupo foi a soma da tensão de cada placa, sendo $25 \times 27,2V = 680 V$. Um conjunto de 10 grupos de 25 placas conectadas em série são conectadas em paralelo formando assim um arranjo de 250 placas, que possuirá uma corrente total de $10 \times 8,64 = 86,4A$.

Ao todo, foi estipulado um número inicial de 70 arranjos de 250 placas cada e 5 arranjos de 100 placas cada, resultando na utilização de 18.000 placas e, totalizando assim, uma potência instalada de aproximadamente $18.000 \times 235\text{Wp} = 4230 \text{ kWp}$; possibilitando um custo menor de implementação e num futuro não muito distante a ampliação desta usina para uma usina que gere mais de 5MW.

Para o sistema foi empregado apenas um transformador e inversores de maior porte, portanto, em menor quantidade. O transformador foi envolto por um cubículo de proteção e disponibilizado ao lado da sala de equipamentos.

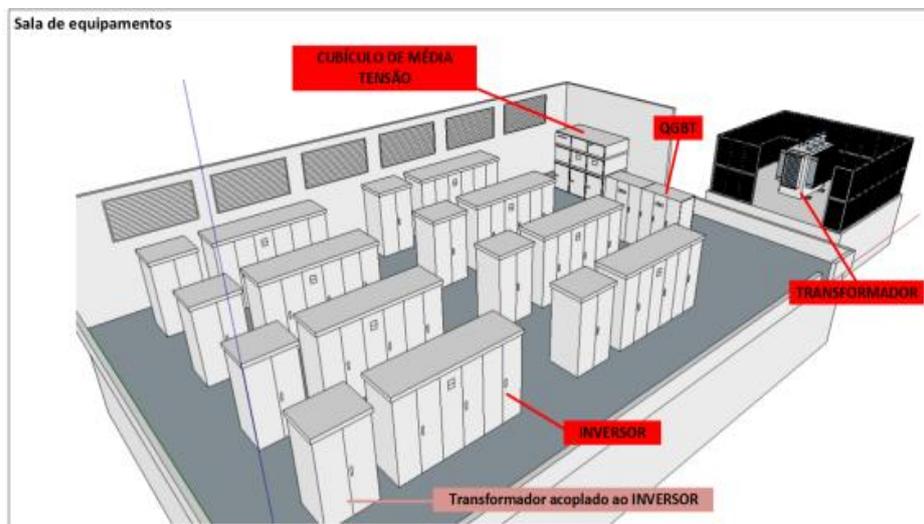
Optou-se pela utilização de apenas 1 QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão) e, conseqüentemente, 1 transformador. Além disso, os inversores empregados são de maior porte e com um transformador acoplado. Portanto nesta configuração serão utilizados apenas 8 inversores ao todo, conforme é mostrado nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Sistema Interligado a Rede Elétrica



Fonte: Próprio autor

Figura 4 – Quadro Geral de Baixa Tensão



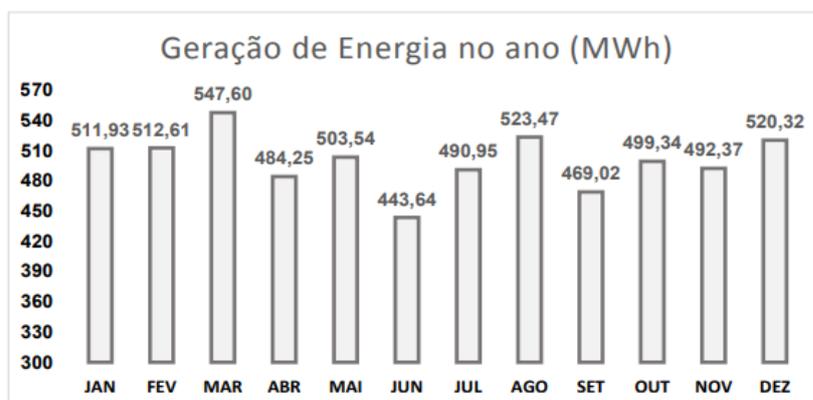
Fonte: Próprio autor

4.3. Geração de Energia Esperada

Após o levantamento da quantidade de painéis a serem utilizados é possível determinar a potência instalada através da multiplicação do número de módulos pelo valor da potência nominal de cada um. Uma vez que a perda total, baseado nos estudos realizados por Miranda (2014), foi de 20% e o fator de desempenho (PR) do SF foi equivalente a 80%, conforme ilustrado na Figura 5.

Somando os valores mensais de geração obtidos, obtém-se uma geração anual estimada em 5.999,05 MWh. Dessa forma, considerando os valores estimados de geração para a usina de Jardim Gramacho foi possível obter um fator de capacidade de 16,19%.

Figura 5 – Geração de Energia



Fonte: Miranda (2014)

4.4. Custo do Projeto

Ao analisar o preço dos equipamentos importados é possível observar como o valor pode ser afetado pela alta na taxa de câmbio. Uma vez que os equipamentos importados correspondem a mais da metade do investimento, o efeito desta taxa é bastante nocivo para um investimento de um SFCR no Brasil. Referente aos valores projetados, o custo total ficou em um patamar próximo ao da pesquisa realizada pela EPE, que apresenta o valor de R\$ 5,2/Wp para os sistemas com uma potência instalada superior a 1000 kWp.

Figura 6 – Custo do Projeto

	Custo	R\$/Wp
Paineis fotovoltaicos	R\$ 10.316.342,52	2,439
Inversores	R\$ 4.179.335,52	0,988
Caixas de controle	R\$ 494.393,05	0,117
Transformador	R\$ 255.000,00	0,06
CUSTO DE CABOS E PROTEÇÕES	R\$ 1.849.611,80	0,437
CUSTO DO SISTEMA FIXAÇÃO	R\$ 1.979.302,50	0,468
DEMAIS CUSTOS	R\$ 2.544.003,70	0,601
Total	R\$ 21.617.989,09	5,111

Fonte: Próprio autor

5. CONCLUSÃO

Com a aplicação do presente estudo foi possível realizar a análise dos dados projetados. Os dados obtidos na operação foram satisfatórios, apresentando um fator de capacidade médio total de 16,19%.

A usina projetada poderá operar em escala comercial e diretamente conectada à rede elétrica e terá sucesso na sua implantação. Este marco contribui muito para o futuro da energia solar fotovoltaica no país, visto que o projeto é pioneiro em um cenário em que a experiência com a geração fotovoltaica no Brasil se restringia à instalação de pequenas unidades produtoras com o objetivo de fornecer energia para regiões onde ainda ocorre déficit no recebimento de energia.

REFERÊNCIAS

ANEEL, A. N. D. E. E. Atlas da Energia Elétrica do Brasil., Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>. >.

CRESESB. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPTEL, 2014.

DEMONTI, R. Processamento da energia elétrica proveniente de módulos fotovoltaicos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 164, 2003.

GALDINI, M. A. E. et al. O Contexto das Energias Renováveis no Brasil. Direng, 2004.

GEENPRO, Manual sobre Tecnologias, Projeto e Instalação. [S.l.]: [s.n.], 2004.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. Energia e Meio Ambiente.. 3°. ed. [S.l.]: Cengage Learning, 2009.

MIRANDA, A. B. C. M. (2014). Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Projeto de Graduação, Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos. Salvador: Conjuntura e Planejamento, v. 149, 2006. p. 4-11.

PROJETO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE
ELÉTRICA EM JARDIM GRAMACHO, EM DUQUE DE CAXIAS - RJ

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. CEPEL/CRESESB., 2014.

RUTHER, R. Edifícios Solares Fotovoltaicos. [S.l.]: LABSOLAR, 2004.

SILVA, R. M. D. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. [S.l.]: Núcleo de Estudos e Pesquisas da Consultoria legislativa , 2015.

SUMATHI, S. ASHOK, K., SUREKHA, P. Solar PV and Wind Energy Conversion System: An Introduction to Theory, Modeling with MATLAB/SIMULINK, and the Role of Soft Computing Technique, first edn, Springer, Switzerland, 2015.

TEIXEIRA, W. W. Análise da Qualidade de uma Planta Solar Fotovoltaica Conectada à Rede de Distribuição de Energia. [S.l.]: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.