

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST  
ENGENHARIA MECÂNICA  
DIEGO DA SILVA

**COMPARATIVOS DE CUSTOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA A  
IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA ON GRID  
NO VIVEIRO FLORESTAL**

LAGES  
2018

DIEGO DA SILVA

**COMPARATIVOS DE CUSTOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA A  
IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA ON GRID  
NO VIVEIRO FLORESTAL**

Projeto de trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Paulo Fernando Schmidt Spieker.

Co-Orientadora: Prof. Dra. Francieli Lima de Sá.

LAGES  
2018

DIEGO DA SILVA

**COMPARATIVOS DE CUSTOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA A  
IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA ON GRID  
NO VIVEIRO FLORESTAL**

Projeto de Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Paulo Fernando Schmidt Spieker.

Co-Orientadora: Prof. Dra. Francieli Lima de Sá.

Lages, SC \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / 2018.

Nota \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Prof. Me. Reny Aldo Henne

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço por primeiro a Deus pelo dom da vida e me proporcionar este momento. A minha família e namorada por toda dedicação e paciência contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um melhor desenvolvimento, todo meu esforço, garra e dedicação vêm deles também.

Agradeço a todos os professores que sempre estiveram sempre dispostos a repassar os conhecimentos e dando as devidas sugestões, acompanhando em cada etapa dando as orientações que possibilitaram para que eu chegasse onde cheguei.

A Universidade UniFacvest e ao Departamento de Engenharia de Manutenção da empresa Klabin e a área de pesquisa do viveiro florestal pela oportunidade concedida para realização desta pesquisa.

# COMPARATIVOS DE CUSTOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA ON GRID NO VIVEIRO FLORESTAL

Diego da Silva<sup>1</sup>

Paulo Fernando Schmidt Spieker<sup>2</sup>

Francieli Lima de Sá<sup>3</sup>

## RESUMO

É relevante que as empresas têm passado por dificuldades nos pontos financeiros e ambientais. Dessa forma, vêm crescendo a busca frequente por inovações para reduções de seus custos e as melhores opções para projetos sustentáveis. Quando se refere à eficiência grande parte dos consumos de energia das empresas é oriunda de fontes não renováveis, contribuindo assim para a exploração do meio ambiente e dando forças ao aquecimento global. Nessa perspectiva o presente estudo analisa a viabilidade dos custos envolvidos com possibilidade de implantação de um sistema solar *on grid* para geração de energia no viveiro florestal da unidade da KLABIN S/A de Otacílio Costa-SC. Nesse estudo, será elaborada uma análise para destacar as reduções de custos e benefícios ambientais para própria empresa. Em relação à dimensão prática, o desenvolvimento de um comparativo entre valores reais de aquisição, gastos com consumo de energia, manutenções das placas solares, baseado em dados apresentados e exportados pelo sistema da empresa, será realizado os cálculos para analisar a viabilidade para implantação do sistema em projeto.

Palavras-chave: Implantação, gerador de energia solar fotovoltaica, viabilidade, redução de custos, impacto ambiental.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, 10ª fase, Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Centro Universitário UNIFACVEST.

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Mecânica, Professor de Graduação do Centro Universitário UNIFACVEST.

# **COST COMPARISONS AND FEASIBILITY ANALYSIS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE SOLAR ENERGY SYSTEM ON GRID ON THE FOREST FARM**

Diego da Silva<sup>1</sup>

Paulo Fernando Schmidt Spieker<sup>2</sup>

Francieli Lima de Sá<sup>3</sup>

## **ABSTRACT**

It is relevant that companies have experienced financial and environmental difficulties. In this way, the frequent search for innovations for cost reductions and the best options for sustainable projects are increasing. When it comes to efficiency a large part of the energy consumption of the companies comes from non-renewable sources, thus contributing to the exploitation of the environment and giving strength to global warming. In this perspective the present study analyzes the viability of the costs involved with the possibility of implementing a solar grid system for power generation in the forest nursery of the KLABIN S / A unit in Otacílio Costa-SC. In this study, an analysis will be elaborated to highlight the reductions of costs and environmental benefits for own company. In relation to the practical dimension, the development of a comparison between actual acquisition values, energy consumption expenditures, solar panel maintenance, based on data presented and exported by the company system, will be carried out the calculations to analyze the feasibility for the implementation of the system in design.

Keywords: Deployment, photovoltaic solar generator, feasibility, cost reduction, environmental impact.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Viveiro Florestal .....	17
Figura 2: Posição do sol durante o dia e estações do ano.....	22
Figura 3: Diagrama de sistemas fotovoltaicos <i>off grid</i> .....	27
Figura 4: Exemplo de Sistema híbrido. ....	28
Figura 5: Exemplo de Sistema conectado a rede. ....	29
Figura 6: Configuração de um sistema fotovoltaico.....	30
Figura 7: Layout Simulação Sistema solar fotovoltaico.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Eficiência das Placas solares com a tecnologia Cristalina. ....	22
Tabela 2: Local da instalação do Sistema.....	40
Tabela 3: Produção de poluentes em Termo Elétrica Equivalente.....	41
Tabela 4:Característica do Gerador fotovoltaico.....	42
Tabela 5: Características técnicas dos módulos. ....	43
Tabela 6: Características técnicas dos módulos. ....	43
Tabela 7: Dimensões dos Módulos.....	43
Tabela 8: Dados técnicos e características elétricas do inversor. ....	44
Tabela 9: Informações do Inversor em paralelo/serie e suas exposições. ....	45
Tabela 10: Consumo de energia no ano de 2017.....	46
Tabela 11: Produção de Energia.....	47
Tabela 12: Dados Exposição 1. ....	47
Tabela 13: Perdas do sistema. ....	48
Tabela 14: Perdas por Sombreamento. ....	48
Tabela 15: Exposição de Energia. ....	49
Tabela 16: Resumo aquisição do Sistema. ....	51
Tabela 17: Custos anuais de manutenções. ....	51
Tabela 18: Consumo de Energia na unidade consumidora.....	51
Tabela 19: Consumo de energia elétrica no ano de 2017.....	52
Tabela 20: Parâmetros para retorno financeiro.....	53
Tabela 21: Resumo financeiro de retorno sobre a implantação do sistema.....	53
Tabela 22: Resumo econômico do primeiro ano e o último ano de observação do projeto. ....	54



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Sombreamento.....	49
Gráfico 2: Consumo de 2017 em kwh. ....	52
Gráfico 3: Entrada e saída. ....	55
Gráfico 4: VPL. ....	55
Gráfico 5: Montante economia. ....	56
Gráfico 6: TIR %. ....	56

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Potência Pico .....	21
Equação 2: Perdas de potências.....	23
Equação 3: Cálculo de eficiência do Painel Solar .....	25
Equação 4: Fórmula VPL .....	36

## LISTA DE SIGLAS

°C – Graus Celsius

A – Ampere

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Aneel - Agência Nacional de Energia Elétrica

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente continua

CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina

CNPJ- Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica

CO2 - Dióxido de carbono

CPF- Cadastro de Pessoas Físicas

DIT - Demais instalações da transmissão

DPS – Dispositivo de proteção contra raios

$E \left\{ \frac{\text{Wh}}{\text{dia}} \right\}$  = Consumo médio diário anual

En – Energia gerado no Sistema

FC0 - fluxo de caixa do período zero

FCn – fluxo de caixa normal

FL202 – Código interno de nomeação da fazenda onde se encontra o viveiro Florestal

GW - Gigawatt unidade de medida de potência

H2S - Sulfeto de Hidrogênio

HSPmda - Média diária anual de sol pleno incidentes no plano do painel fotovoltaico

Hz – Hertz unidade de medida derivada do SI para frequência

ICMS - Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços

IEC - Comissão Eletrotécnica Internacional

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial

Kg – Kilograma

kg/m<sup>2</sup> - quilograma / metro ao quadrado

km / h – Quilometro por hora

kV – Kilovolt unidade de medida de tensão

kW – Quilowatt

KWh - Quilowatt-hora

kWh/m<sup>2</sup> - Quilowatt-hora/Quilowatt-hora

kWp - Quilowatt pico

l – Tonelada

MJ/m<sup>2</sup> – Megajoule/metro ao quadrado

mm – milímetro

MPPT - Maximum power point tracking tradução rastreamento do ponto de potência máximo.

NO<sub>x</sub> - Óxidos de Nitrogênio

OTA2 – Unidade de Otacílio Costa no segundo centro da unidade da Klabin

Perd - Perda de potência obtida

P<sub>p</sub> – Potência de Pico

PWM - Pulse-width modulation tradução modulação pulsar-largura

SC – Santa Catarina

SFRC – Sistema fotovoltaico conectado à rede

SO<sub>2</sub> - Dióxido de enxofre

STC - condições padronizadas de testes

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

TD - Taxa de desempenho

TEP - Tonelada equivalente de Petróleo

TIR – Taxa interna de retorno

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

V – Volt

VAC - Valve anti-cheat

Vmpp maximo - Tensão de Potência Máxima

Vmpp mínimo – Tensão de Potência Mínima

VPL – Valor presente Líquido

W – Watt

WEG - Wener, Eggon e Geraldo empresa conceituada de materiais elétricos.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>19</b>
2.1	Problema a Ser Pesquisado .....	19
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
3.1.	Objetivo geral.....	20
3.2.	Objetivos específicos .....	20
<b>4.</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>21</b>
4.1.	Princípio de Funcionamentos da Geração Fotovoltaica e Distribuição da Rede Elétrica ...	21
4.1.1.	Equação Potência Necessária Para o Sistema .....	21
4.1.2.	Melhor posição e Inclinação das Placas .....	22
4.1.3.	Eficiência dos painéis solares.....	22
4.1.4.	Tecnologia dos módulos em silício.....	23
4.1.5.	Cálculo de eficiência do painel solar.....	24
4.1.6.	Inversores CC/CA .....	25
4.2.	Categorias Principais dos Sistemas Fotovoltaicos .....	26
4.2.1.	Sistemas Isolados .....	27
4.2.2.	Sistemas Híbridos.....	27
4.2.3.	Sistemas conectados a rede .....	28
4.3.	Funcionamento do sistema <i>On Grid</i> .....	29
4.4.	Distribuição de Energia.....	30
4.4.1.	Geração de Energia Elétrica.....	30
4.4.2.	Rede de Transmissão.....	31
4.4.3.	Rede de Sub-Transmissão .....	31
4.4.4.	Redes de Distribuição .....	31
4.4.5.	Redes de Distribuição Primária.....	32
4.4.6.	Redes de Distribuição Secundária.....	33
4.5.	Energia Solar Fotovoltaica e seus funcionamentos.....	34
4.6.	Indicadores para análise de viabilidade econômico-financeira desse projeto .....	35
4.6.1.	<i>Payback</i> Simples .....	36
4.6.2.	Valor Presente Líquido (VPL) .....	36
4.6.3.	Cálculo do VPL.....	36
4.6.4.	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	37
4.6.5.	Fluxo de Caixa .....	37

<b>5.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>
6.1.	Descrições do sistema .....	40
6.2.	Local de Instalação.....	40
6.3.	Emissões.....	41
6.4.	Radiação Solar .....	42
6.5.	Estruturas de Apoio.....	42
6.6.	Gerador.....	42
6.7.	Inversor Solar .....	43
6.8.	Dimensionamento do Gerador .....	45
6.8.1.	Dimensionamento .....	45
6.8.2.	Produção de Energia Diário e Mensal.....	47
6.8.4.	Perdas por Sombreamento de Obstáculos .....	48
6.8.5.	Exposições.....	49
6.8.6.	Exposição 1 .....	49
6.8.7.	Gráfico de Sombreamento.....	49
6.9.	Verificações.....	50
6.10.	O Gerador Atenda às Seguintes Condições.....	50
6.10.1.	Limites de Tensão .....	50
6.10.2.	Limites de Corrente.....	50
6.10.3.	Limites de Potência .....	50
6.11.	Análise Econômica.....	50
6.11.1.	Análise de Custo .....	51
6.11.2.	Custo Anual.....	51
6.11.3.	Financiamento .....	51
6.12.	Consumo de Energia .....	51
6.12.2.	Consumo de Energia Elétrica .....	52
6.13.	Retorno Financeiro.....	52
6.13.1.	Retorno Sobre o Investimento Sobre a Implantação do Sistema Solar Fotovoltaica. ....	53
6.14.	Resumo Econômico do Primeiro ano e o Último Ano de Observação do Projeto .....	54
6.15.	Gráficos .....	55
6.15.1.	Entrada e Saída.....	55
6.15.2.	VPL .....	55
6.15.3.	Montante (economia) .....	56
6.15.4.	TIR % .....	56

6.16.	Análises do Projeto .....	56
6.16.1.	Bases de Dados para Geração dos Gráficos .....	56
6.16.2.	Históricos de Possíveis Manutenções do Projeto Proposto.....	57
6.17.	Resultado tempo de retorno.....	57
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>58</b>
7.1.	Considerações Finais.....	58
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>



## 1. INTRODUÇÃO

No contexto mundial, a estrutura energética atual de geração de eletricidade está essencialmente baseada no consumo massivo de combustíveis não renováveis, o que conduz inevitavelmente, a um esgotamento das reservas assim como gera ameaça real ao meio ambiente. Todavia a utilização dessas fontes não renováveis tem provocado impactos ambientais que vêm sendo comprovados e causa grande preocupação nas populações mundiais.

As fontes de energias não renováveis contribuem para o efeito estufa, além do aquecimento global, catástrofes climáticas e valores altos aos custos de combustíveis para empresas, comércios e até mesmo residenciais. Na maioria dos países existe uma grande preocupação com meio ambiente, pois isso vem aumentando o espaço para as energias renováveis no mercado mundial. LODI (2011)

Segundo LODI (2011) as preocupações com meio ambiente, desenvolvimento econômico e social, o aumento do preço dos combustíveis fósseis, o aumento da demanda energética, as políticas governamentais, segurança energética são alguns dos motivos que levam a utilização de energias renováveis.

A energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável por usar a energia que vem do sol, ela não possui nenhum impacto ambiental quando comparado aos impactos em que uma usina hidrelétrica, nuclear ou termelétrica pode causar. Investir em energia solar, é uma aposta consciente tanto ambiental quanto sustentável.

No Brasil, este tipo de energia tornou-se uma opção para a população graças à regulamentação da Aneel, que permite a troca da energia produzida pelos painéis por créditos em kWh na fatura de energia caso o sistema tenha possibilidade de ser *on grid*.

Segundo JARDIM (2007) as fontes de energias renováveis, atualmente são, um dos mais importantes assuntos para as discussões sobre o futuro da humanidade.

Um investimento em energia solar é uma das melhores opções para reduzir os custos com produção de energia. Ao investir em energia solar a empresa diminuirá os custos de manutenção dos sistemas de produção de energia, além das faturas de despesas elétricas, sem contar que a durabilidade dos painéis solares fotovoltaicos é de cerca de vinte e cinco anos conforme confirmações de fornecedores deste sistema, ou seja, este é um investimento de retorno em longo prazo, colabora com o meio ambiente e tem durabilidade longa.

Portanto, o viveiro florestal analisado no trabalho poderá se tornar sustentável em produção de energia elétrica com a instalação da energia solar *on grid*. Este, é um investimento que obterá um retorno à longo prazo, o custo com a instalação inicialmente será alto, mas o sistema possui baixa manutenção e uma vida útil de 25 anos. Se for bem planejado, poderá ter uma redução considerável em gastos de energia elétrica, se tornando uma fonte renovável e sustentável em produção de energia ecologicamente correta.

Devido aos gastos no consumo de energia, o presente estudo surgiu auxiliar na redução de custos. Este projeto será um piloto sobre geração de energia renovável na área do viveiro florestal e com princípio de analisar a viabilidade econômica para esta geração de energia e seus benefícios sobre a implantação do sistema proposto no viveiro da empresa Klabin.

O centro administrativo da unidade da Klabin OTA2 do setor florestal está localizado na avenida Olinkraft, 6602 na cidade de Otacílio Costa no estado de Santa Catarina. A instalação do sistema, a ser estudado será no viveiro florestal onde se encontra no endereço FL202 Fazenda Westarp, Imagem 01 abaixo:

**Figura 1: Viveiro Florestal.**



**Fonte: Drone Klabin SA 2018**

Optar por essa forma de geração de energia é sem dúvida uma escolha ambientalmente responsável, pois a energia solar é uma energia 100% limpa, não emitindo gases poluentes na sua geração e nem prejudicando a fauna e a flora do local. A preservação do meio ambiente um parâmetro em que a empresa Klabin se destaca no mercado atualmente.

Este estudo define-se como uma pesquisa exploratória, que é realizada por meio de um estudo de caso em uma Indústria localizada no Estado de Santa Catarina, na cidade de Otacílio Costa.

Foram realizadas algumas análises dos sistemas propostos, incluindo possíveis fornecedores os painéis solares, inversores de frequência, entre outros itens necessários ao processo de construção de uma central de mini geração distribuída de energia elétrica.

Em seguida, foram realizados os cálculos da geração de energia com base nas informações coletadas na empresa Klabin.

No fim, também foi realizado o cálculo do investimento necessário para instalação do sistema proposto, com base em orçamento de equipamentos fornecido por um possível fornecedor. E para a análise da viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica será analisados o *payback* simples, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno.

Conforme no trabalho demonstrará que a implantação de sistemas solares fotovoltaicas é um método inovador e essencial para a sociedade, reduzindo custos, contribuindo ainda para o meio ambiente ao produzir energia limpa, renovável e sem emissão de poluentes.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Este projeto possui relevância por propor uma alternativa sustentável em geração de energia que tem por base a geração de energia solar fotovoltaica, em implantação do sistema solar ao uso de combustíveis renováveis, o sol, visando uma redução nos custos e retorno financeiro em longo prazo para a empresa Klabin, além das reduções dos impactos ambientais sobre o cenário atual.

### **2.1 Problema a Ser Pesquisado**

Alto custo nas faturas de geração de energia elétrica no viveiro florestal da unidade de Santa Catarina, na empresa Klabin.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Comparar e estudar a viabilidade para implantação de um sistema solar fotovoltaica de para geração de energia elétrica especificamente no viveiro florestal em Otacilio Costa na empresa Klabin.

#### **3.2. Objetivos específicos**

Dentre o objetivo geral do trabalho, enumeram-se os seguintes objetivos específicos:

1. Fazer o levantamento bibliográfico relacionado ao tema do TCC;
2. Pesquisar sobre normas, regulamentação, funcionamento sistema solar fotovoltaica *on grid*;
3. Conhecer a instalação elétrica do viveiro florestal que será analisada para possibilidade de implantação do sistema;
4. Coletar o consumo das faturas de energia da instalação, as manutenções sobre o projeto a ser realizado;
5. Entrar em contato com algum fornecedor para verificar valores do projeto;
6. Fazer estudo de viabilidade para a implantação do sistema fotovoltaico;
7. Levantar os impactos na fatura do viveiro florestal com a implantação do sistema fotovoltaica e mencionar os resultados sobre o projeto;
8. Concluir com os resultados analisados e destacar os números sobre a viabilidade do projeto.

## 4. REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1. Princípio de Funcionamentos da Geração Fotovoltaica e Distribuição da Rede Elétrica

Geradores de energia solar fotovoltaica são dispositivos capazes de transformar a energia do sol em energia elétrica para que possam ser usadas em casa ou em empresas. Essa transformação se nomeia como energia fotovoltaica.

O gerador de energia solar é uma ótima opção para economizar, produzindo sua própria energia elétrica utilizando a Luz do sol. Pois nos tempos atuais com o aquecimento global que tem como uma das causas o aumento exagerado do uso de combustíveis fósseis que trazem algumas consequências negativas ao planeta além da poluição.

A energia fotovoltaica é fornecida de painéis formados por células fotovoltaicas que através da energia do sol geram energia elétrica.

A transformação de energia solar em energia elétrica é feita nas células solares através do efeito fotovoltaico, isto acontece através da radiação. Esse efeito fotovoltaico acontece quando a energia do sol incide sobre átomos de silício, gerando assim a emissão de elétrons, formando corrente elétrica. Ao contrário do que se pensa esse processo não depende da quantidade de calor, pois, o rendimento da célula solar cai quando a temperatura dela aumenta.

#### 4.1.1. Equação Potência Necessária Para o Sistema

A potência necessária para atender 100% da carga de um consumidor, por meio de um sistema fotovoltaico, pode ser obtida por meio da seguinte equação 1:

Equação 1 – Potência pico

**Equação 1: Potência Pico**

$$Pp = \frac{E}{HSPmda \cdot TD}$$

$Pp$  (Wp) = Potência Pico

TD = Taxa de Desempenho

$E \left\{ \frac{Wh}{dia} \right\}$  = Consumo médio diário anual

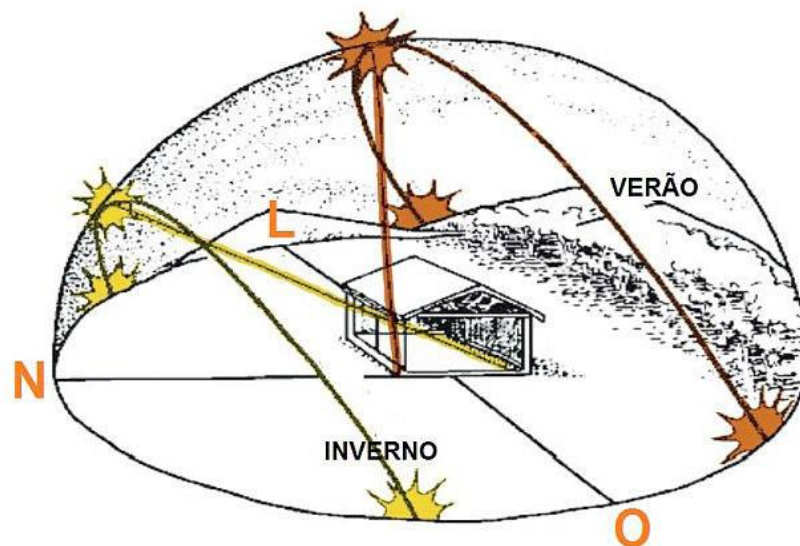
$HSP_{mda} \left( \frac{h}{\text{dia}} \right) = \text{Média diária de sol pleno incidente no plano do painel fotovoltaico}$

#### 4.1.2. Melhor posição e Inclinação das Placas

Acontece através de placas fotovoltaicas, que são responsáveis por transformar a radiação solar em energia elétrica. A posição ideal para os painéis fotovoltaicos é voltada para linha do equador, direção Norte, para a maioria dos estados do Brasil.

O Sol nasce no leste, sobe se inclinando ao Norte e se põe no Oeste, como na figura 2 abaixo:

Figura 2: Posição do sol durante o dia e estações do ano.



Fonte: Projeto Solar. 2018.

A Inclinação Ideal das placas solares no SFRC – Sistema fotovoltaico conectado à rede conforme cálculo abaixo:

$$B = 3,7 + 0,69 * \text{latitude.}$$

#### 4.1.3. Eficiência dos painéis solares

Eficiência de painéis solares, na tabela abaixo a variação de eficiência dos painéis solares fabricados com a tecnologia cristalina:

Tabela 1: Eficiência das Placas solares com a tecnologia Cristalina.

<b>Eficiência</b>	<b>% do total de painéis produzidos</b>	<b>Diferenças</b>
>= 18%	~ 10%	Mais eficientes
17-17.9%	~ 30%	Acima da média da eficiência
16-16.9%	~ 30%	Eficiência Padrão
15-15.9%	~ 20 %	Abaixo da média de eficiência
<15.0%	~ 10%	Os painéis menos eficientes

Fonte: Projeto Solar 2018.

Os painéis solares feitos com silício cristalino são os mais utilizados no mundo e hoje representam aproximadamente 80% do mercado.

As perdas de potências das placas conforme exemplo abaixo:

$$46^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C} \Rightarrow 21^{\circ}\text{C} \times 0,42\% = 8,82\%$$

**Equação 2: Perdas de potências.**

Então o painel escolhido para este projeto do fabricante CSI CANADIAN SOLAR INC vai perder 0,42% da sua potência máxima para cada grau acima de 25°C, totalizando de uma perda de 8,82%.

46° C: Entorno 20°C a 21°C a mais do que a temperatura ambiente

25° C: temperatura ambiente

21°C: Diferença

0,42%: % da perda de potência para cada grau acima de 25°C.

8,82%: Resultado da perda da potência máxima de cada painel.

#### **4.1.4. Tecnologia dos módulos em silício**

O silício cristalino segue sendo, no entanto, o líder entre as tecnologias fotovoltaicas para aplicações terrestres em qualquer escala, principalmente porque nos principais mercados mundiais (Japão e Alemanha) a área ocupada por um arranjo fotovoltaico é uma limitação para as tecnologias fotovoltaicas que apresentam uma menor eficiência de conversão (RÜTHER, 2004).

Silício Cristalino, as células de silício cristalino se dividem em monocristalinas e policristalinas ou multicristalinas. Células solares monocristalinas, ou monocristal (“*single crystal*”), são produzidas a partir de uma “fatia” de um cristal de silício de alta qualidade.



Células solares policristalinas são cortadas de um bloco de silício multicristalino de menor qualidade e são menos eficientes, mas de produção mais barata, quando comparadas com as monocristalinas (SILVA, 2006).

Silício Monocristalino, o Quartzo é utilizado como fonte de silício, apesar de a areia também poder ser utilizada. A grande experiência na sua fabricação e a pureza do material garantem alta confiabilidade do produto e altas eficiências, sendo normalmente mais eficiente do que a tecnologia de silício policristalino. Devido às quantidades de material utilizado e à energia envolvida na sua fabricação, esta tecnologia apresenta sérias barreiras para redução de custos, mesmo em grandes escalas de produção (CEPEL, 2004).

Silício Policristalino ou Multicristalino nesta tecnologia o material de partida é o mesmo que para o silício monocristalino, sendo menos eficiente em termos de conversão fotovoltaica. Porém, na prática, o silício policristalino alcança eficiências muito próximas das oferecidas em células monocristalinas. A quantidade de material por célula é basicamente a mesma, com a vantagem de um custo mais baixo de produção, já que a perfeição cristalina é menor e o processamento mais simples (RÜTHER, 2004).

Nos últimos anos, a participação do silício multicristalino tem crescido no mercado fotovoltaico mundial, em detrimento do monocristalino, e atualmente mais de 50% da produção mundial o utiliza (RÜTHER, 2004). Esta tecnologia pode ser também produzida sob a forma de tiras ou fitas (*ribbon technology*).

Para o estudo de caso apresentado a seguir no trabalho, esta tecnologia foi a escolhida para compor o sistema fotovoltaico, onde os módulos possuem eficiência de 16,8% e são de fabricação CSI CANADIAN SOLAR INC.

#### **4.1.5. Cálculo de eficiência do painel solar**

Cálculo de eficiência da placa solar CSI CANADIAN SOLAR INC conforme abaixo:

Para isso você vai precisar saber altura e largura exatas da placa solar e também a sua potência.

Exemplo dos painéis a serem utilizados no projeto em análise: Painel Solar de 330 Watts com altura de 1,972m e largura de 0,996m.

1. Calcule a área do Painel Solar =>  $1.972 \text{ m} \times 0.996 \text{ m} = 1.964112 \text{ m}^2$
2. Divida a potência do Painel Solar por sua área =>  $330 \text{ Watts} / 1.964112 \text{ m}^2 = 168.01 \text{ Watts/m}^2$

3. Divida o resultado acima por 10 para chegar a eficiência em porcentagem => 168,01 watts/m<sup>2</sup> /10 = 16.80 %

**Equação 3: Cálculo de eficiência do Pannel Solar**

$$1.972 \text{ m} * 0.996 \text{ m} = 1.964112 \text{ m}^2$$

$$\frac{330 \text{ w}}{1.964112} \text{ m}^2 = 168.01 \text{ Watts/m}^2$$

$$\frac{168.01 \text{ watts/m}^2}{10} = 16.80\%$$

O painel solar calculado no exercício acima possui uma eficiência de 16.80% nas condições padrão de teste.

O gerador solar trás diversos benefícios, o mesmo usa energia limpa e renovável. O impacto no meio ambiente é menor ainda que a energia das hidrelétricas onde seja necessário inundar vales, florestas e cidades para se produzir energia. Reduz despesas, valoriza as propriedades e empresas ao seu investimento.

A energia solar é a energia que é obtida pela luz do Sol que pode ser captada com painéis solares. É uma fonte de vida e de origem da maioria das outras formas de energia na Terra. A energia solar chega ao planeta nas formas térmica e luminosa.

Além disso, sua irradiação na superfície da Terra é suficiente para atender milhares de vezes o consumo mundial de energia. Essa radiação, porém, não atinge de maneira uniforme toda a crosta terrestre. Depende da latitude, da estação do ano e de condições atmosféricas como nebulosidade e umidade relativa do ar.

No Brasil somos privilegiados em termos de radiação solar. O Nordeste brasileiro apresenta radiação comparável às melhores regiões do mundo nessa variável. O que, porém, não ocorre em tão grande escala em localidades mais distantes da linha do Equador, como as regiões Sul e Sudeste. A produção de energia solar vem aumentando nos últimos anos.

#### **4.1.6. Inversores CC/CA**

Inversores CC/CA a maioria das cargas que utilizamos são projetadas para operar com corrente alternada e uma vez que a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos é acumulada em baterias, que apresentam corrente continua, é necessário transformar esta energia CC em CA. Por este motivo são utilizados inversores, que tem como principal

função, converter o sinal elétrico contínuo em alternado, ajustando a frequência, a tensão da rede e a forma de onda, ao dispositivo que estará ligado.

Segundo CRESESB (2004), para se especificar um inversor devemos levar em consideração à potência elétrica que deverá alimentar, em operação normal, por determinado período de tempo. E caso utilize motores ou outras cargas que drenem uma alta taxa de corrente no seu acionamento, deve-se avaliar a potência de pico necessária para a partida destes dispositivos, que requerem de duas a sete vezes a potência nominal para entrarem em funcionamento.

Os inversores monofásicos são utilizados para aplicações de baixa potência (até 5 kW) e para valores maiores do que este os inversores trifásicos são mais comuns.

A forma de onda de saída é uma indicação da qualidade e do custo do inversor porque esta depende do método de conversão e filtragem utilizados para a onda e eliminar o excesso de harmônicos. As mais comuns são: onda quadrada, onda quadrada modificada (retangular), senoidal. Sendo os inversores de onda senoidal os melhores, porque através dele se obtém um desempenho ótimo e estes se aproximam mais do sinal existente na rede elétrica.

Os inversores de onda quadrada fornecem uma saída CA com harmônicos elevados e pequena regulação de tensão e comparando com a operação em tensão senoidal da rede elétrica, um motor de indução, que utilize estes inversores, tem somente cerca de 60% do seu torque normal e aquecimentos indesejáveis (CRESESB 2006).

De acordo com o CRESESB (2004), os inversores podem ser danificados se receberem uma tensão na entrada DC maiores do que os níveis de tensão permitidos para o aparelho. Além disto, é recomendável inserir um controle de proteção que desligue o dispositivo caso as cargas demandem uma potência que exceda a capacidade máxima ou se a temperatura de operação do inversor estiver acima do especificado.

Existem alguns inversores que são projetados para compensarem as cargas indutivas, corrigindo o fator de potência e maximizando a utilização da energia fornecida.

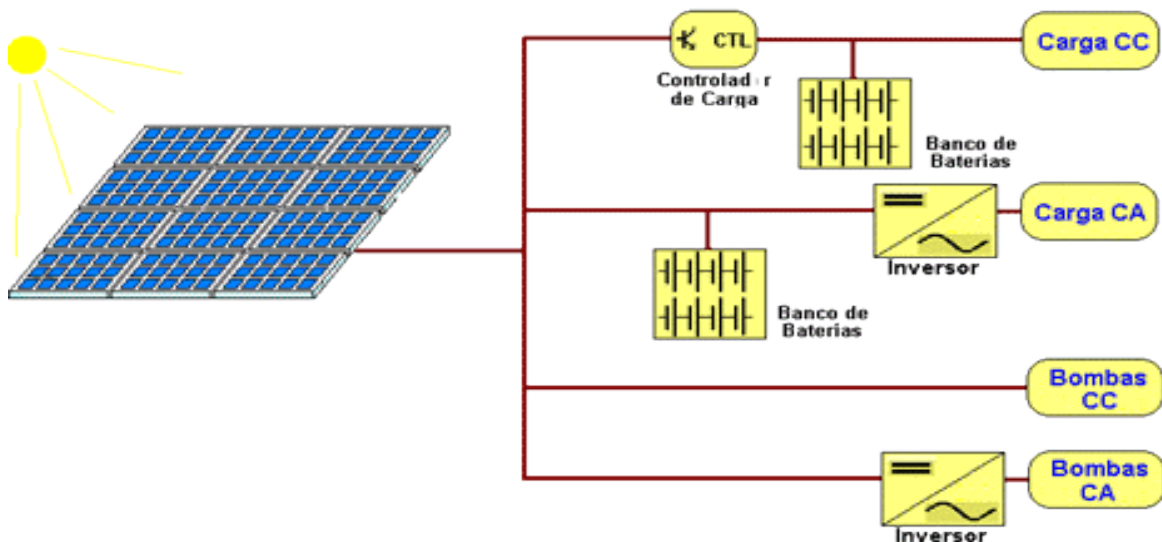
#### **4.2. Categorias Principais dos Sistemas Fotovoltaicos**

Sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três categorias principais: isolados, híbridos ou conectados à rede. A utilização de cada uma dessas opções dependerá da aplicação e/ou da disponibilidade de recursos energéticos. Cada um deles poderá ser de complexidade variável dependendo da aplicação em questão e das restrições específicas de cada projeto.

#### 4.2.1. Sistemas Isolados

Sistemas isolados ou também chamados de *off grid*, em geral, utilizam-se alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento pode ser feito através de baterias, quando se deseja utilizar aparelhos elétricos, ou armazenar-se na forma de energia gravitacional quando se bombeia água para tanques em sistemas de abastecimento. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, o que é o caso da irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida ou estocadas em reservatórios.

Figura 3: Diagrama de sistemas fotovoltaicos *off grid*.



Fonte: CRESESB 2006.

É usado um dispositivo para controlar a carga e a descarga na bateria. Este controlador de carga possui a função de não deixar que ocorra danos na bateria por sobrecarga ou descarga profunda. O controlador de carga é usado em sistemas pequenos onde os aparelhos utilizados são de baixa tensão e corrente contínua.

Para que ocorra a alimentação desses equipamentos de corrente alternada (CA) é necessário um inversor, que é um dispositivo usado para incorporar um seguidor de ponto de máxima potência necessário para otimização da potência final produzida. Este sistema é usado quando se deseja mais conforto na utilização de eletrodomésticos convencionais.

#### 4.2.2. Sistemas Híbridos

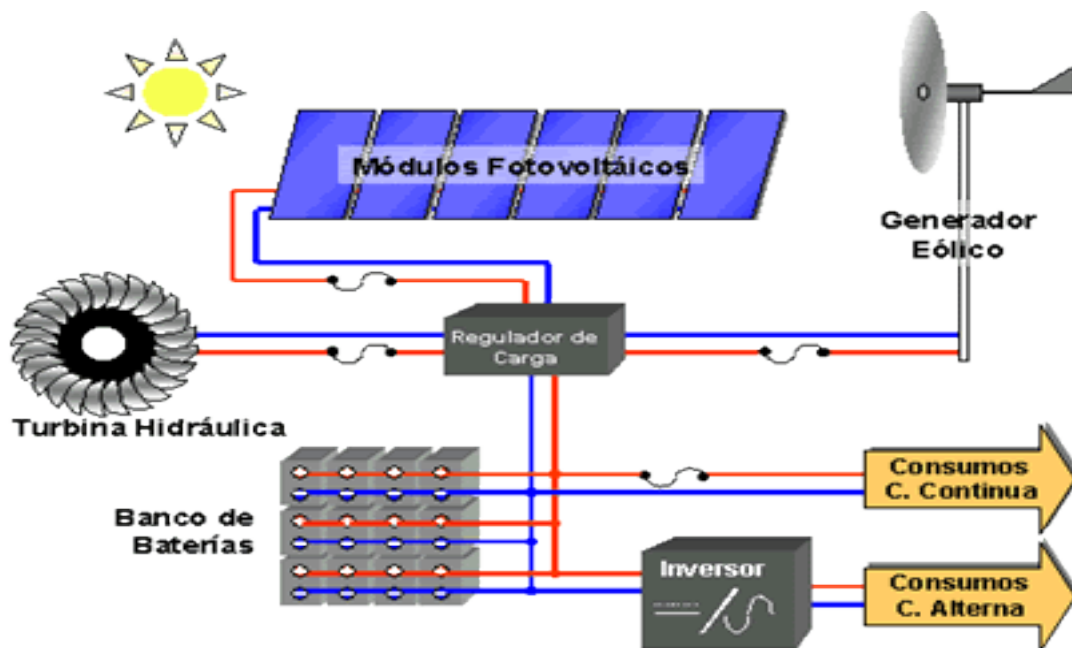
Para aquecer e armazenar água quente na caldeira ou boiler para o uso à noite. Os sistemas híbridos são, apresentam várias fontes de energia, e são desconectados da rede convencional, exemplo, geradores a diesel, painéis fotovoltaicos etc. o sistema híbrido

também apresenta um inversor. Devido a grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, a forma de otimização do sistema. Além disso, é necessário um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para o usuário. No Brasil ainda não existe uma legislação que permita a instalação de Sistemas Híbridos.

O sistema híbrido renovável abaixo é um que fornece eletricidade a partir de um gerador de vento e painéis solares do sol durante o dia, e continua a ser alimentado pela fonte gerador de energia eólica, juntamente com a energia armazenada nas baterias durante a noite.

Este tipo de sistema de energia híbrido renovável podem também incluir um sistema de aquecimento de água solar térmica que absorve a radiação do sol durante o dia.

**Figura 4: Exemplo de Sistema híbrido.**



Fonte: Portal Solar 2018.

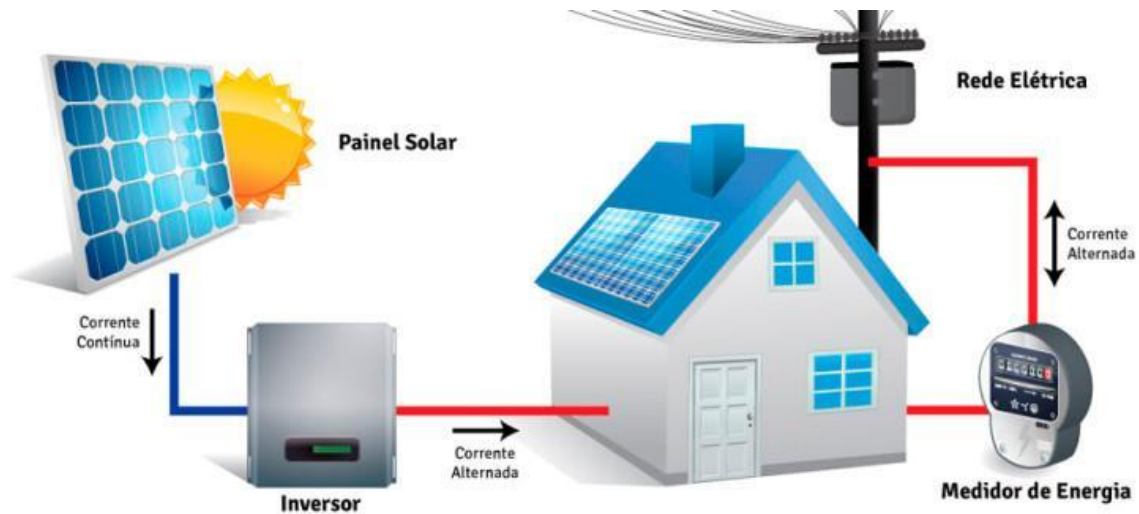
#### 4.2.3. Sistemas conectados a rede

Os sistemas conectados à rede elétrica, a energia é gerada através dos módulos solares, representa uma fonte de energia complementar, à energia da distribuidora ao qual o usuário está conectado são sistemas que geralmente não utilizam armazenamento de energia, pois toda energia gerada pelos módulos solares fotovoltaicos (durante o dia), é entregue à rede elétrica instantaneamente.

Pois estes sistemas utilizam grandes números de painéis fotovoltaicos, esses painéis não usam o armazenamento de energia solar, porém a energia é entregue direto na rede. Este tipo de sistema é uma fonte de energia que serve para complementar o sistema elétrico de grande porte no qual está conectada. Todo o arranjo é conectado em inversores e logo em

seguida guiado diretamente na rede. Estes inversores devem satisfazer as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada.

**Figura 5: Exemplo de Sistema conectado a rede.**



**Fonte: Universo Solar energia do futuro 2008.**

No Brasil já existe a regulamentação da Aneel que permite o funcionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede assim como o sistema de compensação energético, habilitando o consumidor de energia elétrica das distribuidoras a produzirem sua própria energia e pagar apenas uma taxa mínima em sua conta de luz referente a acessibilidade a rede de distribuição elétrica.

Porém este sistema é totalmente dependente da rede elétrica e não funciona se não houver eletricidade. Quando a energia da distribuidora cai, é usado o inversor de frequência para de injetar eletricidade, e só volta a injetar alguns minutos depois da energia voltar.

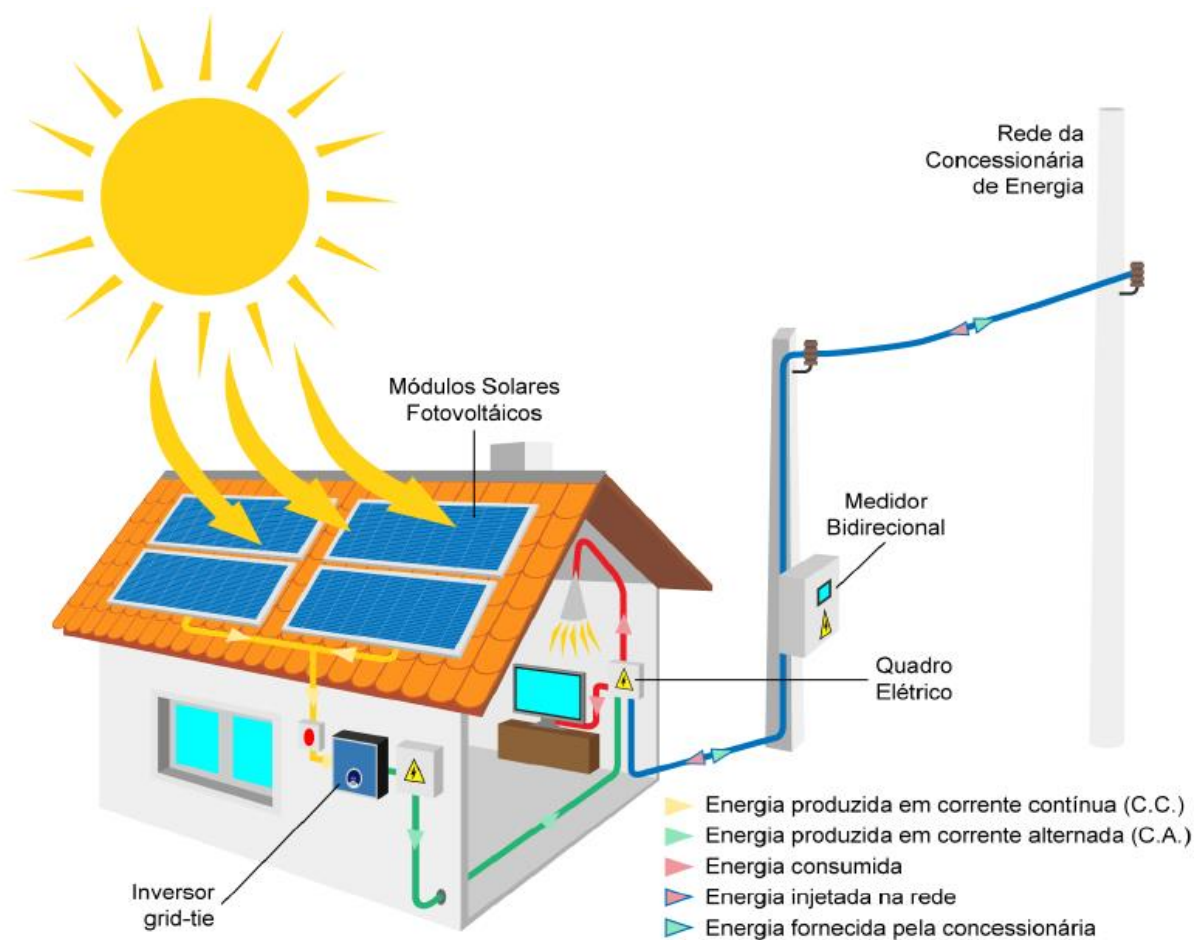
#### **4.3. Funcionamento do sistema *On Grid***

O sistema capta a radiação solar através dos painéis fotovoltaicos e os converte em energia elétrica em um fluxo de corrente contínua (CC), esta energia então passa por um quadro de proteção com Disjuntores e DPS's e é enviada até um Inversor Solar que vai fazer a conversão dessa energia para Corrente Alternada (CA) a 60 Hz. Após a energia estar padronizada dentro das normas da CELESC ela é enviada para o quadro geral de distribuição da unidade e está disponível para consumo direto.

Caso o sistema gere mais energia do que a unidade estiver consumindo no momento a sobra é enviada a CELESC a título de empréstimo gratuito e vem como crédito na fatura de energia. Este crédito fica armazenado na CELESC por até 60 meses e é consumido nos períodos que o sistema gerar menos energia do que a unidade necessitar conforme citado

acima. O sistema opera em paralelo com a distribuidora, então caso ele não produza toda a energia necessária para mover a unidade consumidora a CELESC contribui com a diferença, porém caso haja falta de energia na rede da distribuidora o sistema por Norma da Aneel se desliga automaticamente e só volta há operar 3 minutos após o retorno da energia da CELESC.

**Figura 6: Configuração de um sistema fotovoltaico.**



Fonte: Projeto Solar, 2018.

## 4.4. Distribuição de Energia

### 4.4.1. Geração de Energia Elétrica

Na geração de energia elétrica uma tensão alternada é produzida, a qual é expressa por uma onda senoidal, com frequência fixa e amplitude que varia conforme a modalidade do atendimento em baixa, média ou alta tensão. Essa onda senoidal propaga-se pelo sistema elétrico mantendo a frequência constante e modificando a amplitude à medida que trafegue

por transformadores. Os consumidores conectam-se ao sistema elétrico e recebem o produto e o serviço de energia elétrica.

#### **4.4.2. Rede de Transmissão**

A rede de transmissão liga as grandes usinas de geração às áreas de grande consumo. Em geral apenas poucos consumidores com um alto consumo de energia elétrica são conectados às redes de transmissão onde predomina a estrutura de linhas aéreas. A segurança é um aspecto fundamental para as redes de transmissão. Qualquer falta neste nível pode levar a descontinuidade de suprimento para um grande número de consumidores. A energia elétrica é permanentemente monitorada e gerenciada por um centro de controle. O nível de tensão depende do país, mas normalmente o nível de tensão estabelecido está entre 220 kV e 765 kV.

#### **4.4.3. Rede de Sub-Transmissão**

A rede de sub-transmissão recebe energia da rede de transmissão com objetivo de transportar energia elétrica a pequenas cidades ou importantes consumidores industriais. O nível de tensão está entre 35 kV e 160 kV.

Em geral, o arranjo das redes de sub-transmissão é em anel para aumentar a segurança do sistema. A estrutura dessas redes é em geral em linhas aéreas, por vezes cabos subterrâneos próximos a centros urbanos fazem parte da rede. A permissão para novas linhas aéreas está cada vez mais demorada devido ao grande número de estudos de impacto ambiental e oposição social. Como resultado, é cada vez mais difícil e caro para as redes de sub-transmissão alcançar áreas de alta densidade populacional. Os sistemas de proteção são do mesmo tipo daqueles usados para as redes de transmissão e o controle é regional.

#### **4.4.4. Redes de Distribuição**

As redes de distribuição alimentam consumidores industriais de médio e pequeno porte, consumidores comerciais e de serviços e consumidores residenciais.

Os níveis de tensão de distribuição são assim classificados segundo Aneel:

- Alta tensão de distribuição (AT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou superior a 69kV e inferior a 230kV.
- Média tensão de distribuição (MT): tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1kV e inferior a 69kV.
- Baixa tensão de distribuição (BT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1kV. De acordo com a Resolução No 456/2000 da ANEEL e o módulo 3 do



Produst, a tensão de fornecimento para a unidade consumidora se dará de acordo com a potência instalada:

- Tensão secundária de distribuição inferior a 2,3kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW;
- Tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW;
- Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: quando a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for superior a 2.500 kW.

As tensões de conexão padronizadas para AT e MT são: 138 kV (AT), 69 kV (AT), 34,5 kV (MT) e 13,8 kV (MT). O setor terciário, tais como hospitais, edifícios administrativos, pequenas indústrias, etc, são os principais usuários da rede MT.

A rede BT representa o nível final na estrutura de um sistema de potência. Um grande número de consumidores, setor residencial, é atendido pelas redes em BT. Tais redes são em geral operadas manualmente.

Os níveis de tensões praticados no Brasil são: 765 kV, 525 kV, 500 kV, 440 kV, 345 kV, 300 kV, 230 kV, 161 kV, 138 kV, 132 kV, 115 kV, 88 kV, 69 kV, 34,5 kV, 23 kV, 13,8 kV, 440 V, 380 V, 220 V, 110 V.

#### **4.4.5. Redes de Distribuição Primária**

As redes de distribuição primária, ou de média tensão, surgem a partir das subestações de distribuição e são responsáveis pela alimentação dos transformadores de distribuição que suprem à rede secundária, ou de baixa tensão. Além da alimentação das estações transformadoras de distribuição, as redes primárias também atendem aos consumidores primários, dentro os quais se destacam indústrias de médio porte e grandes conjuntos comerciais.

De acordo com KAGAN (2005), as redes primárias podem ser aéreas ou subterrâneas, sendo que as primeiras possuem uso mais difundido pelo seu menor custo, e, as segundas possuem grande aplicação em áreas de maior densidade de carga, ou onde há restrições paisagísticas, como já foi visto anteriormente.

#### 4.4.6. Redes de Distribuição Secundária

As redes de distribuição secundárias abrangem o sistema de distribuição alimentado pelo secundário dos transformadores. No Brasil, a tensão de distribuição secundária está padronizada nos valores 127/220 V e 220/380 V, havendo predomínio da primeira BURATTI (2005).

Em redes secundárias trifásicas são utilizados nas linhas de baixa tensão 4 condutores, sendo 3 correspondentes às fases e o quarto condutor ao neutro. Nas redes monofásicas, as linhas são constituídas geralmente por três condutores, duas fases e um neutro. Em ambos os casos, o condutor neutro é multi aterrado e comum à rede primária.

As redes secundárias utilizadas pelas concessionárias de energia podem ser do tipo convencional ou multiplexada. Na rede convencional são utilizados condutores não isolados verticalmente, ao passo que na rede multiplexada são utilizados cabos fase isolados e torcidos ao redor de um condutor nu, que possui duas funções: sustentação da rede (cabo mensageiro) e neutro.

As linhas secundárias em áreas urbanas são geralmente instaladas sob a linha primária quando da presença da mesma, sendo os postes compartilhados entre as linhas. O afastamento mínimo entre a linha secundária e a linha primária de classe 15 KV é de 80 cm, e de 100cm para redes de classe 35 KV. Os postes são instalados tipicamente com distâncias entre vãos na faixa de 30m a 40m, para áreas urbanas.

A altura mínima entre os condutores da rede e o solo é geralmente na faixa de 3,5 m a 6,0m dependendo da localização (tipo de logradouro) da linha. Embora possam ser encontrados afastamentos diferentes para cada tipo de logradouro entre as concessionárias, os valores utilizados pelas concessionárias devem estar de acordo com a norma NBR 5433/5434. Na rede convencional os condutores são dispostos verticalmente, geralmente com separação entre condutores de 20 cm, sendo o condutor neutro isolado acima dos condutores fase.

A linha de baixa tensão é montada sobre suportes isolados denominados estribos, que podem ser duplos ou simples. O condutor neutro contínuo na rede de distribuição primária é comum à rede secundária, aterrado em intervalo padrão. A função do aterramento do condutor neutro e demais equipamentos elétricos é proteger as pessoas e os equipamentos, assegurando o bom funcionamento dos equipamentos de proteção do sistema elétrico.

A distância típica entre os intervalos de aterramento do neutro se encontra na faixa de 150m a 300m. Para distâncias entre pontos de aterramento iguais a 300m, fica garantido que nenhum ponto da rede de distribuição secundária fique afastado mais que 200m de um ponto

de aterramento. Todo final de rede é aterrado.

Nas redes urbanas, a alimentação dos consumidores em baixa tensão é feita através de um ramal de ligação, que compreende os condutores e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o ponto de entrega de energia. Sua instalação e manutenção são de responsabilidade da concessionária. O comprimento máximo do ramal de ligação é, geralmente, de 30m, podendo chegar a 35m em final de linha. A derivação do ramal de ligação é preferencialmente realizada nos postes, podendo ser utilizados tanto cabos isolados quanto cabos não isolados. A entrada do ramal da unidade consumidora possui um ponto de aterramento, onde são conectados o condutor neutro e a caixa metálica do medidor. Uma das características das redes secundárias urbanas é a grande diversidade de configurações de montagem e traçado de linhas, uma vez que os loteamentos nem sempre obedecem a um padrão.

As redes de baixa tensão são projetadas de modo a minimizar os custos anuais de investimento inicial, ampliações, modificações e perdas, dentro do horizonte de projeto (10 anos, normalmente). A máxima queda de tensão admitida na rede secundária é de 3,5%. Para atender essas especificações, as redes secundárias são geralmente curtas (de 100m a 400m) e não interligadas. Em regiões com baixa demanda, uma linha mais longa é inicialmente construída com previsão de seccionamento no quinto ano, quando o limite dos condutores é atingido. Assim aumenta-se a capacidade da rede sem a substituição dos condutores previamente instalados.

Este tipo de rede pode operar na configuração radial ou em anel, suprindo os consumidores de baixa tensão, consumidores residenciais, pequenos comerciantes e indústrias de pequeno porte, podendo atingir, por circuito, comprimentos da ordem de centenas de metros. Destaca-se, neste tipo de rede, o predomínio de consumidores residenciais.

#### **4.5. Energia Solar Fotovoltaica e seus funcionamentos**

A energia solar é abundante podendo ser utilizada de diversas formas. Dentre elas encontra-se o aproveitamento de energia através do estudo fotovoltaico, que recebe este nome por conta da geração de energia realizada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade (SCHERER, 2015).

Tendo em vista que a radiação do sol por ano na superfície da Terra é suficiente para atender milhares de vezes o consumo anual de energia do mundo, ocorre a redução dos impactos ambientais e ainda favorece os países que sofrem com escassez de fontes primárias para geração de energia.

De acordo com IMHOFF (2007), o sistema fotovoltaico é composto de “células” de material semicondutor que converte a luz solar diretamente em energia elétrica. Dentre os materiais semicondutores utilizados, o silício é o mais empregado.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos quanto às suas formas de aplicação, em sistemas isolados (*off grid*) ou em sistemas conectados à rede elétrica (*On grid*).

Segundo VILLALVA e GAZOLI (2012), o sistema *off grid* (isolados) é independente da rede elétrica convencional, sendo sua utilização muito eficiente em locais carentes de distribuição elétrica.

O Sistema *Off Grid*, podem usar bancos de baterias como armazenamento da energia gerada, para que essa seja utilizada nos dias que não houver incidência do sol ou mesmo no período da noite (MARINI; ROSSI, 2005).

Diferente dos sistemas isolados, o *On Grid* trabalha em paralelo com a rede distribuidora de energia (rede pública). Esse sistema não precisa de baterias, tornando-se mais viável ao consumidor além de contribuir com a redução dos custos mensais nas faturas de energia, tendo em vista os incentivos propostos pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 (PEREIRA; OLIVEIRA, 2013).

O sistema do qual será analisado a viabilidade econômico financeira nessa pesquisa, tendo em vista que o viveiro florestal possui acesso a rede elétrica, pretende-se reduzir parcialmente o consumo mensal (SIQUEIRA, 2013).

Segundo SIQUEIRA (2013), o sistema *On Grid* é composto pelos seguintes elementos: painéis fotovoltaicos, inversores, cabos, estruturas de fixação para os painéis e proteções elétricas.

O sistema fotovoltaico pode ser formado por um ou mais painéis, seu dimensionamento depende da energia necessária para a estrutura projetada. São os painéis que geram a eletricidade e os inversores transformam a corrente contínua em corrente alternada, ajustando a voltagem e sincronizando o sistema com a rede distribuidora de energia (RUTHER, 2004).

#### **4.6. Indicadores para análise de viabilidade econômico-financeira desse projeto**

Existem diferentes tipos de indicadores de viabilidade econômica podem ser utilizados. Para esta análise, que tem por objetivo verificar a viabilidade econômico-financeira da instalação de geradores de energia solar fotovoltaica serão analisados o *payback* descontado, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o valor anual uniforme equivalente.

#### 4.6.1. *Payback* Simples

O *payback* simples (ou período de *payback*), ou período de *payback* é o método mais simples para se analisar a viabilidade de um investimento. É definido como o número de períodos, anos, meses, semanas etc. Para se recuperar o investimento inicial. Para se calcular o período de *payback* de um projeto basta somar os valores dos fluxos de caixa auferidos, período a período, até que essa soma se iguale ao valor do investimento inicial.

#### 4.6.2. Valor Presente Líquido (VPL)

Segundo SOUZA (2003) o (VPL) valor presente líquido corresponde “à diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento inicial necessário” Nesse contexto, GITMAN (2001) diz que o VPL nada mais é que uma técnica de orçamento sofisticada. E o seu valor é determinado subtraindo-se do valor inicial de um projeto, o valor presente das entradas líquidas de caixa, descontadas a uma taxa igual ao custo do capital da empresa LEMES JÚNIOR, RIGO e CHEROBIM, (2002).

Então o Valor Presente Líquido (VPL) é um dos métodos mais conhecidos na hora de realizar a análise de viabilidade econômica de uma empresa. Porém, possui algumas limitações, como não considerar a vida (tempo de duração) e nem a escala na comparação de projetos de investimentos.

De acordo com LEMES JÚNIOR, CHEROBIM E RIGO (2002), utilizar o VPL para a tomada de decisões facilita o alcance do principal objetivo do administrador financeiro, que é de maximizar a riqueza do acionista ou proprietário. Ressalta-se que o VPL é o método de análise de investimento em projetos mais utilizado por profissionais de finanças, pois permite interpretar facilmente os resultados ABREU FILHO, 2003; ZANIN; BAGATINI, (2012).

#### 4.6.3. Cálculo do VPL

Para SENAC (2004) a Fórmula pode ser assim apresentada Equação 4:

**Equação 4: Fórmula VPL**

$$VPL = \frac{FC1}{1+i} + \frac{FC2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FCj}{(1+i)^j} + \dots + \frac{FCn}{(1+i)^n} - FC0$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido

FCj = Fluxo de caixa de ordem j, para

J= 1,2,3,...,n;

i = Taxa de desconto

FC0 = Fluxo de caixa no momento zero (Fluxo de caixa inicial)

#### **4.6.4. Taxa Interna de Retorno (TIR)**

A taxa interna de retorno (TIR) de um investimento é a taxa exigida de retorno que, quando utilizada como taxa de desconto, resulta em VPL igual a zero. Pois assim, quando o VPL é encontrado o ponto de equilíbrio econômico do projeto e, deste modo, não haverá criação nem destruição de valor ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, (2000).

Com a TIR, determina-se uma única taxa de retorno para sintetizar os méritos de um projeto. Essa taxa é dita interna, no sentido de que depende somente dos fluxos de caixa de certo investimento e não de taxas oferecidas em algum outro lugar LEMES JÚNIOR, RIGO e CHEROBIM, (2002).

Então sabe-se que a TIR é a taxa de retorno do empreendimento, considerando o valor do dinheiro no tempo. É a taxa de desconto que zera o valor presente líquido dos fluxos de caixa de um projeto, ou seja, faz com que todas as entradas iguais em todas as saídas de caixa do empreendimento. Ao lado do VPL, também é um método de engenharia econômica muito utilizada.

Possui algumas vantagens considera o valor do dinheiro no tempo, além de ser fácil de comparar investimentos e de levar em conta a escala e a vida dos projetos, devido ao seu caráter relativo resultado expresso em percentual e não absoluto, como acontece no VPL. E tem como desvantagens, a reinversão dos valores à própria TIR, pode haver múltiplas taxas de retorno, ou mesmo não ter solução, dependendo do fluxo de caixa do projeto, não é recomendada em situações de projetos com fluxo de caixa não convencional. Como ela não tem uma fórmula algébrica específica para ser calculada diretamente, ela pode ser encontrada por meio de tentativa e erro, tanto manualmente, quanto por algoritmos computacionais.

Desta maneira, a TIR representa a taxa de juros para a qual o valor presente das entradas de caixa resultantes do projeto iguala o valor presente dos desembolsos do mesmo, sendo uma medida bastante utilizada no orçamento de capital. Caracterizando assim, a taxa de remuneração do capital investido.

#### **4.6.5. Fluxo de Caixa**

O fluxo de caixa é um tipo de controle da movimentação financeira em um determinado período de tempo, que considera entradas e saídas de dinheiro a partir de registros detalhados. Em uma visão diária, semanal ou mensal, ele já oferece instrumentos de verificação e análise para seus negócios. Pois, ao realizar o fluxo de caixa, ele adquire uma visão mais precisa sobre o momento financeiro da empresa. Isso permite saber, por exemplo,

que aquela semana que parecia ótima para o faturamento, na realidade gerou receitas próximas das despesas.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

O estudo sobre a implantação do sistema solar fotovoltaica no viveiro florestal da empresa KLABIN SA, na região de Otacilio Costa-SC, visa à sustentabilidade com energia renovável e possível reduções de custos com implantação do sistema solar fotovoltaica em comparação no sistema atual que consome energia fornecida pela distribuidora CELESC.

Os dados foram coletados da unidade consumidora e extraídos do site da Celesc com autorização da empresa Klabin, após esse processo foi contatado uma empresa para cotar o fornecimento dos equipamentos necessários para o sistema fotovoltaico e sua instalação.

Com todas as informações para execução do projeto foi realizado o dimensionamento do sistema e com os valores para instalação destacado os cálculos de viabilidade do projeto.



## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1. Descrições do sistema

O sistema fotovoltaico é composto de um gerador fotovoltaico composto de cento e trinta módulos fotovoltaicos e um inversor.

A potência nominal total é de 42,9 kWp para uma produção de 59.342,3 kWh por ano, distribuídos em uma área de 254,8 m<sup>2</sup>.

Modalidade de conexão à rede de alimentação Baixa Tensão em Trifásico com tensão fornecimento 380 V.

### 6.2. Local de Instalação

O sistema Klabin - Viveiro Florestal tem as seguintes características:

**Tabela 2: Local da instalação do Sistema.**

<b>DADOS DA LOCALIZAÇÃO</b>	
Localidade:	Otacílio Costa 88540-000 Avenida do Trabalhador
Latitude:	-027°-31'-18"
Longitude:	-050°-06'-08"
Altitude:	836 m
Fonte dados climáticos:	ATLAS BRAS. 2017
Albedo:	60% Superfícies claras de edifícios

**Fonte: Projeto Solar,2018.**

A Figura 7 demonstra a simulação da instalação do sistema.

**Figura 7: Layout Simulação Sistema solar fotovoltaico**



Fonte: Drone Klabin.2018.

### 6.3. Emissões

O sistema reduz a emissão de poluentes na atmosfera de acordo com seguintes tabelas 5 e 6 abaixo (**valores anuais**):

**Tabela 3: Produção de poluentes em Termo Elétrica Equivalente.**

Produção Termo Elétrica Equivalente	
Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ):	41,59 kg
Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> ):	52,36 kg
Poeiras:	1,86 kg
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ):	30,95 t

Fonte: Projeto Solar,2018

#### 6.4. Radiação Solar

A avaliação do recurso solar disponível foi realizada de acordo com a fonte ATLAS BRAS. 2017 e o Atlas Solari métrico do Brasil, tendo como referência o local com os dados históricos e de radiação solar nas imediações de Otacílio Costa.

As instalações atenderão às seguintes condições (a serem executadas para cada "gerador solar", entendida como um conjunto de módulos fotovoltaicos com o mesmo ângulo e a mesma orientação). Na fase inicial do sistema fotovoltaico, a relação entre a energia ou a potência produzida em corrente alternada e a energia ou a potência produzida em corrente alternada (determinada em função da radiação solar incidente sobre o plano de um dos módulos, da potência nominal do sistema e a temperatura de funcionamento dos módulos) é, pelo menos, maior do que 0,78, no caso de utilização de conversores de potência até 20 kW, e 0,8 no caso de utilização de inversores de maior potência, em relação às condições de medição e métodos de cálculo descritos no Guia EN 60904-2.

Não são admitidos conjuntos de módulos em paralelos não perfeitamente idênticos uns aos outros para exposição e / ou da marca, e / ou o modelo e / ou o número de módulos utilizados; cada módulo será equipado com díodos de by-pass.

#### 6.5. Estruturas de Apoio

Os módulos serão montados em suportes de aço galvanizado, com um ângulo de 15°, terão toda a mesma exposição. Os sistemas de fixação da estrutura deverão resistir a rajadas de vento, com velocidade de até 120 km / h.

#### 6.6. Gerador

O gerador é composto de 130 módulos fotovoltaicos de Silício poli cristalino com uma vida útil estimada de mais de 25 anos e degradação da produção devido ao envelhecimento de 0,5 % ao ano.

**Tabela 4:Característica do Gerador fotovoltaico.**

<b>CARACTERÍSTICAS DO GERADOR FOTOVOLTAICO</b>	
<b>Número de módulos:</b>	130
Número de inversores:	1
Potência nominal:	42900 W
Desempenho:	91 %

Fonte: Projeto Solar,2018.

Tabela 5: Características técnicas dos módulos.

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS MÓDULOS</b>	
Fabricante:	CSI CANADIAN SOLAR INC
Modelo:	Dymond CS6X CS6X-330P-FG (2017)
Tecnologia:	Silício policristalino

Fonte: Projeto Solar,2018.

Tabela 6: Características técnicas dos módulos.

<b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS MÓDULOS</b>	
Potência máxima:	330 W
Rendimento:	16,8 %
Tensão nominal:	37,2 V
Tensão em aberto:	45,6 V
Corrente nominal:	8,9 A
Corr. de curto-circuito:	9,4 A

Fonte: Projeto Solar,2018

Tabela 7: Dimensões dos Módulos.

<b>DIMENSÕES DOS MÓDULOS</b>	
Dimensões:	996 mm x 1972 mm
Peso	27,5 kg

Fonte: Projeto Solar,2018.

Os valores de tensão variam conforme a temperatura de funcionamento (mínima, máxima e de regime) e estão dentro dos valores aceitáveis de funcionamento do inversor.

A linha elétrica proveniente dos módulos fotovoltaicos é posta a terra mediante descarregadores de sobre tensão com indicação ótica de fora de serviço.

## 6.7. Inversor Solar

O sistema de conversão é composto por um conjunto de conversores estáticos (inversores). O conversor CC/CA utiliza um sistema idôneo de transferência de potência a rede de distribuição, em conformidade aos requisitos técnicos e normas de segurança. Os valores de tensão e corrente do dispositivo de entrada são compatíveis com o sistema fotovoltaico, enquanto os valores de saída são compatíveis com os valores da rede ao qual está conectado ao sistema.

As principais características do grupo conversor são:

- Inversor de comutação forçada com PWM (*Pulse-width modulation*), sem tensão de referência ou de corrente, semelhante a um sistema não idôneo a suportar a tensão e frequência de intervalo normal. Este sistema está em conformidade com as normas da ABNT e com o sistema de rastreamento de potência máxima MPPT (*maximum power point tracking*).
  - Entrada do gerador CC gerenciado com pólos não ligados ao terra.
  - A unidade de conversão consiste no uso de 1 inversores.

**Tabela 8: Dados técnicos e características elétricas do inversor.**

<b>DADOS TÉCNICOS DO INVERSOR</b>	
Fabricante:	HUAWEI
Modelo:	SUN2000 SUN2000-36KTL
Número de rastreadores:	4
Entrada para rastreador:	2
<b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO INVERSOR</b>	
Potência nominal:	40 kW
Potência máxima:	36,6 kW
Potência máxima por rastreador:	9,2 kW
Tensão nominal:	620 V
Tensão máxima:	1100 V
Tensão mínima por rastreador:	200 V
Tensão máxima por rastreador:	1000 V
Tensão máxima de saída:	380 Vac
Corrente nominal:	88 A
Corrente máxima:	88 A
Corrente máxima por rastreador:	22 A
Rendimento:	0,99

Fonte: Projeto Solar,2018.

- Conforme as normas gerais de limitação de Emissões EMF e RF: Conformidade IEC 110-1, IEC 110-6, IEC 110-8.

- Proteção de desligamento da rede quando o sistema estiver fora da faixa de tensão e frequência da rede e com falha de sobre corrente, conforme os requisitos da IEC 11-20 e normas da distribuidora de energia elétrica local. Reset automático das proteções de início automático.
- Em conformidade com a ABNT
- Grau de proteção adequado a localização nas proximidades do campo fotovoltaico (IP65).

**Tabela 9: Informações do Inversor em paralelo/série e suas exposições.**

<b>Inversor 1</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>	<b>MPPT 3</b>	<b>MPPT 4</b>
Módulos em série:	16	16	16	17
Conjunto de módulos em paralelos:	2	2	2	2
<b>Exposições:</b>	<b>Exposição 1</b>	<b>Exposição 1</b>	<b>Exposição 1</b>	<b>Exposição 1</b>
Tensão MPPT (STC):	595,2 V	595,2 V	595,2 V	632,4 V
Número de módulos:	32	32	32	34

Fonte: Projeto solar, 2018.

- Declarações de conformidade do fabricante de acordo com normas técnicas aplicavam com referência aos ensaios realizados por institutos certificadores.
- Tensão de entrada adequada para o intervalo de tensão de saída do gerador fotovoltaico.
- Máxima eficiência  $\geq 90\%$  a 70% da potência nominal.

## **6.8. Dimensionamento do Gerador**

### **6.8.1. Dimensionamento**

Todo sistema é dimensionado com base na demanda referente ao ano de 2017 através das faturas de energia onde informadas as quantidades de kWh coletadas pelo site da Celesc com autorização da empresa Klabin para coletar de sua unidade consumidora, valores em reais e é levado em conta os dados radio métricos conforme a tabela ATLAS BRAS 2017.

Tabela 10: Consumo de energia no ano de 2017.

<b>Consumo Energia Ano 2017</b>		
<b>Mês</b>	<b>Consumo kWh</b>	<b>Fatura R\$</b>
Jan	5.267	4.242
Fev	5.873	5.433
Mar	5.456	4.979
Abr	5.609	5.391
Mai	4.437	4.572
Jun	4.177	4.643
Jul	4.145	4.411
Ago	5.294	5.353
Set	4.345	4.846
Out	3.524	4.458
Nov	4.262	4.841
Dez	6.136	5.840
<b>Media</b>	<b>4.877</b>	<b>4.917</b>
<b>Total Geral</b>	<b>58525</b>	<b>59009,7</b>

Fonte: CELESC.2017.

### 6.8.2. Produção de Energia Diário e Mensal

Tabela 11: Produção de Energia.

Mês	Total diário [kWh]	Total mensal [kWh]
Janeiro	213,705	6624,856
Fevereiro	204,726	5732,334
Março	179,624	5568,333
Abril	148,748	4462,445
Maio	118,506	3673,675
Junho	101,123	3033,678
Julho	110,635	3429,699
Agosto	140,236	4347,324
Setembro	141,566	4246,97
Outubro	161,653	5011,243
Novembro	211,265	6337,96
Dezembro	221,735	6873,787

Fonte: Projeto Solar. 2018.

### 6.8.3. Potência nominal do gerador

$$P = P \text{ módulos} * N^{\circ} \text{ módulos} = 330 \text{ W} * 130 = 42900 \text{ W}$$

O cálculo da energia total produzida pelo sistema nas condições normais de STC (radiação de 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de 25°C), é calculado como:

$$E = E_n * (1 - \text{Perd}) = 59342,3 \text{ kWh}$$

Perd = Perda de potência obtida:

Tabela 12: Dados Exposição 1.

Exposição	N° módulos	Radiação solar [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Exposição 1	130	1.520,66	65.236,14

Fonte: Projeto Solar, 2018.



**Tabela 13: Perdas do sistema.**

Perdas	%
Perda por sombreamento total:	0,0 %
Perda por aumento de temperatura:	4,9 %
Perdas por descasamento:	1,0 %
Perdas de corrente continua:	0,2 %
Outras perdas:	0,0 %
Perdas na conversão:	3,2 %
<b>Perdas totais:</b>	<b>9,0 %</b>

Fonte: Projeto Solar,2018.

#### 6.8.4. Perdas por Sombreamento de Obstáculos

Conforme planilha abaixo não possui perdas por sombreamento de obstáculos.

**Tabela 14: Perdas por Sombreamento.**

Mês	Sem obstáculos [kWh]	Produção efetiva [kWh]	Perdas [kWh]
Janeiro	6624,9	6624,9	0,0 %
Fevereiro	5732,3	5732,3	0,0 %
Março	5568,3	5568,3	0,0 %
Abril	4462,4	4462,4	0,0 %
Maiο	3673,7	3673,7	0,0 %
Junho	3033,7	3033,7	0,0 %
Julho	3429,7	3429,7	0,0 %
Agosto	4347,3	4347,3	0,0 %
Setembro	4247,0	4247,0	0,0 %
Outubro	5011,2	5011,2	0,0 %
Novembro	6338,0	6338,0	0,0 %
Dezembro	6873,8	6873,8	0,0 %
<b>Total:</b>	<b>59342,3</b>	<b>59342,3</b>	<b>0,0 %</b>

Fonte: Projeto Solar,2018.

### 6.8.5. Exposições

O sistema fotovoltaico é composto por um sistema de placas solares fotovoltaicas, conforme tabela abaixo:

Tabela 15: Exposição de Energia.

Descrição	Tipo de Instalação	Orienta	Inclinação	Sombreamento
Exposição 1	Ângulo fixo	-143,7°	15°	0 %

Fonte: Projeto Solar, 2018.

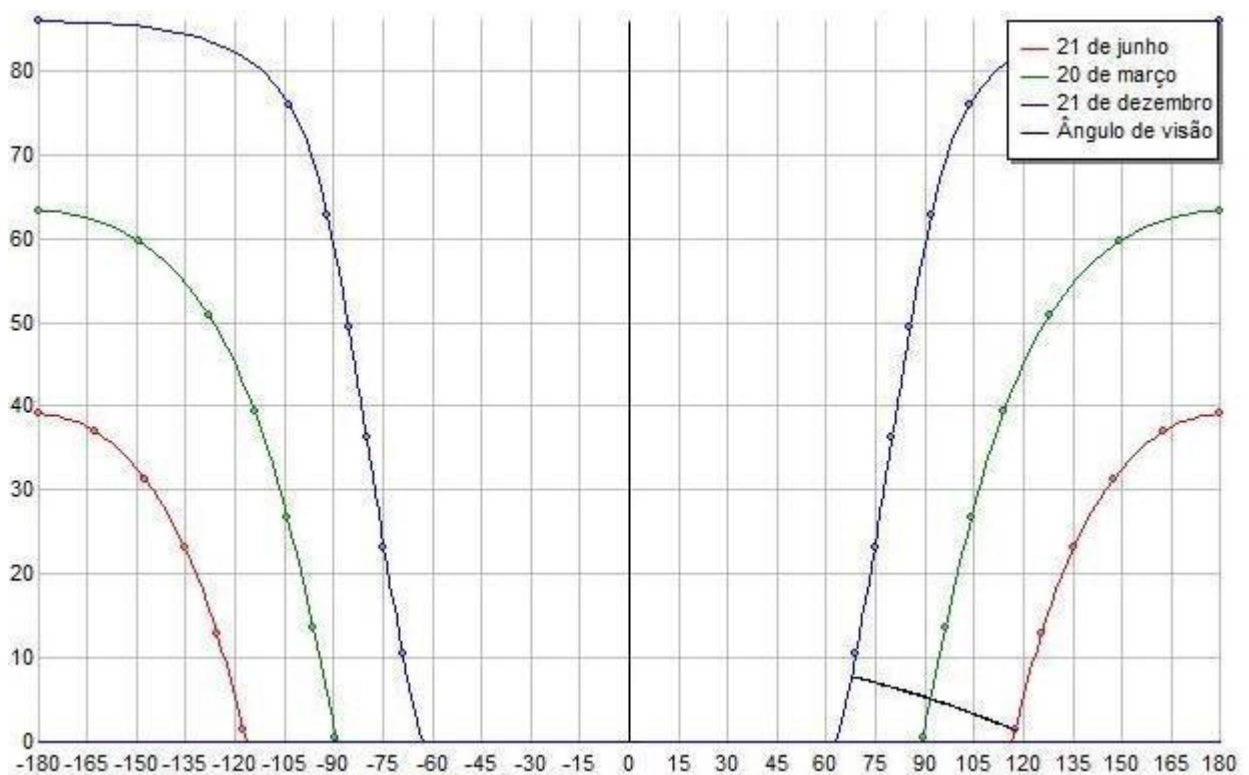
### 6.8.6. Exposição 1

Exposição um será exposta com uma orientação de  $-143,72^\circ$  (azimute) em relação ao sul, e terá uma inclinação horizontal de  $15^\circ$ .

A produção de energia da exposição um é condicionada por alguns fatores que determinam uma redução de radiação solar de sombreamento para o valor de 0 %.

### 6.8.7. Gráfico de Sombreamento

Gráfico 1: Sombreamento.



Fonte: Projeto Solar, 2018.

As linhas coloridas são a posição do sol ao longo do ano, conforme no gráfico apresenta

nenhum obstáculo irá formar sombra ao longo do ano.

### **6.9. Verificações**

O instalador irá verificar e certificar os pontos seguintes:

- Produção de energia fotovoltaica gerada sobre diferentes condições de operação;
- Continuidade elétrica entre os módulos e as ligações;
- Aterramento;
- Isolamento de circuitos elétricos;

### **6.10. O Gerador Atenda às Seguintes Condições**

#### **6.10.1. Limites de Tensão**

Tensão mínima  $V_n$  a  $70,00\text{ }^\circ\text{C}$  (493,4 V) maior do que  $V_{mpp}$  mínimo (200,0V)

Tensão máxima  $V_n$  a  $-10,00\text{ }^\circ\text{C}$  (716,5 V) inferior a  $V_{mpp}$  máx. (1000,0 V)

Tensão a vazio  $V_o$  a  $-10,00\text{ }^\circ\text{C}$  (859,3 V) inferior a tensão máx. do inversor (1100,0 V)

Tensão a vazio  $V_o$  a  $-10,00\text{ }^\circ\text{C}$  (859,3 V) inferior a tensão máxima de isolamento (1500,0 V)

#### **6.10.2. Limites de Corrente**

Corrente máxima de entrada relacionada a  $I_{sc}$  (18,9 A) inferior a corrente máxima do inversor (22,0 A).

#### **6.10.3. Limites de Potência**

Dimensionamento de potência (122,6%) compreendido entre 60,0% e 130,0%

### **6.11. Análise Econômica**

Análise das condições econômicas para a instalação de um sistema de produção de eletricidade através da conversão fotovoltaico na empresa Klabin na área Viveiro Florestal a ser instalado na cidade de Otacílio Costa para uma potência nominal de 42,9 kWp e energia produzida no primeiro ano de 59.342,3 kWh.

### 6.11.1. Análise de Custo

Os custos para a construção do sistema estão listados tabela 16 abaixo:

Tabela 16: Resumo aquisição do Sistema.

Resumo	
Custo específico:	R\$/kWp 0,00
Potência nominal:	42,9 kWp
Custo total do sistema:	R\$ 159.949,33

Fonte: Projeto Solar, 2018.

### 6.11.2. Custo Anual

Para os custos iniciais de construção são adicionados os custos de manutenção anuais conforme PROJETO SOLAR credenciado da empresa WEG:

0,5% do valor do Investimento.

Tabela 17: Custos anuais de manutenções.

Descrição	Valor R\$
Manutenções	R\$ 800,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 800,00</b>

Fonte: Projeto Solar, 2018.

### 6.11.3. Financiamento

A empresa Klabin conforme seu procedimento interno não tem interesse em financiar seus projetos e sim caso aprovado será realizado com recursos próprios.

## 6.12. Consumo de Energia

### 6.12.1. Consumo de energia na unidade consumidora do viveiro florestal

Tabela 18: Consumo de Energia na unidade consumidora.

Consumo de Energia	
Consumo de energia da unidade consumidora anual:	58.524,6 kWh
Energia autoconsumida:	25.577,6 kWh
Energia introduzida:	33.764,7 kWh
Energia comprada:	32.947,1 kWh

Fonte: Projeto Solar, 2018.

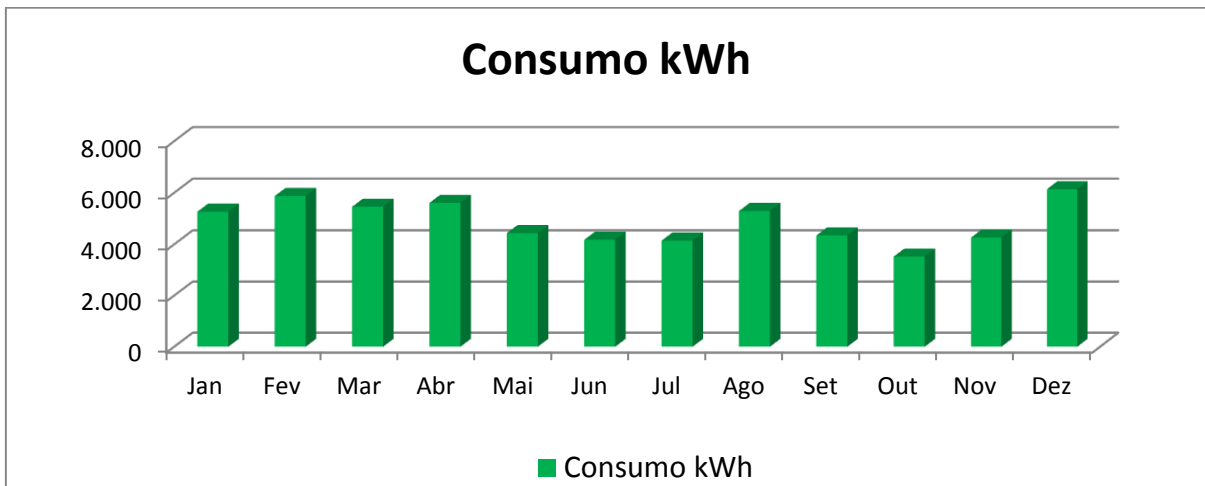
### 6.12.2. Consumo de Energia Elétrica

Tabela 19: Consumo de energia elétrica no ano de 2017.

Descrição	Consumo [kWh]	Potência [W]
Pré-definido	0	0
Janeiro	5.266,8	0
Fevereiro	5.873,3	0
Março	5.455,8	0
Abril	5.608,8	0
Mai	4.437,2	0
Junho	4.176,7	0
Julho	4.144,8	0
Agosto	5.294,3	0
Setembro	4.345,2	0
Outubro	3.524,3	0
Novembro	4.261,7	0
Dezembro	6.135,8	0

Fonte: CELESC,2017.

Gráfico 2: Consumo de 2017 em kWh.



Fonte: Aatoria Própria,2018.

### 6.13. Retorno Financeiro

A simulação do desempenho econômico do sistema no período de cálculo é feita considerando os seguintes parâmetros:

Tabela 20: Parâmetros para retorno financeiro.

<b>Parâmetros para retorno Financeiros</b>	
Degradação anual do sistema devido ao envelhecimento:	0,5 %
Taxa de inflação anual:	2 %
Taxa de reajuste da tarifa:	10 %
Taxa de juros ativo:	0 %

Fonte: Projeto Solar,2018.

### 6.13.1. Retorno Sobre o Investimento Sobre a Implantação do Sistema Solar Fotovoltaica.

Tabela 21: Resumo financeiro de retorno sobre a implantação do sistema.

<b>Resumo Retorno sobre a implantação</b>	
<b>Data fim análise:</b>	<b>05/04/2038</b>
Economia de consumo:	R\$ 988.700,92
Economia para a compensação:	R\$ 1.185.553,72
Custos anuais a deduzir:	R\$ 34.013,57
<b>Total:</b>	<b>R\$ 2.140.241,07</b>
Capital investido:	R\$ 159.949,33
<b>Fluxo de caixa acumulado:</b>	<b>R\$ 1.980.291,74</b>
Custos extraordinários	R\$ 0,00
Montante após anos 21:	R\$ 2.140.241,07
Taxa composta de retorno:	13,147 %
Taxa de desconto:	2 %
<b>VPL:</b>	<b>R\$ 1.480.608,11</b>
<b>TIR:</b>	<b>31,38 %</b>

Fonte: Aatoria Própria,2018.

No cálculo do segundo ano e seguintes são considerados o coeficiente de degradação do sistema, a taxa de inflação e a taxa de juros ativo do capital acumulado.

#### 6.14. Resumo Econômico do Primeiro ano e o Último Ano de Observação do Projeto

Tabela 22: Resumo econômico do primeiro ano e o último ano de observação do projeto.

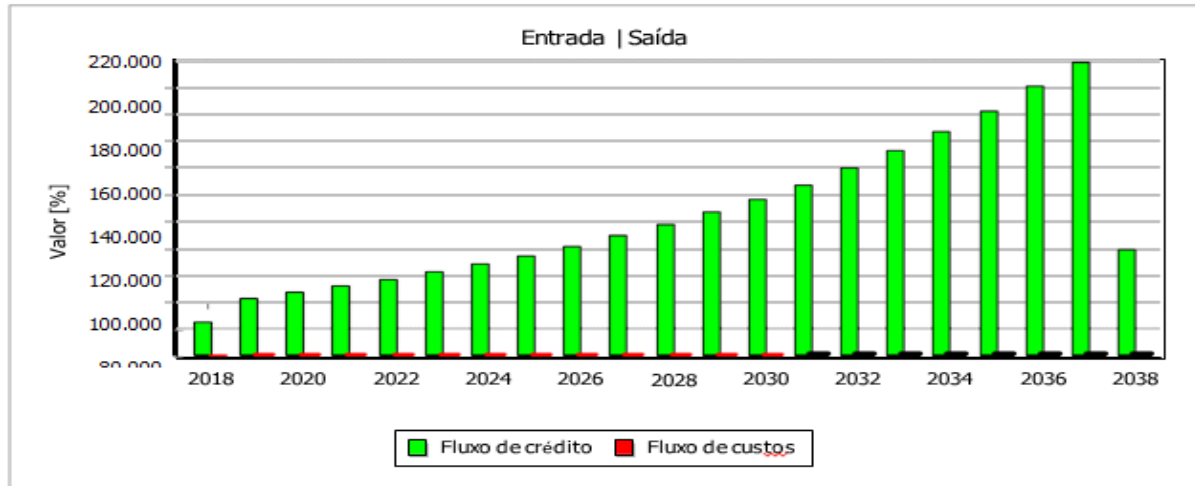
<b>Ano</b>	<b>2018</b>	<b>2038</b>
<b>Energia produzida [kWh]</b>	40.673,1	16.892,0
<b>Consumo simultâneo da energia pr. [kWh]</b>	17.498,3	7.953,1
<b>Crédito de consumos acumulados [kWh]</b>	4.301,2	1.931,4
<b>Receita [R\$]</b>	24.005,40	77.841,70
<b>Economia cons. simult. [R\$]</b>	11.548,90	35.312,78
<b>Economia para a compensação [R\$]</b>	12.456,50	42.528,92
<b>Saídas [R\$]</b>	199,17	1.776,12
<b>Custo de disponibilidade [R\$]</b>	199,17	1.776,12
<b>Fluxo de caixa [R\$]</b>	23.806,23	76.065,58
<b>Fluxo de caixa acumulado [R\$]</b>	-136.143,10	1.980.291,74
<b>Capital próprio [R\$]</b>	159.949,33	159.949,33
<b>Montante (economia) [R\$]</b>	23.806,23	2.140.241,07
<b>Taxa de rendimento composta [%]</b>	-85,116	13,147
<b>VPL [R\$]</b>	-136.609,89	1.480.608,11
<b>TIR [%]</b>	-85,12	31,38

Fonte: Autoria Própria, 2018.

## 6.15. Gráficos

### 6.15.1. Entrada e Saída

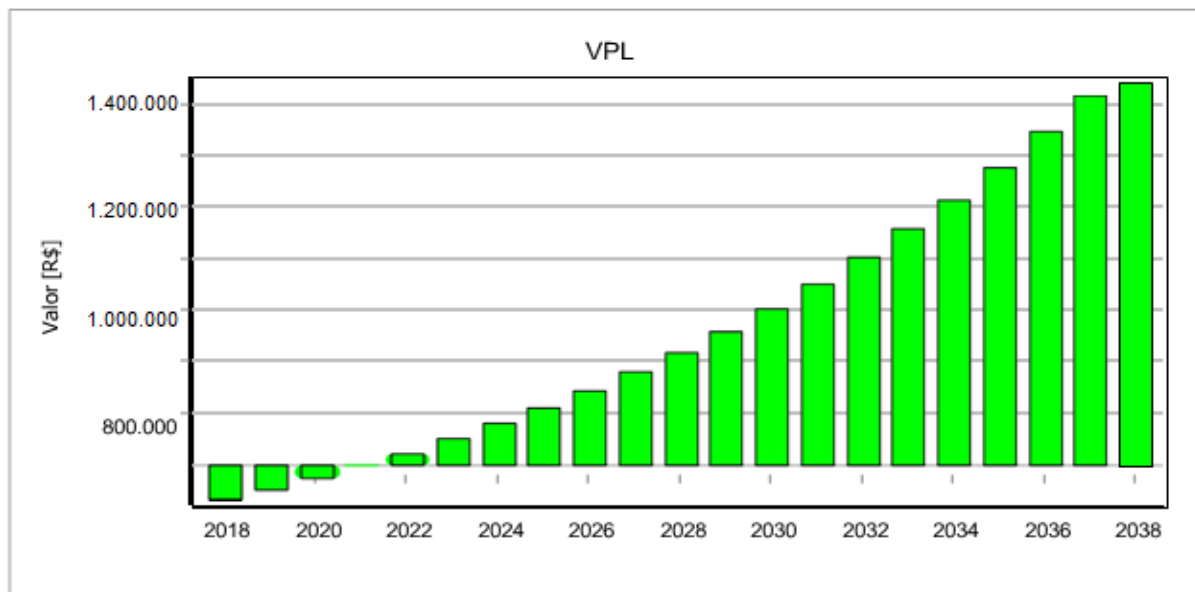
Gráfico 3: Entrada e saída.



Fonte: Autoria própria,2018.

### 6.15.2. VPL

Gráfico 4: VPL.

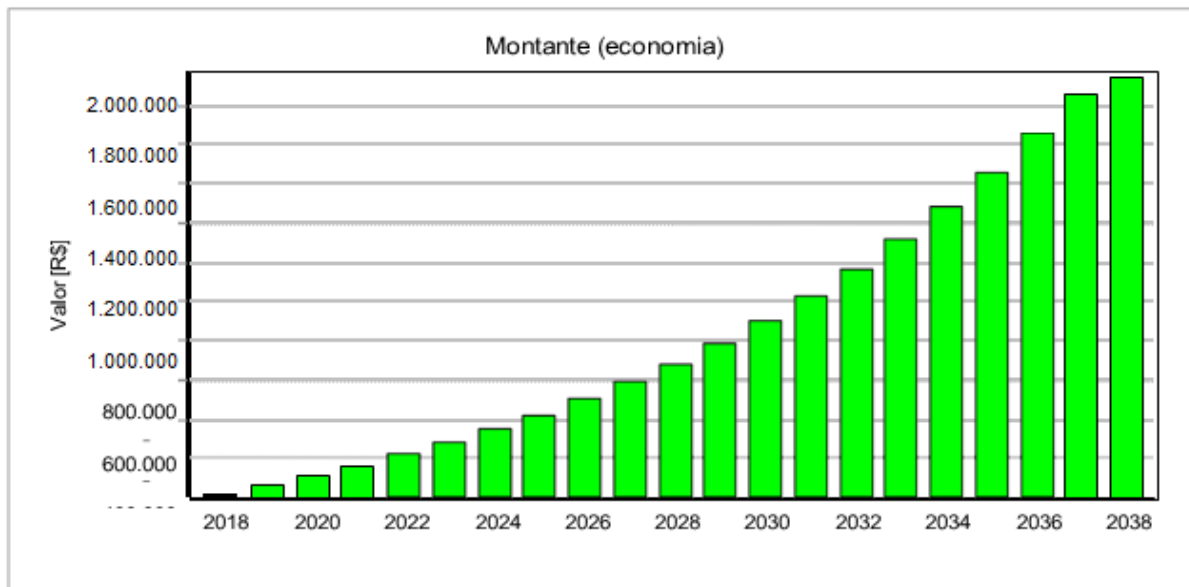


Fonte: Autoria própria,2018.



### 6.15.3. Montante (economia)

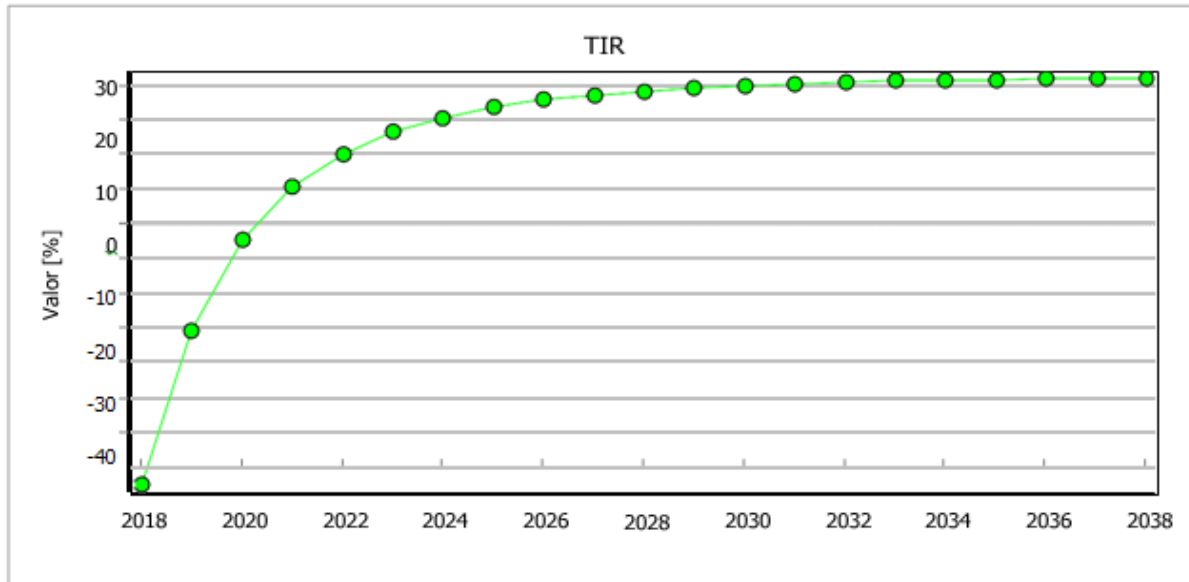
Gráfico 5: Montante economia.



Fonte: Autorial própria,2018.

### 6.15.4. TIR %

Gráfico 6: TIR %.



Fonte: Autorial própria,2018.

## 6.16. Análises do Projeto

### 6.16.1. Bases de Dados para Geração dos Gráficos

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) realiza a medição e monitoramento das condições climáticas em todo o território nacional. Estas informações de irradiação solar, número médio de horas de sol, índices de chuvas e ventos são disponibilizados ao fornecedor

através de um Atlas Brasileiro. Os painéis solares também são certificados em 16 unidades internacionais além do Inmetro, onde são submetidas a estudos para confirmar qual a capacidade de produção de energia dos painéis perante a uma determinada luminosidade. Então cruza-se os dados de capacidade de geração, de radiação solar e histórico de chuvas para obter uma estimativa precisa da geração de energia. Também consegue-se calcular os percentuais de perdas de energia em função de sombreamento nos painéis, da inclinação do telhado e posicionamento angulado em direção ao norte.

#### **6.16.2. Históricos de Possíveis Manutenções do Projeto Proposto**

O sistema necessita de uma limpeza periódica nos painéis em função do acúmulo de sujeiras. Em média ele deve ser feito a cada 1 a 2 anos e o custo médio dele é por volta de 0,5% do custo da instalação do sistema. No quesito elétrico os painéis não precisam de manutenção e os inversores são lacrados e possuem um sistema de monitoramento online, então caso seja necessária alguma manutenção o próprio inversor avisa, porém ele possui garantia de 5 anos contra qualquer defeito de fabricação e o fornecedor informa uma estimativa de vida útil de 12 a 15 anos. Quando houver necessidade de substituição do mesmo o seu custo varia de 5 a 10% do valor do projeto

#### **6.17. Resultado tempo de retorno**

***PayBack: 3,5 anos***

VPL: R\$ 1.480.608,11

TIR [%]: 31,80%

Base de cálculo de 21 anos obtém um fluxo de caixa acumulado R\$ 1.980.291,74.

## 7. CONCLUSÃO

Foi realizado o levantamento das bibliografias do sistema solar, suas principais características e de todo seu sistema. Detalhado as normas, regulamentos da Aneel, destacado o funcionamento do sistema solar fotovoltaico *on grid*.

Realizado a visita ate o viveiro florestal para ter o conhecimento das estruturas e local adequado para instalações do sistema em questão.

Depois de dimensionado o sistema elétrico do viveiro florestal e retirado os dados de gastos da unidade consumidora diretamente no site da Celesc com autorização da empresa KLABIN SA. Junto com o fornecedor foi realizado uma simulação sobre futuros gastos com manutenções do sistema solar e o mesmo concluírem com manutenções com custos baixos.

Realizada a busca de fornecedores conceituados no mercado e definido apenas um para realizar o acompanhamento do projeto. Destacado no trabalho os impactos com a instalação do sistema solar fotovoltaica e detalhado a sua importância com reduções de custos e ambientais.

Por fim, espera-se que esta pesquisa forneça informações úteis para que estudos semelhantes sejam desenvolvidos em outras regiões, a fim de que fontes renováveis de energia sejam cada vez mais utilizadas contribuindo para a redução de custo, e o meio ambiente. Porém, para isso, é importante que as implantações desses sistemas possuam viabilidade econômica. Logo, ressalta-se que incentivos públicos são importantes para motivar e viabilizar o uso dessa fonte energética.

### 7.1. Considerações Finais

O estudo teve como objetivo comparar e analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação do sistema de energia solar *on grid* no viveiro florestal, como alternativa para redução de custos na empresa Klabin, que obteve um montante de economia no valor de R\$ 1.980.291,74 no calculo de vinte e um anos.

Para atingir o objetivo proposto, realizou-se uma pesquisa exploratória, na empresa Klabin localizada na cidade de Otacílio Costa no estado de Santa Catarina. Foram analisadas as quantidades de consumo que o viveiro necessita sobre energia elétrica para exercer seu trabalho, realizado os cálculos de VPL, TIR, tempo de retorno (*payback* simples) e a taxa interna de retorno. Os gráficos e dados informativo dos geradores foram fornecidos pela empresa projeto solar, representante da WEG, e alguns foram gerados em autoria própria.

Serão emitidos e divulgados pelo instalador, os seguintes documentos:

- Manual de uso e manutenção, incluindo a programação recomendada de manutenção;
- Projeto executivo "como construído", acompanhado com folhas de material instalado;
- Declaração dos controles efetuados e dos seus resultados;
- Declaração de conformidade;
- Certificado emitido por um laboratório acreditado INMETRO e quanto à conformidade com EN 61215 para os módulos de silício cristalino e IEC 61646 para módulos de filme fino;
- Certificado emitido por um laboratório acreditado quanto à conformidade do inversor DC / AC com as normas vigentes e, se o dispositivo de interface é usado dentro da própria unidade;
- Declarações de garantia relativas aos equipamentos instalados;
- Garantia de todo o sistema e o desempenho.
- A empresa de instalação, além de realizar com o que está indicado no projeto, irá realizar todos os trabalhos em conformidade com a normas.

## REFERÊNCIAS

- ABREU FILHO, José Carlos Franco de; SOUZA, Cristóvão Pereira de; GONÇALVES, Danilo Amerio; CURY, Marcus Vinícius Quintella. Finanças Corporativas. Rio de Janeiro: FGV, 2003.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Seminário Micro e Minigeração Distribuída - Impactos da Resolução Normativa n. 482/2012. Brasília-DF, 2014. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/hotsite/mmgd/index.cfm>. Acesso em: 08/05/2018.
- BURATTI, Rafael Pereira. Análise dos Indicadores de Continuidade de Fornecimento em um Sistema de Distribuição de Energia Elétrica – Alternativas Para Diminuição dos Índices em um Sistema de Distribuição Real. Ijuí, 2005.
- CAVALCANTI, Rachel Negrão. A mineração e o desenvolvimento sustentável: casos da Companhia Vale do Rio Doce. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996, 432 p. Tese (Doutorado).
- CEPEL, 2004, Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Edição Especial PRC-PRODEEM ed. Rio de Janeiro: CRESESB.
- CEPEL, 2004, Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Edição Especial PRC-PRODEEM ed. Rio de Janeiro: CRESESB.
- CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Energia Solar Princípios e Aplicações. CRESESB, 2006. Disponível em: Acesso em: 14.06.2018.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- IMHOFF, J. Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.
- INPE, 2006, Atlas Brasileiro de Energia Solar, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos.
- JARDIM, C. S. A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- KAGAN, Nelson et al. Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- KASSAI, J. R. et al. Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 3 ed. São Paulo:Atlas, 2005.
- LEMES JUNIOR, Antônio Barbosa; CHEROBIM, Ana Paula; RIGO, Cláudio Miessa. Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras. 5 reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

LEMES JUNIOR, Antônio Barbosa; CHEROBIM, Ana Paula; RIGO, Cláudio Miessa. Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras. 5 reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

LODI, C. Perspectivas para a Geração de Energia Elétrica no Brasil Utilizando a Tecnologia Solar Térmica Concentrada. 2011. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Programa de Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Grupo de Trabalho de Energia Solar – CTES. Edição Especial PRC-PRODEEM. Rio de Janeiro: CRESESB, 2004.

MARINI, J.A.; ROSSI, L. A.. Sistematização Do Dimensionamento Técnico Econômico de Sistemas Fotovoltaicos Isolados por meio de Programa Computacional. Disponível em: <<http://unicamp.sibi.usp.br/bitstream/handle/SBURI/23970/S0100-69162005000100008.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29/05/2018.

MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. São Paulo: Atlas, 2007.

NBR 5410: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2005.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M.. Curso técnico de instalador de energia solar fotovoltaica. Porto Seguro: Publindustria, 2013.

Retirado dados das faturas pelo site <https://agenciaweb.celesc.com.br/AgenciaWeb/autenticar/loginCliente.do>. Acessado: 07. FEV. 2018

RODRIGUÊS, Renato; GONÇALVES, José Correia. PROCEDIMENTOS DE METODOLOGIA CIENTÍFICA. 8. ed. Lages: Papervest, 2017. 195 p.

ROSA, Gabriela Ribeiro; GONÇALVES, Irio Ávila. estudo de viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede convencional de energia: estudo de caso no centro administrativo de uma prefeitura municipal em sc. Petrópolis: Casi, 2017.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JORDAN, Brandford D. Princípios de administração financeira. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

RÜTHER, R., 2004, Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. 1 ed. Florianópolis: Editora UFSC / LABSOLAR.

RUTHER, R.. Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração de energia fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública. 1. ed., Florianópolis: Editora UFSC/LABSOLAR, 2004.

SCHERER, L. A. et al. Fonte Alternativa de Energia: energia solar. Disponível em:<<https://www.unicruz.edu.br/seminario/anais/XX/Graduacao/Graduacao%20-%20Resumo%20Expandido%20%20Exatas,%20Agrarias%20e%20Ambientais/FONTE%20ALTERNTI>>

VA%20DE%20ENERGIA%20ENERGIA%20SOLAR>. Acesso em: 15/06/2018.

SENAC. Básico de Contabilidade e Finanças. Rio de Janeiro: SENAC, 2004.

SILVA, A. J. G., 2006, Investimento de Empresas de Petróleo em Energia Fotovoltaica: O Caso da BP Solar e Motivações da Petrobras. Dissertação de Mestrado, Planejamento Energético/UFRJ, Rio de Janeiro.

SIQUEIRA, L. M. P. de. Viabilidade da micro geração de energia elétrica em residências por um sistema composto por painéis fotovoltaicos conectados à rede. Disponível em:<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008110.pdf>> Acesso em: 19/05/2018.

SOUZA, César A. Sistemas Integrados de Gestão Empresarial: estudos de casos de implementação de sistemas ERP. 2000, 253f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12133/tde19012002-123639/>. Acesso em: 16. ABRI. 2018.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 1ª ed. Editora Érica, São Paulo, 2012.

ZANIN, A; BAGATINI, F. M. The economic and financial feasibility of a biodigester: A sound alternative for reducing the environmental impact of swine production. In: CURKOVIC, S. (Org). Sustainable Development – Authoritative and leading edge content for environmental management. Rijeka, Croatia: Intech. P. 371-388, 2012.