



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

GUSTAVO SOARES DE ALENCAR

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Campina Grande
Março - 2017

GUSTAVO SOARES DE ALENCAR

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Coordenação do Curso de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de Campina
Grande como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Local do Estágio: Laboratório de Sistemas de Potência

Orientador:

Professor Célio Anésio da Silva, D. Sc.

Campina Grande
Março de 2017

GUSTAVO SOARES DE ALENCAR

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Coordenação do Curso de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de Campina
Grande como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Local do Estágio: Laboratório de Sistemas de Potência

Aprovado em / /

Professor Jalberth Fernandes de Araújo
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Célio Anésio da Silva, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família e minha namorada por todo o suporte fornecido.

Ao professor Célio Anésio, pelos ensinamentos, suporte e comprometimento durante todo o estágio.

A todos os mestres e funcionários que fizeram parte da minha trajetória, pela contribuição na minha formação.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

RESUMO

Neste relatório são apresentadas as atividades do aluno Gustavo Soares de Alencar realizadas durante o Estágio Supervisionado no Laboratório de Simulação (**LabSim**), do Departamento de Engenharia Elétrica (**DEE**), da Universidade Federal de Campina Grande (**UFCG**), onde foi realizada uma análise econômica afim de estudar a viabilidade para a implementação de um sistema fotovoltaico aplicado a uma olaria na cidade de Boqueirão.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico, Análise Econômica.

ABSTRACT

This report presents the activities of the student Gustavo Soares de Alencar during the supervised internship at the Laboratory of Simulation (LabSim), Department of Electrical Engineering (DEE), Federal University of Campina Grande (UFCG), where an economics analysis was carried out in order to study the feasibility of the implementation of a photovoltaic system applied to a pottery in the city of Boqueirão.

Palavras-chave: Photovoltaic System, Economics Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Fachada do LSP	15
Figura 1.2 - LabSim.....	15
Figura 2.1 – Vista aérea da indústria.....	16
Figura 2.2 – Perfil de Consumo Anual.	17
Figura 2.3 – Perfil de Consumo Anual	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Histórico de Consumo Mensal.....	17
Tabela 2.2- Valores de Irradiação solar diário.....	199
Tabela 2.3 – Energia Gerada Pelo Sistema Fotovoltaico.....	211
Tabela 2.4 Tarifa de Energia Elétrica, Hora-sazonal 13,8Kv.....	222
Tabela 2.5 - Conta de Energia Mensal	22
Tabela 2.6 – Orçamento do Sistema FV.....	233
Tabela 2.7 – Juros FNE SOL.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEM	Balço Energético Nacional
E	Consumo de Energia Médio
FCt	Fluxo de Caixa no período T
FV	Fotovoltaica
HSP	Horas de Sol Pleno
I	Investimento Inicial
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
K	Custo de capital
LSP	Laboratório de Sistemas de Potencia
n	Último período de investimento
PB	Payback descontado
$P_{fv}(Wp)$	Potência de Pico do Painel FV
SFCR	Solar Fotovoltaica Conectada a Rede
T	Periodo onde o dinheiro está investido
TD	Taxa de Desempenho
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
INB	Indústrias Nucleares Brasileiras

SUMÁRIO

1	Introdução.....	14
1.1	Objetivo do Estágio.....	14
1.2	Local do Estágio	14
1.3	Estrutura do Trabalho	15
2	O Estágio	16
2.1	Perfil de Consumo.....	16
2.2	Projeto de Geração Solar Fotovoltaica.....	18
2.3	Análise de Viabilidade Econômica	22
2.4	Fontes de Financiamento	25
3	Considerações Finais	27
	Referências	28
	APÊNDICE A – Fluxo de Caixa	29
	ANEXO A – Especificações dos Materiais.....	30
	ANEXO B – Especificações dos Kits.....	35
	ANEXO C – Relatório Completo PVsyst.....	36

1 INTRODUÇÃO

O Estágio Supervisionado foi realizado no Laboratório de Simulação (LabSim) do DEE/UFCG, durante o período de 30 de janeiro de 2017 até 28 de março de 2017, sob orientação do professor Célio Anésio da Silva e supervisão do professor Washington Luiz Araújo Neves.

Este relatório apresenta a descrição das atividades realizadas durante o período do estágio, com destaque para:

- Proposta de edificação industrial eco-eficiente;
- Estimação da demanda energética;
- Escolha do sistema fotovoltaico;
- Aspectos financeiros.

1.1 OBJETIVO DO ESTÁGIO

O estágio supervisionado no LSP teve por objetivos principais o dimensionamento de um sistema de geração solar fotovoltaica conectada à rede para uma Olaria situada na cidade de Boqueirão, fazer o orçamento desse projeto e analisar a viabilidade econômica do mesmo.

1.2 LOCAL DO ESTÁGIO

O estágio foi realizado no Laboratório de Sistemas de Potência (LSP), mas especificamente no LabSim.

As Figuras 1.1 e 1.2 mostram respectivamente, a fachada do LSP e as dependências do LabSim.

Figura 1.1 – Fachada do LSP.



Fonte: MEIRA, R.N, 2016

Figura 1.2 - LabSim.



Fonte: Ewerton Brasil da Silva Queiroz, 2016

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

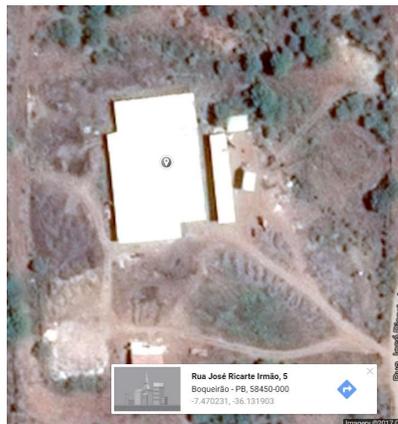
O relatório de estágio está dividido em três capítulos, sendo um introdutório, onde é apresentado o local de estágio e os objetivos do mesmo. O segundo é o estágio em si e o que foi desenvolvido. O último, mas não menos importante, trata das conclusões sobre o estágio.

2 O ESTÁGIO

As atividades realizadas durante o estágio estão listadas abaixo:

- Primeiramente foi levantado um o perfil de consumo da indústria;
- Elaborou-se um projeto de geração solar fotovoltaica conectada à rede (SFCR) para a indústria em questão, de acordo com as normas regulamentadoras nº 482/2012 e nº 687/2015 da ANEEL e NDU 015 da Energisa;
- Fez-se o orçamento do projeto de geração solar, onde possibilitou-se a análise de viabilidade econômica do mesmo.

Figura 2.1 – Vista aérea da indústria.

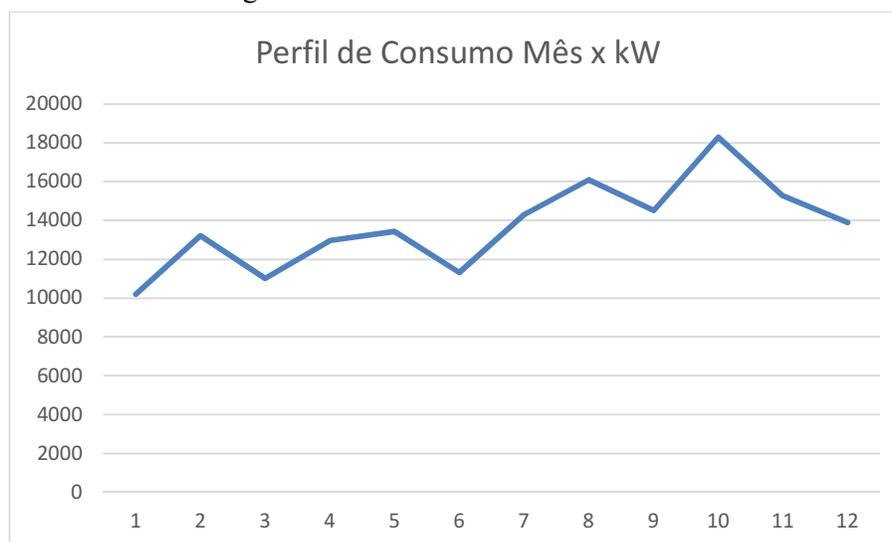


Fonte: Google Maps.

2.1 PERFIL DE CONSUMO

O perfil de demanda foi obtido através do histórico de consumo de um ano, no período de março de 2016 até fevereiro de 2017. Esse histórico pode ser acessado com relativa facilidade através do site da concessionária local (Energisa Paraíba). Estes dados estão apresentados na Figura 2.2 através de um gráfico e na Tabela 2.1, onde podem ser encontrados os valores de consumo fora de ponta e em ponta detalhados mês a mês.

Figura 2.2 – Perfil de Consumo Anual.



Fonte: Próprio Autor.

Tabela 2.1 – Histórico de Consumo Mensal

Ano	Mês	Consumo (kW)	Fora de ponta (kW)	Ponta (kW)
2017	2	13889	13530	359
2017	1	15273	14863	410
2016	12	18297	17784	513
2016	11	14504	14145	359
2016	10	16093	15734	359
2016	9	14299	13940	359
2016	8	11326	10916	410
2016	7	13427	12966	461
2016	6	12966	12556	410
2016	5	11019	10660	359
2016	4	13223	12864	359
2016	3	10199	9891	308
Média mensal		13710	13321	389

Fonte: Próprio Autor.

O consumo médio mensal do último ano é obtido através da média aritmética da soma de todos os meses de consumo dividido pelo número de meses, este consumo resultou em 13710 kW/mês. O consumo médio diário é de 450 kW/dia.

2.2 PROJETO DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA

Primeiramente foi feita uma análise do recurso solar do local afim de medir a disponibilidade solar. Para estimativas com aplicações fotovoltaicas é importante saber o número de Horas de Sol Pleno (HSP), segundo Pinho e Galdino esse valor corresponde ao número de horas de irradiação que correspondem a 1 kW/m². Esse valor pode ser calculado pela Equação 2.1.

$$HSP = \frac{\text{irradiância} \left[\frac{kWh}{m^2} \cdot \text{dia} \right]}{1 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]} \quad (2.1)$$

Para isso foi feito o levantamento dos valores de irradiação solar sobre a localidade onde a indústria está instalada. Esses valores se encontram na Tabela 2.2 e foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Utilizando a Equação 2.1 e a Tabela 2.2 temos:

$$HSP = \frac{\text{irradiância} \left[\frac{kWh}{m^2} \cdot \text{dia} \right]}{1 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]} = \frac{5,342 \left[\frac{kWh}{m^2} \cdot \text{dia} \right]}{1 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]} = 5,342 \left[\frac{h}{\text{dia}} \right]$$

Logo após realizou-se o dimensionamento do gerador fotovoltaico. A Equação 2.2 dimensiona a potência de pico (P_{fv}) que um painel deve ter para atender um determinado consumo.

$$P_{fv}(Wp) = \frac{E}{\frac{TD}{HSP}} \quad (2.2)$$

Onde:

- $P_{fv}(Wp)$ – Potência de Pico do Painel FV;
- E (Wh/dia) – Consumo médio da indústria;
- HSP (h/dia) - Horas de Sol Pleno;
- TD (adimensional) – Taxa de desempenho, normalmente entre 0,7 e 0,8.

Tabela 2.2- Valores de Irradiação solar diário

Mês	Irradiação Solar Média $[\frac{kWh}{m^2} \cdot dia]$
Jan	5.985
Fev	5.537
Mar	5.892
Abr	4.941
Mai	4.980
Jun	3.692
Jul	4.720
Ago	5.261
Set	5.566
Out	6.016
Nov	6.293
Dez	5.595
Anual	5.342

Fonte: Próprio Autor

Para o caso da indústria em questão, pode-se obter a potência do painel necessário para suprir o seu consumo através da Equação 2.2 e dos valores de E e HSP calculados previamente. Segundo Pinho e Galdino, o TD para o Brasil varia de 0,7 a 0,8, então adotou-se 0,75 que é um valor intermediário.

$$P_{fv} = \frac{450[\frac{kWh}{dia}]}{0,75} = 112[kWp]$$

$$5,342[\frac{h}{dia}]$$

Para as escolhas dos materiais para o sistema de geração fotovoltaica, foi utilizado o catalogo de kits fornecidos pela *BRASOLIS*. Dentre os diversos kits fornecidos, foram escolhidos os seguintes para fazerem parte do sistema desejado:

- Um sistema fotovoltaico (FV) 79,5kWp (3~380V), composto por 300 painéis UpSolar de 265Wp e 3 inversores Fronius ECO 25.0-3.
- Dois sistemas FV 15,9kWp (3~380V), cada um com 60 painéis UpSolar de 265Wp e 1 inversor Fronius SYMO 15.0-3-M.

As especificações dos painéis e dos inversores se encontram no Anexo A.

A grande vantagem da compra dos KITS é que muitos deles contêm, além dos painéis fotovoltaicos e inversores, todo o conjunto de acessórios necessários para a instalação dos sistemas fotovoltaicos como as estruturas de suporte, cabo solares, conectores entre outros e além disso os equipamentos já estão dimensionados para trabalharem em conjunto. As especificações completas dos kits escolhidos se encontram no Anexo B.

Por fim, foi feita a simulação do sistema fotovoltaico proposto, a fim de entender o quanto de energia seria produzido através do determinado sistema. Para esta simulação foi utilizado o software PVsyst. Na simulação realizada, foi utilizado os dados da Tabela 2.2 que mostra os dados de irradiação solar diário da região onde a Olaria está instalada. Também vale salientar que os dados técnicos dos inversores e painéis solares foram fornecidos pelo próprio software. Além disso foi considerado que haveria 10% de desperdício de energia devido a poeira acumulada nos módulos fotovoltaicos. Esse é um valor elevado, porém compreensível uma vez que uma Olaria trabalha com barro e isso gera muita poeira. Os resultados da simulação de geração fotovoltaica apresentadas pelo software se encontram na Tabela 2.3 e o relatório completo pode ser visto no Anexo C.

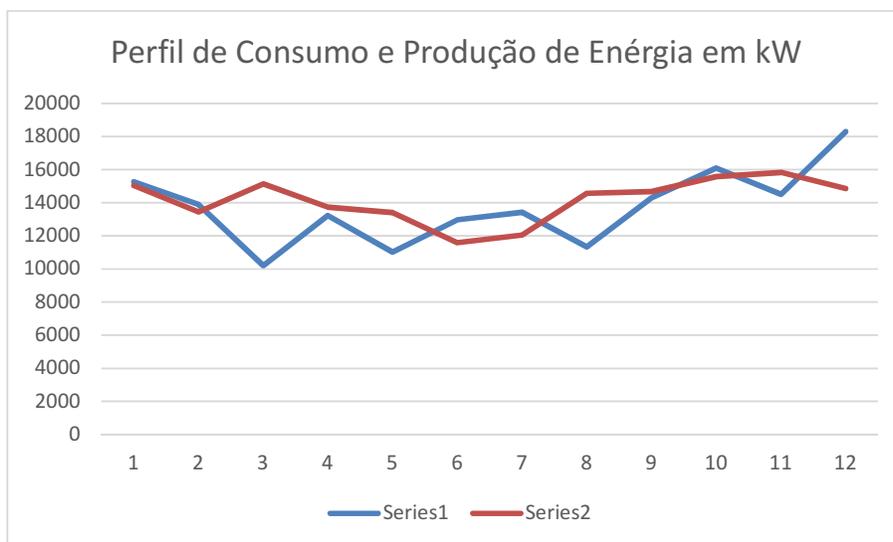
Ao se comparar a produção anual que se encontra na Tabela 2.3 com o valor consumido apresentado na Tabela 2.1, podemos obter a Figura 2.3. Através de uma análise mais detalhada percebe-se que a geração é superior a quantidade de energia consumida em 5379kWh. Esse é um valor muito baixo se comparado aos valores gerais, além disso o valor de geração não é fixo, uma vez que depende de vários fatores e os valores que se tem são simulados. Contudo, mesmo que a geração anual seja superior ao que é consumido, esse valor poderá servir para compensar a energia mais cara que é consumida fora de ponta (cerca de seis vezes mais cara), ou para guardar em forma de créditos para serem consumidos nos meses seguintes como diz a norma regulamentadora 687 de 2015.

Tabela 2.3 – Energia Gerada Pelo Sistema Fotovoltaico.

Mês	Energia Gerada (kWh)
Jan	15028
Fev	13438
Mar	15151
Abr	13729
Mai	13410
Jun	11587
Jul	12051
Ago	14572
Set	14677
Out	15575
Nov	15830
Dez	14846
Anual	169894

Fonte: Próprio Autor

Figura 2.3 – Perfil de Consumo Anual



Fonte: Próprio Autor

2.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Primeiramente foi levantado um estudo do custo mensal da conta de energia para este consumidor. O consumidor em questão segue a tarifa de energia elétrica hora-sazonal, classificado como “Demais classes” que se configura conforme a Tabela 2.4.

Tabela 2.4 Tarifa de Energia Elétrica, Hora-sazonal 13,8Kv

Demanda (R\$/kW)	13,70
Consumo Fora de Ponta (R\$/kWh)	0,23426
Consumo em Ponta (R\$/kWh)	1,33263

Fonte: Próprio Autor

Utilizando-se da Tabela 2.4 e da Tabela 2.1, pode-se calcular o custo médio mensal da conta de energia para essa indústria, como mostrado na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Conta de Energia Mensal

Descrição	Consumo	Tarifa	Valor (R\$)
Consumo em kWh – Ponta	388,88	1,33263	518,17
Consumo em kWh – Fora de Ponta	13320,75	0,23426	3.120,52
Demanda Contratada em kW	120	13,70	1.644,00
Impostos (32% calculados por fora)			2.485,97
Total a pagar			7.768,66

Fonte: Próprio Autor

Outro requisito necessário para o estudo de viabilidade do projeto é o levantamento do orçamento do projeto que está apresentado na Tabela 2.6. Para a realização deste orçamento foi estimado que o frete custará 5% do valor total dos componentes, o projetista cobrará 10% do valor dos componentes e a execução do projeto custará 20% do valor dos equipamentos.

Tabela 2.6 – Orçamento do Sistema FV

Item	Quantidade	Preço Unitário	Preço (R\$)
Kit Gerador Fotovoltaico 15.9kWp	2	59.524,21	119.048,42
Kit Gerador Fotovoltaico 79.5kWp	1	262.974,94	262.974,94
Frete	1		19.101,17
Projeto	1		38.202,34
Execução do Projeto	1		76.404,67
Total			515.731,54

Fonte: Próprio Autor

Por fim é necessária a aplicação de métodos de engenharia econômica para se analisar a viabilidade ou não de tal projeto. Entretanto a princípio faremos algumas considerações:

- A economia anual do sistema é de R\$ 58.528,48, que é o valor que será descontado devido a geração fotovoltaica;
- A vida útil do projeto é de 25 anos, que é a garantia dada pelo fabricante dos módulos fotovoltaicos;
- Reajuste Energético de 6% ao ano, que é uma média das inflações energéticas nos últimos 10 anos;
- A Taxa Mínima de Atratividade é de 9,75%, esse valor corresponde ao valor da CELIC que é a taxa de juros mais alta no Brasil;
- Depreciação do sistema de 0,6% máximo garantido pelo fabricante.

Para o estudo de engenharia econômica deste projeto serão levados em conta os três indicadores abaixo.

Valor Presente Líquido (VPL).

O primeiro indicador a ser estudado é o VPL, que segundo Samanez, 2009 tem como finalidade calcular, em termos de valor presente, o impacto dos investimentos futuros associados a uma alternativa de investimento, podendo ser definido pela equação 2.3.

Em resumo, caso o resultado do VPL for positivo o projeto é viável, caso seja negativo é inviável.

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (2.3)$$

Onde:

- FC_t – Fluxo de caixa no período t ;
- I – Investimento inicial;
- K – Custo de capital;
- t - Períodos onde o dinheiro está investido;
- n – Último período de investimento.

Taxa Interna de Retorno (TIR)

O segundo indicador é a TIR, que segundo Samanez este método não tem como objetivo a avaliação da rentabilidade absoluta a determinado custo de capital como o VPL; mas busca encontrar a taxa intrínseca de rendimento do investimento em questão.

Pode-se dizer que a TIR é uma taxa hipotética que anula o VPL, sendo resumida na Equação 2.4.

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (2.4)$$

PAYBACK descontado (PB)

Por último para uma análise econômica completa é preciso se estudar o Payback Descontado (PB), que tenta análise em quanto tempo um determinado investimento se pagará considerando a variação do valor de dinheiro no tempo. Com o valor do PB encontrado é possível se ter uma noção de quanto tempo levará até se recuperar o valor do investimento. Obviamente para um determinado negócio ser economicamente viável o mesmo deve ter um PB inferior ao seu tempo de vida útil. Basicamente este método tenta identificar o valor de T na equação 2.5.

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (2.5)$$

Utilizando-se o software Excel e do fluxo de caixa elaborado para este projeto presente no Apêndice A, calculamos o VPL a TIR e o PB do projeto e chegamos aos seguintes resultados:

- O projeto tem um VPL de R\$ 342.578,74;
- O projeto apresenta uma TIR de 16,8%;
- O PB é de 10 anos e 2 meses.

Todos os indicadores apresentados apontam para a viabilidade do projeto em questão.

2.4 FONTES DE FINANCIAMENTO

Mesmo os indicadores apontando a viabilidade do projeto é preciso notar que o investimento inicial de meio milhão de reais é um investimento alto para um retorno que ocorrerá em dez anos e que infelizmente a maioria dos comércios e industrias não têm condições de arcar com tais valores. Notada essa dificuldade inicial, foi-se a procura de fontes de financiamentos viáveis para a execução do projeto.

O Banco do Nordeste, com sua linha de credito FNE SOL, demonstrou ter uma linha de financiamento especialmente desenhada para o setor de energias renováveis, cujo o público alvo são pessoas jurídicas. Além disso com esse financiamento pode-se financiar todos os componentes do sistema fotovoltaico mais a instalação podem ser financiados por ele. As taxas de juros desse financiamento são observadas na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Juros FNE SOL

Porte	Encargos Financeiros Anuais			
	Setor Rural		Não rural	
	Integrais (%)	Com Bônus* (15%)	Integrais (%)	Com Bônus* (15%)
Micro, Pequeno e Pequeno-Médio	7,65	6,50	9,00	7,65
Médio	8,53	7,25	9,00	7,65
Grande	10,0	8,50	10,59	9,00

Fonte: Banco do Nordeste (Disponível em: https://www.bnb.gov.br/programas_fne/programa-de-financiamento-a-micro-e-a-minigeracao-distribuida-de-energia-eletrica-fne-sol)

*O bônus incide sobre os encargos das parcelas pagas em dia

O financiamento aceita diversos tipos de garantias, mas cabe um destaque especial a alienação fiduciária dos equipamentos como garantia exclusiva da operação, desde que limitado o financiamento em até 90% do valor do sistema. Isto é, para o caso em estudo de um sistema de R\$ 515.731,54, seria necessário um investimento de R\$ 51.573,16 para que o próprio sistema possa servir de garantia de pagamento.

Pode-se também ressaltar que o pagamento pode durar até 12 anos com um prazo de carência de 6 meses a 1 ano. Por fim também vale salientar que o valor das parcelas não ultrapassará a redução projetada na conta de energia do mutuário após o sistema de compensação do sistema.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relatório de estágio foram apresentadas as atividades realizadas durante o estágio supervisionado do aluno Gustavo Soares de Alencar. No qual ele estudou sobre sistemas fotovoltaicos cujo o qual não é abordado diretamente na graduação.

A análise da aplicabilidade de um sistema fotovoltaico para uma olaria se mostrou muito interessante, uma vez que ele permitiu a possibilidade de anexação de diversos conceitos relacionados ao setor fotovoltaico.

Além do conhecimento técnico, o estágio proporcionou um amadurecimento pessoal na questão de gestão de projeto tanto na parte técnica como na parte financeira, onde foi possível utilizar os conhecimentos de Engenharia Econômica para verificar a viabilidade financeira do projeto através do VPL positivo e da TIR superior as taxas de juros do mercado. O PB também se mostrou interessante, uma vez que ele é de pouco mais de 10 anos e o investimento tem uma previsão de duração de 25 anos.

É interessante também ressaltar que mesmo o projeto se mostrando viável, ele necessitaria de um alto investimento inicial, sendo assim mostrou uma necessidade de buscar outras fontes de investimento, chegando-se assim a linha de financiamento FNE Sol do Banco do Nordeste.

Por fim todos os objetivos do estágio foram atingidos com êxito.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482**. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: Janeiro de 2017

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 687**. 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: Fevereiro de 2017.

Energisa. **Norma de Distribuição Unificada 015 – NDU 015**. Disponível em: <http://www.energisa.com.br/>. Acesso em: Setembro de 2016

SAMANEZ,C.P. **Engenharia Econômica** – 2009

Portal Solar. Disponível em: < <http://www.portalsolar.com.br/>>. Acesso em Fevereiro 2017.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A., et al. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CEPEL – CRESESB, Rio de Janeiro, 2014.

Energisa. **Tarifa de energia**. Disponível em: <http://www.energisa.com.br/empresa/Paginas/pequenas-emedias-empresas/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx#>. Acesso em Fevereiro de 2017.

JUNIOR, E.A.C. **Fotovoltaica ligada a rede versus térmica: Um estudo de caso em conjunto habitacional**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, 2016. Disponível em: <https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/cgee/projeto-de-engenharia/relatorios>. Acesso em: Março de 2017.

MEIRA, R.N. **Relatório de Estágio Supervisionado – Laboratório de Sistema de Potência** – Universidade Federal de Campina Grande. 2016. Disponível em: <https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/cgee/estagios/relatorios>. Acesso em: Fevereiro de 2017.

CEPEL-CRESESB. *Energia Solar: Princípios e Aplicações*. 2008. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acessado em 30 de março de 2015

APÊNDICE A – FLUXO DE CAIXA

Segundo o SEBRAE o Fluxo de Caixa é um instrumento de gestão financeira que projeta para períodos futuros todas as entradas e saídas de recursos financeiros da empresa, indicando como será o saldo de caixa para o período projetado.

Abaixo se encontra o fluxo de caixa para o projeto desenvolvido neste estágio.

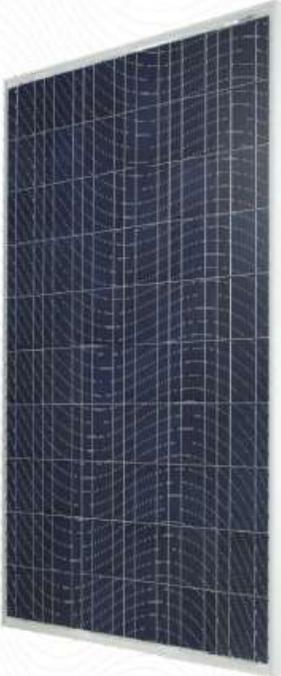
Ano	Investimento	Fluxo de Caixa	Valor presente	Retorno anual acumulado
0	515,731.54	(457,203.06)	(457,203.06)	
1	-	61,103.73	55,675.38	12%
2	-	63,792.30	52,961.37	24%
3	-	66,599.16	50,379.65	35%
4	-	69,529.52	47,923.79	45%
5	-	72,588.82	45,587.64	55%
6	-	75,782.73	43,365.37	65%
7	-	79,117.17	41,251.43	74%
8	-	82,598.32	39,240.54	82%
9	-	86,232.65	37,327.68	90%
10	-	90,026.89	35,508.06	98%
11	-	93,988.07	33,777.14	106%
12	-	98,123.54	32,130.60	113%
13	50,000.00	52,440.98	15,646.31	116%
14	-	106,948.38	29,074.40	122%
15	-	111,654.11	27,657.11	129%
16	-	116,566.89	26,308.90	134%
17	-	121,695.84	25,026.42	140%
18	-	127,050.45	23,806.45	145%
19	-	132,640.67	22,645.96	150%
20	-	138,476.86	21,542.03	155%
21	-	144,569.85	20,491.92	159%
22	-	150,930.92	19,493.00	163%
23	-	157,571.88	18,542.77	167%
24	-	164,505.04	17,638.86	171%
25	-	171,743.26	16,779.02	175%
		VPL	342,578.74	
		TIR	16.8%	

ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS

Os módulos escolhidos foram os módulos da UPSolar 265Wp, levando-se em conta sua garantia de 25 anos e o seu preço, que ao se comprar em grande quantidade cai bastante. Sua folha de dados se encontra abaixo.



6" Policristalino
Módulo Fotovoltaico
60 células



Características Principais

-  Produção Flexível
-  Componentes de Alta Qualidade
-  Garantia de Produto Reforçada





Investimento Seguro

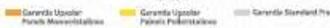
A Upsolar oferece uma garantia de produto que permite aos seus clientes a obtenção de valor acrescentado a longo prazo. Para além de uma garantia de 10 anos contra defeitos de fabrico, a Upsolar oferece ainda uma garantia de desempenho de 25 anos. A garantia oferecida pela Upsolar é linear e prevê perdas reduzidas constantes ao longo do tempo. A Upsolar tem ainda uma parceria com a AIG que permite aos clientes obter um seguro que garante até 90% do investimento durante os 25 anos.



GARANTIA DE 25 PERFORMANCE ANOS
+12 Anos de Garantia de Produto

PERFORMANCE GARANTIDA

ANOS


 ● Garantia Upsolar - Painéis Monocristalinos
 ● Garantia Upsolar - Painéis Policristalinos
 ● Garantia Standard Pro

Especificações Eléctricas @ STC*

MODELO	UP-M265P	UP-M270P
Potência Nominal Pm (Wp)	265	270
Tensão MPP Vm (V)	31.2	31.4
Corrente MPP Im (A)	8.49	8.60
Tensão em Circuito Aberto Voc (V)	38.5	38.6
Corrente de Curto Circuito Isc (A)	8.78	8.88
Eficiência	16.3%	16.6%
Tensão Máxima do Sistema (V)	1000(IEC)/1000(UL)	
Tolerância	0/+3%	
Corrente Máxima do Fusível (A)	20A	

* STC: Irradiação: 1000 W/m², Temperatura do módulo 25°C, AM1.5

Polícríсталino
Módulo Fotovoltáico

Especificações Mecânicas

Vidro Frontal	Vidro Temperado de Alta Transparência 0.125" // 3.2 mm
Caixa de Junção	IP 65 Ou Superior
Díodos de Bypass	3 Díodos
Cabo de Saída	1.0 m // IEC, UL aprovado (4 mm², 12AWG) (Cabo)
Conectores	MC4 compatible (IEC and UL aprovado)
Moldura	Alumínio Anodizado Tipo 6063-T5
Encapsulante	EVA (Ethylene Vinyl Acetate) (0.018" // 0.45 mm ± 0.001" // 0.03 mm espessura)
Proteção Posterior	Peelúla multilayer branca do polímero
Coefficientes de Temperatura	-40°F a +104°F // -40°C a +40°C
Carga Máxima Suportada	75 lbs / ft² (UL Standard) // 5400 Pa (IEC Standard)
Resistência ao Impacto	Esfera de Aço - 1.18 lbs // 535 g Lançada a uma Altura de 51" // 1.3 m Altura

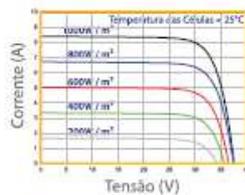
Especificações

Células	Células Polícríсталinas 6" x 6" // 156 mm x 156 mm
Número de Células	60 (6 x 10)
Dimensões (in // mm)	64.57 x 39.06 x 1.38 // 1640 x 992 x 35
Peso (lb // kg)	40.8 // 18.5

Coefficientes de Temperatura

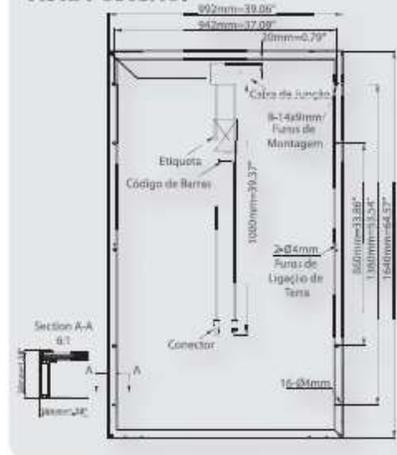
NOCT (°C) / Temperatura Nominal de Funcionamento de Célula	45 ± 2
Coefficiente de Temperatura de Isc (% / °C)	0.05 ± 0.01
Coefficiente de Temperatura de Voc (% / °C)	-0.30 ± 0.02
Coefficiente de Temperatura de Im (% / °C)	-0.02 ± 0.02
Coefficiente de Temperatura de Vm (% / °C)	-0.42 ± 0.03
Coefficiente de Temperatura de Pm (% / °C)	-0.43 ± 0.05

Curvas IV



* Devido de Vm (V), Im (A), Voc (V) and Isc (A) of ±2.5%

Vista Posterior



Os inversores escolhidos foram Fronius Eco 25.0-3-S e dois Fronius Symo 15.0-3-M.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

FRONIUS
SHIFTING THE LIMITS

FRONIUS ECO
/ The compact project inverter for maximum yields.

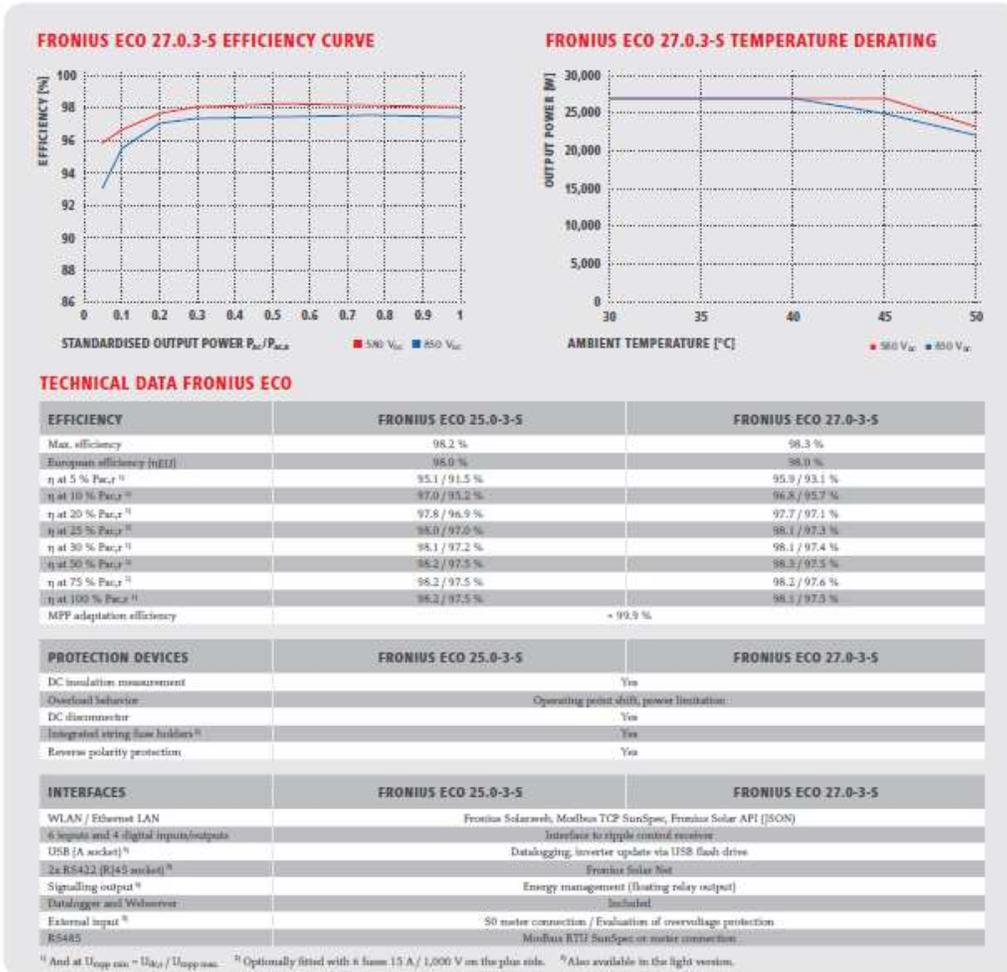
 / SnapInverter Technology
  / Integrated data communication
  / Smart Grid Ready
  / Dynamic Peak Manager

/ The three-phase Fronius Eco in power categories 25.0 and 27.0 kW perfectly meets all the requirements of large-scale installations. Thanks to its light weight and SnapInverter mounting system, this transformerless device can be installed quickly and easily either indoors or outdoors. This inverter range is setting new standards with its IP 66 protection class. Furthermore, thanks to its integrated double fuse holders and optional overvoltage protection, string collection boxes are no longer necessary.

TECHNICAL DATA FRONIUS ECO

INPUT DATA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Max. input current ($I_{in,max}$)	44.2 A	47.7 A
Max. array short circuit current		71.4 A
Min. input voltage ($U_{in,min}$)		580 V
Feed-in start voltage ($U_{in,feed}$)		850 V
Nominal input voltage ($U_{in,N}$)		580 V
Max. input voltage ($U_{in,max}$)		1,000 V
MPP voltage range ($U_{MPP,min} - U_{MPP,max}$)		580 - 850 V
Number of MPP trackers		1
Number of DC connections		6
Max. PV generator output ($P_{in,max}$)		35.7 kW _{peak}
OUTPUT DATA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
AC nominal output (P_{out})	25,000 W	27,000 W
Max. output power	25,000 VA	27,000 VA
AC output current ($I_{out,max}$)	36.1 A	39.0 A
Grid connection (voltage range)		3-NPE 380 V / 230 V or 3-RPE 400 V / 230 V (+20 % / -30 %)
Frequency (frequency range)		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Total harmonic distortion		< 2.0 %
Power factor (see $\Phi_{we,l}$)		0 - 1 ind. / cap.
GENERAL DATA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensions (height x width x depth)		725 x 510 x 225 mm
Weight		35.7 kg
Degree of protection		IP 66
Protection class		1
Overvoltage category (DC / AC) ²⁾		2 / 3
Night-time consumption		< 1 W
Inverter concept		Transformerless
Cooling		Regulated air cooling
Installation		Indoor and outdoor installation
Ambient temperature range		-25 - +60 °C
Permitted humidity		0 to 100 %
Max. altitude		2,000 m
DC connection technology		6x DC+ and 6x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²
AC connection technology		5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²
Certificates and compliance with standards	ÖVE / ONORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	

²⁾According to IEC 62109-1, DIN rail for optional overvoltage protection (type 2) is included.
Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.



/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

WE HAVE THREE DIVISIONS AND ONE PASSION: SHIFTING THE LIMITS OF POSSIBILITY.

/ Whether welding technology, photovoltaics or battery charging technology – our goal is clearly defined: to be the innovation leader. With around 3,300 employees worldwide, we shift the limits of what's possible - our record of over 900 granted patents is testimony to this. While others progress step by step, we innovate in leaps and bounds. Just as we've always done. The responsible use of our resources forms the basis of our corporate policy.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at www.fronius.com

©05 May 2015 TN

Fronius India Private Limited
 GAT no 312, Nanekarwadi
 Chakan, Taluka - Khed District
 Pune 410501
 India
pv-sales-india@fronius.com
www.fronius.in

Fronius Australia Pty Ltd.
 90-92 Lambeck Drive
 Tullamarine VIC 3043
 Australia
pv-sales-australia@fronius.com
www.fronius.com.au

Fronius UK Limited
 Maidstone Road, Kingston
 Milton Keynes, MK10 0BD
 United Kingdom
pv-sales-uk@fronius.com
www.fronius.co.uk

Fronius International GmbH
 Froniusplatz 1
 4600 Wels
 Austria
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

Technical data subject to change without notice. © 2015 Fronius AG. All rights reserved.

TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

INPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Max. input current ($I_{dc,max1} / I_{dc,max2}$)	27.0 A / 16.5 A ¹⁾				33.0 A / 27.0 A
Max. usable input current total ($I_{dc,max1} + I_{dc,max2}$)	43.5 A				51.0 A
Max. array short-circuit current (MPP ₁ /MPP ₂)	40.5 A / 24.8 A				49.5 A / 40.5 A
Min. input voltage ($U_{dc,min}$)			200 V		
Feed-in start voltage ($U_{dc,start}$)			200 V		
Nominal input voltage ($U_{dc,n}$)			600 V		
Max. input voltage ($U_{dc,max}$)			1,000 V		
MPP voltage range ($U_{mpp,min} - U_{mpp,max}$)	270 - 800 V		320 - 800 V	370 - 800 V	420 - 800 V
Number MPP trackers			2		
Number of DC connections			3+3		
Max. PV generator output ($P_{dc,max}$)	15.0 kW _{peak}	18.8 kW _{peak}	22.5 kW _{peak}	26.5 kW _{peak}	30.0 kW _{peak}
OUTPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
AC nominal output ($P_{ac,n}$)	10,000 W	12,500 W	15,000 W	17,500 W	20,000 W
Max. output power	10,000 VA	12,500 VA	15,000 VA	17,500 VA	20,000 VA
AC output current ($I_{ac,max}$)	14.4 A	18.0 A	21.7 A	25.3 A	28.9 A
Grid connection (voltage range)	S-NPE 400 V / 230 V or S-NPE 380 V / 220 V (+20% / -50%)				
Frequency (Frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Total harmonic distortion	1.8 %	2.0 %	1.5 %	1.5 %	1.3 %
Power factor ($\cos \varphi_{ac}$)	0 - 1 ind. / cap.				
GENERAL DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensions (height x width x depth)			725 x 510 x 225 mm		
Weight	34.8 kg		43.4 kg		
Degree of protection			IP 66		
Protection class			1		
Overtoltage category (DC / AC) ²⁾			2 / 3		
Night time consumption			< 1 W		
Inverter design			Transformerless		
Cooling			Regulated air cooling		
Installation			Indoor and outdoor installation		
Ambient temperature range			-40 - +60 °C		
Permitted humidity			0 - 100 %		
Max. altitude			2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)		
DC connection technology			6x DC+ and 6x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ³⁾		
AC connection technology			3-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ³⁾		
Certificates and compliance with standards	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

¹⁾ 14.0 A for voltages < 420 V.

²⁾ According to IEC 62109-1, DIN rail for optional overvoltage protection (type 2) is included.

Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

ANEXO C – RELATÓRIO COMPLETO PVSYSY

Abaixo está descrito o relatório completo do PVSyst. Primeiramente é possível encontrar as especificações da localização onde o projeto será implementado (como latitude, longitude, time zone, altitude). Depois é encontrado a data que a simulação foi realizada.

Na sequência pode-se também encontrar os parâmetros adotados para a simulação. Seguidos das características dos 2 tipos de Arrays fotovoltaicos definidos da seguinte maneira:

- O primeiro Array é composto por 300 módulos fotovoltaicos de 265Wp o que gera uma potência total de 79,5kWp. Ele está distribuído em 12 strings de 25 módulos cada. É conectado com 3 inversores Fronius Eco 25.0-3-S.
- O segundo Array é composto por 120 módulos fotovoltaicos de 265Wp dispostos em 6 strings cada uma de 20 módulos. Estes módulos são conectados com dois inversores Fronius Symo 15.0-3-M.

No total o sistema é composto por 420 módulos, que ocupam uma área de 808m², e 5 inversores.

Logo após as especificações do sistema é possível se encontrar as perdas do provocadas pelos módulos, que são perdas intrínsecas que dificilmente serão alteradas, como perdas ôhmicas do array, perdas por conexões, dentre outras.

Na página 3 do relatório apresentado são mostrados os principais resultados do sistema, que é a quantidade de geração de energia. O software nos indica que haverá uma geração de 169894 kWh/ano, com uma TD de 74,09%, o que chegou muito perto da estimativa adotada durante o trabalho.

Por último foi apresentado um diagrama de perdas para todo o sistema, que incluem fatores de sujeira, desperdício na conversão e outros fatores.

PVSYST V6.53		01/04/17	Page 1/4
Grid-Connected System: Simulation parameters			
Project : Grid-Connected Project at Estagio			
Geographical Site	Estagio	Country	Brazil
Situation	Latitude 7.47° S	Longitude	36.15° W
Time defined as	Legal Time	Time zone	UT-3
	Albedo	Altitude	365 m
Meteo data:	Boqueirão	Meteonorm 7.1 (1900-1900), Sat=100% - Synthetic	
Simulation variant : New simulation variant			
	Simulation date	01/04/17 17h56	
Simulation parameters			
Collector Plane Orientation	Tilt	10°	Azimuth 0°
Models used	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteonorm
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	No Shadings		
PV Arrays Characteristics (2 kinds of array defined)			
Sub-array "Sub-array #1"	Si-poly	Model	UP-M265P
Original PVsyst database		Manufacturer	Upsolar
Number of PV modules		In series	25 modules
Total number of PV modules		Nb. modules	300
Array global power		Nominal (STC)	79.5 kWp
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	682 V
		In parallel	12 strings
		Unit Nom. Power	265 Wp
		At operating cond.	68.6 kWp (60°C)
		I mpp	101 A
Sub-array "Sub-array #2"	Si-poly	Model	UP-M260P
Original PVsyst database		Manufacturer	Upsolar
Number of PV modules		In series	20 modules
Total number of PV modules		Nb. modules	120
Array global power		Nominal (STC)	31.2 kWp
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	541 V
		In parallel	6 strings
		Unit Nom. Power	260 Wp
		At operating cond.	26.90 kWp (60°C)
		I mpp	50 A
Total	Arrays global power	Nominal (STC)	111 kWp
		Module area	808 m²
		Total	420 modules
		Cell area	613 m²
Sub-array "Sub-array #1" : Inverter		Model	ECO 25.0-3-S
Original PVsyst database		Manufacturer	Fronius International
Characteristics	Operating Voltage	580-850 V	Unit Nom. Power 25.0 kWac
Inverter pack	Nb. of inverters	3 units	Total Power 75 kWac
Sub-array "Sub-array #2" : Inverter		Model	Symo 15.0-3-M
Original PVsyst database		Manufacturer	Fronius International
Characteristics	Operating Voltage	200-800 V	Unit Nom. Power 15.0 kWac
Inverter pack	Nb. of inverters	2 units	Total Power 30 kWac
Total	Nb. of inverters	5	Total Power 105 kWac
PV Array loss factors			
Array Soiling Losses		Loss Fraction	10.0 %
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Array#1	119 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
	Array#2	191 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
	Global		Loss Fraction 1.5 % at STC

PVSYST V6.53	01/04/17	Page 2/4
Grid-Connected System: Simulation parameters (continued)		
LID - Light Induced Degradation	Loss Fraction	1.5 %
Module Quality Loss	Loss Fraction	-0.8 %
Module Mismatch Losses	Loss Fraction	1.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$	b ₀ Param: 0.05
User's needs :	Unlimited load (grid)	

