



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

CARLOS FREITAS DE VASCONCELOS

**ESTUDO FINANCEIRO DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE EM UMA MICROEMPRESA
EM FORTALEZA**

FORTALEZA

2018

CARLOS FREITAS DE VASCONCELOS

**ESTUDO FINANCEIRO DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE EM UMA MICROEMPRESA
EM FORTALEZA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Energias Renováveis da Universidade
Federal do Ceará, como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro de Energias Renováveis.
Orientadora: Prof^a. Dra. Ana Fabíola
Leite Almeida**

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- V45e Vasconcelos, Carlos Freitas de.
Estudo financeiro de instalação de sistema solar fotovoltaico conectado à rede em uma microempresa em Fortaleza. / Carlos Freitas de Vasconcelos. – 2018.
34 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Fortaleza, 2018.
Orientação: Profa. Dra. Ana Fabíola Leite Almeida.
1. Energia solar fotovoltaica. 2. Viabilidade econômica. 3. Crise. 4. Sustentável. I. Título.

CDD 621.042

CARLOS FREITAS DE VASCONCELOS

**ESTUDO FINANCEIRO DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE EM UMA MICROEMPRESA
EM FORTALEZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Energias Renováveis.

Aprovado em 03 de julho de 2018.

BANCA EXAMINADORA

PROF^a. DRA. ANA FABÍOLA LEITE ALMEIDA (ORIENTADORA)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

PROF. FRANCISCO NIVALDO AGUIAR FREIRE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

PROF^a. DRA. MÔNICA CASTELO GUIMARÃES ALBUQUERQUE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelas bênçãos de fazer parte de uma família tão iluminada e cheia de amor, personificada pelos meus pais, José Carlos de Vasconcelos e Joelma Moreira Freitas, que, com todo esforço, renúncias e sacrifícios me deram todas as ferramentas para que eu pudesse chegar até este momento.

Agradeço também ao meu grande amor, Uly Beatriz Albuquerque Sousa, que é minha grande companheira, apoiadora e motivadora tanto na vida quanto na concepção deste trabalho.

À família que Deus me deu de presente com Uly, minha sogra Maria Lene Albuquerque, meu sogro João Pacheco Sousa e meu cunhado João Felipe Albuquerque Sousa.

À prof^a Dra. Ana Fabíola Leita Almeida, que foi extremamente solícita e paciente, fundamental para que eu realizasse este trabalho e também durante o curso, a qual foi minha docente em várias disciplinas.

Aos professores Francisco Nivaldo Aguiar Freire e Mônica Castelo Guimarães Albuquerque, que participaram da banca examinadora, dispendo tempo e colaboração com este trabalho.

Aos meus amigos que são um grande presente que a graduação me deu, Mateus Costa Vieira, Lara Timbó, Yuri Vasconcelos, George Riedel da Costa, além dos que foram fundamentais no meu êxito nas disciplinas estudando juntos, Pedro Henrique Diniz Santiago, Uly Beatriz Albuquerque Sousa, Mariellen Holanda, Patrick Teixeira e Allan Pacceli Oliveira Callou, este último que além de ter sido um grande companheiro de estudos e desesperos nas vésperas de prova, é meu grande amigo-irmão.

Aos meus companheiros de empresa júnior, a Retec Jr, por todo crescimento e desenvolvimento pessoal e profissional, Camila Mendes Beserra, Lucas de Melo, Felipe Gomes, Allan Callou e Uly Beatriz.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo financeiro da instalação de um sistema solar fotovoltaico em uma pequena fábrica de confecção de roupas em Fortaleza, no estado do Ceará. Com este estudo, pôde-se dimensionar o sistema solar fotovoltaico para a microempresa do estudo e analisar financeiramente sua implantação. Este estudo mostrou-se relevante, dados os constantes aumentos na tarifa de energia elétrica, causados sobretudo pela falta de chuvas no Brasil ao longo dos anos, além de ter sido realizado no período de uma grande crise petrolífera do país, tendo como estopim a greve dos caminhoneiros e petroleiros, fatores que intensificaram os olhares para as energias renováveis, que são o presente e, sem dúvidas, o futuro sustentável da energia no Brasil e no mundo.

Palavras-Chaves: Energia solar fotovoltaica. Viabilidade econômica. Crise. Sustentável.

LISTA DE SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica;

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica;

BR - Brasil;

CA – Corrente Alternada;

CC – Corrente Contínua;

CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica;

CPF – Cadastro de Pessoa Física;

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Ceará;

ENEL – Ente Nazionale per l'energia Elettrica;

FV – Fotovoltaica;

kWh - kilo-Watt-hora;

kWp - kilo-Watt-pico;

NASA - National Aeronautics and Space Administration;

PT - Português;

W - Watt;

Wh - Watt-hora;

Wp - Watt-pico.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Circuito elétrico equivalente de uma célula fotovoltaica (FADIGAS, 2014)	Fonte: 14
Figura 2 - Módulo fotovoltaico (associação de 36 células) do Minho.....	Fonte: Universidade do Minho..... 16
Figura 3 - Célula fotovoltaica de silício cristalizado do tipo policristalino Blue Sol.....	Fonte: Blue Sol..... 17
Figura 4 - Inversor grid-tie	Fonte: Portal Solar 18
Figura 5 - Esquema de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede Neo Solar	Fonte: Neo Solar 20
Figura 7 - Conta de Energia da Fábrica de Confecção de Roupas Pessoal	Fonte: Acervo Pessoal 27
Figura 8 - Consumo Detalhado da Conta de Energia	Fonte: Próprio Autor 28
Figura 9 - Área Disponível	Fonte: Google Maps ® 30
Figura 10 - Resumo do Sistema	Fonte: Próprio Autor 31
Figura 11 - Análise Financeira	Fonte: Próprio Autor 32
Figura 12 - Balanço Econômico	Fonte: Próprio Autor 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção Solar (kWh/kWp)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	13
1.1.1. Objetivo Geral	13
1.1.2. Objetivos Específicos	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	14
2.3. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	15
2.4. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE	15
2.5 COMPONENTES DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	16
2.5.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO	16
2.5.1.1 CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	17
2.5.2. INVERSOR.....	18
2.5.3 ESTRUTURA DE SUPORTE	19
2.5.4 CABOS.....	19
2.5.5 RELÓGIO BIDIRECIONAL.....	20
2.5. TIPOS DE CONTA DE ENERGIA.....	20
2.6. REGULAMENTAÇÃO VIGENTE	21
3. METODOLOGIA	23
3.1. CÁLCULO DOS REQUISITOS DO SISTEMA.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 ANÁLISE FINANCEIRA.....	32
5. CONCLUSÃO	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

A eletricidade tornou-se a principal fonte de luz, de geração de calor e força utilizada no mundo moderno. O dia-a-dia das pessoas, como assistir à televisão ou navegar na internet se tornaram possíveis devido à energia elétrica que é transmitida até as casas dos consumidores. Além das residências, as fábricas, supermercados e shoppings e precisam dela para funcionar. Além disso, grande parte dos avanços tecnológicos que foram alcançados tiveram participação direta da energia elétrica.

Obtida a partir de outros tipos de energia, como através de usinas hidrelétricas, termoelétricas e nucleares, a eletricidade é transportada e chega aos consumidores no mundo inteiro por meio de sistemas elétricos complexos, compostos de quatro etapas: geração, transmissão, distribuição e consumo. (Eletrobras, 2018)

As energias renováveis, que surgiram pela necessidade da busca por fontes de energias alternativas, são fontes de energia geradas a partir de processos e recursos naturais que são continuamente reabastecidos. Isso inclui a energia solar, geotérmica, energia eólica, energia das marés, termoelétrica, energia hídrica e várias formas de bioenergia (biomassa). (Portal Solar, 2018) As energias renováveis têm como principal vantagem a utilização de recursos constantemente renovados e são menos poluentes que a energia convencional, contribuindo para a sustentabilidade do planeta.

Uma das energias com maior crescimento nos últimos anos, a energia solar fotovoltaica está presente na matriz energética mundial, em desde grandes usinas solares até pequenas residências, daí sua grande popularidade.

A energia solar fotovoltaica é gerada através da conversão da luz solar diretamente em eletricidade usando células fotovoltaicas. Os sistemas fotovoltaicos podem ser instalados em telhados de residências ou pequenos comércios, para produzir a energia para o autoconsumo, em regiões isoladas, além da sua colocação em veículos elétricos como barcos e carros movidos a energia solar, sendo também utilizada como fonte de geração de energia limpa em grandes centrais fotovoltaicas. (Portal Solar, 2018)

Em 2012, foi firmada a resolução 482 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), que foi o marco regulatório que permitiu aos consumidores realizar a troca

da energia gerada com a da rede elétrica, ao introduzir as regras e o sistema que compensa o consumidor pela energia elétrica injetada na rede, permitindo-se a micro e mini-geração de energia elétrica. (ANEEL, 2012)

Um sistema fotovoltaico de 3kWp, sistema padrão para residências de médio porte, em 20 anos de funcionamento pode produzir energia renovável suficiente para evitar que 99.000 kg de CO₂ sejam emitidos na atmosfera, o equivalente a plantação de 320 árvores ou a retirada de 100 carros da estrada. (Portal Solar, 2018) Além disso, as placas solares têm uma garantia média de funcionamento de 25 anos com alta eficiência.

Analisando o investimento, a principal variável é o consumo que se deseja suprir com o sistema, que como foi dito, pode variar entre uma pequena residência e uma grande usina. Por exemplo, para uma residência, o custo médio é entre R\$ 20.000,00 e R\$ 30.000,00. Já para uma empresa de pequeno e médio porte ou para uma residência maior, o custo é da ordem de R\$ 50.000,00 e para usinas esse custo pode chegar a casa dos 6 dígitos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo geral a análise financeira para implantação de um sistema solar fotovoltaico de energia elétrica integrada à uma fábrica de confecção de roupas, dimensionando os principais parâmetros técnicos com base em procedimentos propostos pela literatura e em dados coletados.

1.1.2. Objetivos Específicos

Para se estudar a viabilidade de um sistema fotovoltaico conectado à rede, suprimindo a demanda de energia da fábrica de confecção em questão, foram realizadas:

- Análises de faturamento de energia elétrica do local;
- Estudo de disponibilidade de área e energia solar do local de instalação;
- Dimensionamento o sistema e seus componentes de acordo com as normas brasileiras;
- Análise financeira da implantação do sistema, bem como o tempo de retorno do investimento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Segundo (FADIGAS, 2014), a energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão da luz (solar) em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico.

Na natureza, existem materiais classificados como semicondutores, que são caracterizados por possuírem uma banda de valência totalmente preenchida por elétrons e uma banda de condução totalmente vazia a temperaturas muito baixas. O espaço de separação entre as duas bandas de energia nos semicondutores (*gap* de energia) é da ordem de 1eV, o que os torna diferentes dos isolantes, onde esse espaço é de maior de 1 eV. Isto resulta que semicondutores apresentem várias características interessantes, como por exemplo o aumento de sua condutividade com a temperatura graças à excitação térmica de portadores da banda de valência para a banda de condução.

Uma propriedade importante para as células fotovoltaicas é que os fótons, na faixa do visível, com energia superior ao *gap* do material, excitarem elétrons à banda de condução, que pode ser observado em semicondutores puros, também chamados de intrínsecos, não garante propriamente o funcionamento de células fotovoltaicas. Para obtê-las, é necessário que haja uma estrutura apropriada para que os elétrons excitados possam ser coletados, gerando uma corrente útil.

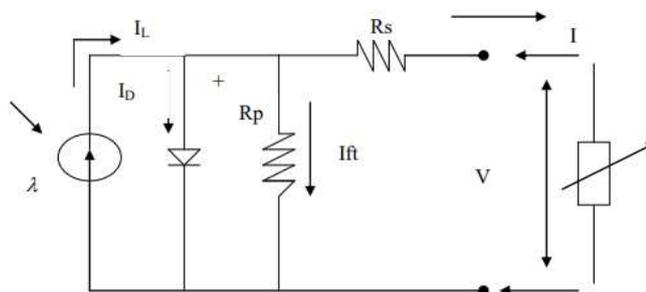


Figura 1 - Circuito elétrico equivalente de uma célula fotovoltaica
Fonte: (FADIGAS, 2014)

Os parâmetros do circuito mostrado na figura 1 são definidos como:

I_L - Corrente gerada pela incidência da radiação

I_D, I_0 - Corrente de saturação do diodo

I_{FT} - Corrente de fuga para terra

I - Corrente nos terminais de saída

R_p – Resistência shunt

R_s – Resistência série

A – Parâmetro de correção de curva

2.3. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

2.3.1 Células fotovoltaicas

Existem três tipos de células, de acordo com o método de fabricação:

Silício monocristalino: obtidas através de barras cilíndricas de silício monocristalino produzidas em fornos especiais, obtidas por corte das barras em forma de pastilhas quadradas finas (entre 0,4 e 0,5 mm de espessura). A eficiência desse tipo de célula na conversão de luz solar em eletricidade é superior a 12%.

Silício policristalino: produzidas a partir de blocos de silício através da fusão de silício puro em moldes especiais. Uma vez nos moldes, o silício é resfriado lentamente e solidifica-se. Neste processo, os átomos não se organizam em uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais. A eficiência na conversão de luz solar em eletricidade é brevemente menor do que nas de silício monocristalino.

Silício amorfo: obtidas através da deposição de camadas muito finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal, com eficiência variando entre 5% e 7%. (Martins, Antônio, 2001)

2.4. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE

Como foi citado, a energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão da luz solar em eletricidade por meio de células fotovoltaicas, contidas nos

módulos fotovoltaicos. Nos sistemas conectados à rede elétrica, a energia gerada é uma fonte de energia complementar à energia da distribuidora ao qual o usuário é conectado e são sistemas que geralmente não há utilização de armazenamento de energia por meio de baterias, pois toda energia gerada pelos módulos solares fotovoltaicos (durante o dia), é injetada na rede elétrica.

O inversor solar é instalado entre o sistema gerador fotovoltaico e o ponto de injeção à rede, recebendo a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua e transformando-a em energia alternada, além de sincronizá-la e injetá-la na rede elétrica, que abastece toda a residência juntamente com a rede elétrica da distribuidora. No caso da geração solar fotovoltaica ser superior à demanda, o sistema devolve a energia para rede, no sentido contrário, para ser utilizada por outros consumidores, automaticamente sem intervenção e seguindo normas de segurança. Por questões de segurança, principalmente, quando há falta energia da distribuidora, o sistema fotovoltaico se desliga automaticamente.

2.5 COMPONENTES DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

2.5.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO

A potência máxima que em geral alcançada através da utilização de uma única célula fotovoltaica é de 3W, o que é insuficiente para a maioria das aplicações reais. Por isso, as células fotovoltaicas são normalmente agrupadas (ligadas em série) de modo a formar módulos fotovoltaicos, conforme esquematizado na figura 2.

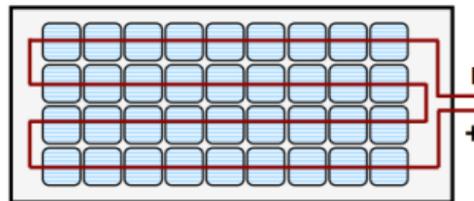


Figura 2 - Módulo fotovoltaico (associação de 36 células)
Fonte: Universidade do Minho

Na ligação em série, os contatos frontais de cada célula são soldados aos contatos posteriores da célula seguinte, de forma a ligar o polo negativo (parte frontal) da célula com o polo positivo (parte posterior) da célula seguinte.

Na concepção dos módulos, é importante que possuam características que lhes permitam resistir às condições ambientais, como a chuva, por exemplo a que vão estar submetidos. Assim, com o intuito de garantir a proteção contra a ação de esforços mecânicos, dos agentes atmosféricos e da umidade, usualmente as células são embebidas numa película de etileno acetato de vinilo (EVA), um material flexível, translúcido e não refletor da radiação solar, que tem ainda a particularidade de assegurar o isolamento elétrico entre as células.

Esse agrupamento de módulos fotovoltaicos do mesmo tipo que pode ser efetuado através do estabelecimento de ligações em série, paralelo ou mista, obtendo-se assim diferentes valores de tensão ou corrente, permite efetuar o controle da energia produzida pelo painel.

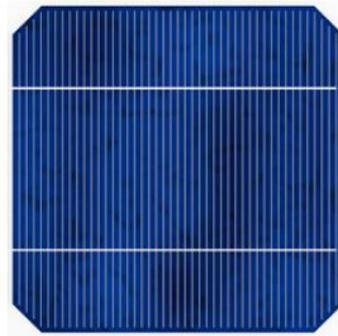


Figura 3 - Célula fotovoltaica de silício cristalizado do tipo policristalino
Fonte: Blue Sol

2.5.1.1 CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os parâmetros elétricos, térmicos e mecânicos dos módulos fotovoltaicos são medidos (nas condições de referência, STC) pelos fabricantes e disponibilizados na forma de fichas técnicas específicas. Entretanto, em contexto de utilização real, as condições de referência raramente ocorrem. Na verdade, mesmo que um módulo fotovoltaico opere num cenário que eventualmente se caracterize por uma temperatura do ar igual a 25°C, a temperatura do módulo será superior. Por isso, em algumas ocasiões é especificada a temperatura nominal de funcionamento (do Inglês, *nominal operating cell temperature*, NOCT) do módulo fotovoltaico, cuja temperatura nominal de funcionamento é definida como sendo a temperatura atingida pelas células de um módulo quando sujeitas às seguintes condições:

- Intensidade da radiação solar incidente na superfície = 800 W/m^2 ;
- Temperatura do ar = 20°C ;
- Velocidade do vento = 1 m/s .

A temperatura das células (que integram um módulo) pode ser calculada através da equação 1:

$$T = T_A + \frac{NOCT - 20}{800} G \quad (1)$$

cujo T (em $^\circ\text{C}$) é a temperatura da célula, T_A (em $^\circ\text{C}$) é a temperatura do ar e G (em W/m^2) corresponde à intensidade da radiação incidente. (Carneiro, 2018)

2.5.2. INVERSOR

O inversor é o componente responsável pela conversão de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), o que acontece nos painéis solares. Também conhecido como conversor CC-CA, é também mencionado na literatura como PCU – *Power Conditioning Unit* (Unidade de Condicionamento de Potência), tendo como papel secundário garantir a segurança do sistema e medir a energia produzida pelos painéis solares. (FADIGAS, 2014)



Figura 4 - Inversor grid-tie
Fonte: Portal Solar

2.5.3 ESTRUTURA DE SUPORTE

Materiais projetados para servir de apoio e suporte aos painéis solares. A escolha da estrutura de suporte deve levar em conta o tipo de painel solar a ser instalado, a inclinação necessária a ele, o local de instalação e o tipo de material do qual é formado.

Dessa forma, assim como nos painéis, estas estruturas possuem diferentes modelos, que são aplicáveis a diferentes locais e situações e que possuem preços, tamanhos e eficiências diferentes entre si. Alguns dos modelos mais comuns são os de estrutura metálica com inclinação fixa, os de estrutura fixa com ângulo de inclinação ajustável, e os *trackers*. (ECycle, 2018)

2.5.4 CABOS

A fiação é o elo entre os componentes do sistema e promove o fluxo de energia entre eles, e os tipos de cabos a serem utilizados dependerão do tipo de painel escolhido para o sistema, e da distância entre os componentes.

Existem alguns modelos de cabos que podem ser utilizados no sistema fotovoltaico: os de módulo ou fileira, que garantem proteção contra falhas e curtos-circuitos; os cabos principais DC, que ligam o gerador e o inversor, e os cabos do ramal AC, que ligam o inversor à rede receptora.

2.5.5 RELÓGIO BIDIRECIONAL

Existem dois tipos de sistemas solares fotovoltaicos: *on-grid* e *off-grid*. O *on-grid* é referente ao sistema conectado à rede de distribuição de energia, já o segundo refere-se ao sistema isolado da rede, que se sustenta através de baterias.

Como o sistema de energia solar fotovoltaica *on-grid* gera energia que será cedida à rede pública de eletricidade, é preciso conhecer exatamente quanto de energia está sendo gerada para o sistema e o quanto está sendo consumido pela unidade geradora a fim de calcular quanto será emitido em créditos energéticos. O relógio bidirecional tem como função medir o saldo de energia gerado menos o consumido. (Sun Energia, 2018)

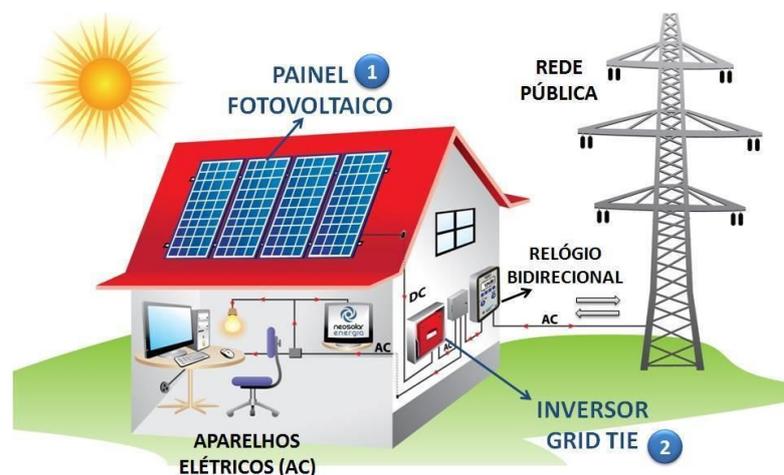


Figura 5 - Esquema de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede
Fonte: Neo Solar

2.5. TIPOS DE CONTA DE ENERGIA

O tipo de tarifa aplicada dependerá do enquadramento do consumidor, que se altera de acordo com a classe e do tipo de ligação do mesmo. As modalidades tarifárias são definidas por um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas, considerando as seguintes modalidades:

Convencional Monômia:

É aplicada às unidades consumidoras do grupo B (Baixa Tensão) e é caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia, possuindo valores diferenciados que variam com a classe de consumo em que se encontram os consumidores, sendo dividida da seguinte forma: residencial, rural, comercial, industrial, poder público e iluminação pública.

Para as unidades do Grupo A (ligadas em Média e Alta Tensão), existem dois tipos:

Branca

Em vigor desde o dia 1º de janeiro de 2018, a Tarifa Branca é uma opção tarifária que sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia, conforme o dia e o horário do consumo, sendo oferecida às unidades consumidoras atendidas em baixa tensão (127, 220, 380 ou 440 volts), denominadas pelas concessionárias de Grupo B, e àquelas pertencentes ao grupo A optantes da tarifa de baixa tensão.

Azul

É aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.

Verde

É aplicada às unidades consumidoras do grupo A e é caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, variando com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência. (Eletrobras Piauí, 2018)

2.6. REGULAMENTAÇÃO VIGENTE

Desde 2012, com o marco regulatório firmado pela resolução 482 da ENEEL, permitiu-se que os consumidores pudessem realizar a troca de energia gerada com a rede elétrica e criando as regras e o sistema que compensa o consumidor pela energia elétrica injetada na rede.

Nessa regulamentação, foi criado o sistema de compensação de energia elétrica, em que toda a energia ativa injetada na rede pelo sistema gerador de uma unidade consumidora, é emprestada gratuitamente à distribuidora local e posteriormente compensada sobre o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra, que devem pertencer ao mesmo titular em CPF ou CNPJ. (Blue Sol, 2018)

3. METODOLOGIA

3.1. CÁLCULO DOS REQUISITOS DO SISTEMA

Para a análise e estudo financeiro da instalação do sistema solar fotovoltaico na fábrica de confecção de roupas, alguns itens e conceitos foram conhecidos e calculados:

- W (Watt) é uma unidade de medida para potência (equivalente a um Joule por segundo). Potência é a quantidade de energia cedida por uma unidade de tempo.
- Wp (Watt-pico) é a unidade de medida utilizada para painéis fotovoltaicos e significa a potência em W fornecida por um painel em condições específicas e reproduzidas em laboratório. É a potência máxima que um painel pode fornecer em condições ideais.
- kWp (kilo-Watt-pico) são 1000 Wp sendo que k se refere a 1000 para qualquer unidade de medida.
- Wh (Watt-hora) é uma unidade de medida de energia gerada. Exemplo: Uma potência de 100 W exercida por 3 horas equivale a $100 \times 3 = 300$ Wh.
- kWh (kilo-Watt-hora) são 1000 Wh sendo que k se refere a 1000 para qualquer unidade de medida. kWh é a unidade de medida de nossa conta de luz.

Além disso, para se dimensionar o sistema, foi-se analisada a conta de energia do consumidor para entender o tipo de cliente e tarifas e, a partir disso, foram calculados a potência do sistema, a potência do inversor e a área necessária para instalação dos painéis, bem como se havia sombreamento no local a ser instalado.

3.2. CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE CONSUMIDOR

Em resumo, existem três tipos de contas para o consumidor. De acordo com a Resolução Normativa N°414, de 09 de setembro de 2010, artigo 98 as distribuidoras cobram o custo de disponibilidade, como descrito abaixo:

I – 30KWh em R\$ para quem tem conexão monofásica (2 Condutores)

II – 50kWh em R\$ para quem tem conexão bifásica (3 condutores)

III – 100kWh em R\$ para quem tem conexão trifásica

Assim, o valor da conta de energia nunca será igual a zero, visto que os custos de disponibilidade são inerentes ao consumo do consumidor e sempre estarão presentes.

3.3. CÁLCULO DA POTÊNCIA DO SISTEMA

1º Passo – Obtenção dos valores das últimas 12 contas de energia do local. Os valores de consumo podem ser expressos pela grandeza dimensional de kWh/mês.

2º Passo: Após somar as últimas 12 medições de energia, obtenção da média destes valores.

3º Passo: Cálculo da potência do sistema, tendo como eficiência do projeto fotovoltaico (inferência padrão) de 83% (perdas na geração e transmissão de potência).

Além disso, é de fundamental importância o conhecimento do índice solarimétrico do local, que pode ser obtido através do site da NASA, sendo conhecidos os dados de latitude e longitude do local. Como em Fortaleza não há uma grande variação de clima e irradiação, esse valor pode ser aproximado como constante durante o ano todo. Entretanto, para maior assertividade devem ser utilizados softwares de dimensionamento, como o *PVSystem*®, uma vez que os dados obtidos pelo site da NASA foram analisados assumindo superfícies horizontais.

Portanto, a equação do cálculo da potência do sistema se dá pela equação 2:

$$Pot_{sistema} = \frac{G_{anual}}{P_{anual}} \quad (2)$$

Cujo:

$$G_{anual} = C_c - C_d \quad (3)$$

C_c = Consumo médio anual

C_d = Custo de Disponibilidade (Monofásico, bifásico ou trifásico)

P_{anual}^* = Produção anual por kWp otimizada (média mensal de incidência de insolação ao meio-dia sobre uma superfície horizontal kW/m^2 multiplicada pela média mensal de incidência de insolação sobre uma superfície horizontal $kWh/m^2/dia$ multiplicado por 30 dias)

*Dados obtidos pelo site da NASA.

3.4. POTÊNCIA DO INVERSOR

O inversor tem papel fundamental no sistema solar fotovoltaico e deve ser bem dimensionado. Alguns fatores são intrínsecos às perdas de eficiência de um sistema solar fotovoltaico, sobretudo a temperatura. Assim, a potência do inversor deve ser inferior à potência nominal do gerador fotovoltaico.

Como foi dito, o dado de irradiação local é de $1.000 W/m^2$ e o de temperatura das células de $25^\circ C$. Dessa forma, é recomendado que haja um fator de dimensionamento do inversor (FDI), que varia entre 75% e 105% de acordo com o local de instalação do inversor.

Dessa forma, a potência nominal do inversor pode ser calculada pela equação 3:

$$P_I = Pot_{sistema} \cdot FDI \quad (4)$$

Onde:

P_I = Potência nominal do inversor

$Pot_{sistema}$ = Potência nominal do gerador fotovoltaico

FDI = Fator de dimensionamento do inversor

3.5. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA

Dimensionar a área necessária e disponível para instalação dos painéis solares fotovoltaicos é uma informação fundamental para analisar se a área disponível é suficiente para alocar a quantidade de painéis necessária para a geração de energia dimensionada, levando em conta não somente a área dos painéis, mas deve-se levar em conta também o espaçamento entre os painéis, as estruturas para fixação dos mesmos, a passagem de cabeamento e demais dispositivos do sistema.

Para se obter a área necessária pode-se utilizar softwares como o *SketchUp®* e para a área disponível pode-se utilizar os dados da própria estrutura pela planta do local ou pela utilização de ferramentas como o *Google Maps®*.

3.6. ESTUDO FINANCEIRO

Finalmente, com todos os dados do cliente conhecidos e de dimensionamento de potências e de área calculados, deve ser feito um estudo de viabilidade econômica e financeira de instalação, através do balanço econômico do investimento ao longo dos 25 anos, tempo de garantia de eficiência dos painéis dado pela maioria dos fabricantes de módulos fotovoltaicos.

Assim, o balanço econômico do investimento se dá pela equação 4:

$$B = R - I \quad (5),$$

Cujo:

R = Valor reduzido na conta mensal

I = Valor investido no sistema

A partir daí, pode ser calculado o tempo de retorno do sistema, que com as tarifas atuais, com a redução nos últimos anos dos custos com os materiais e com a facilidade de financiamento, é de, em média, 4 anos, de acordo com dimensionamentos realizados para outros sistemas e com o cenário atual do mercado de energia solar fotovoltaica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fábrica de confecção de roupas, objeto desse estudo, situada em Fortaleza, cuja concessionária de energia é a ENEL, tem um funcionamento bem distribuído ao longo do ano, com maior demanda em períodos festivos e feriados, como o Natal e Réveillon, onde o volume de vendas aumenta consideravelmente.

A primeira etapa consiste na análise da conta de energia da fábrica, verificando principalmente o grupo e classificação do cliente, consumo mensal e valor da tarifa.

Nº DO CLIENTE
1705186-0

CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA GRUPO B | SÉRIE B-4 Nº 523202434

Rota 20 01150 43 051000 - 2 Data de Emissão 27/04/2018

Nome MARIA LENE ALBUQUERQUE
End. Postal RU GAL ALIPIO DOS SANTOS 01310
CIDADE OESTE - FORTALEZA -

Medidor 24736537 Poste 1198 R73W

Class 03-COMERCIAL, SERV. OUTR. 01-COMERCIAL MONOFASICO

RG / CPF / CNPJ 316524253-49 CGF

Nome do Responsável

Mês de Referência	Data de Apresentação	Provisão Próxima Leitura	Conjunto	Mês	EU\$D
Abr/2018	27/04/2018	28/05/2018	P101	Fev/2018	83,72

ICMS: Base de Cálculo (R\$) 314,34; Alíquota 27,00%; Valor do Imposto 84,87

ÁREA RESERVADA AO CONTROLE FISCAL: E034.02B6.EA78.CB94.F5B7.13B5.005B.5F21

Mês	Padrão Individual			Apuração Individual		
	Mensal	Trím.	Anual	Mensal	Trím.	Anual
DIC	4,95	9,91	19,82	0,00	0,00	0,00
FIC	3,11	6,22	12,45	0,00	0,00	0,00
DMIC	2,77			0,00		

INFORMAÇÕES SOBRE O FATURAMENTO DO CONSUMO

Leit. Atual	Leit. Anterior	Const.	Consumo (kWh)	Cons. Ind.	Cons. Est.	Tarifa (R\$/kWh)	Valor (R\$)
61524	61083	1,00	441	0,00	441	0,71206	314,34

DESCRICO VALOR (R\$)

VALOR CONSUMO DO MES	314,34
QUOTA PARCELAMENTO 2/6	132,63
MULTA MORATORIA REF 01/2018	7,21
ILUMINACAO PUBLICA MUNICIPAL	66,88
BEM ESTAR PLANO FAMILIAR - 0800 600 0560	12,26

VENCIMENTO 20/05/2018 TOTAL A PAGAR (R\$) 533,32

COMPOSIÇÃO DO VALOR DE CONSUMO	
Transmissão	17,11
Distribuição	24,62
Encargos Setoriais	17,58
Tributos (ICMS/PIS/COFINS)	103,78
TOTAL	314,34

HISTÓRICO DE CONSUMO (últimos 12 meses)	
416	441
511	372
511	453
371	361
353	367
371	434
450	

Figura 6 - Conta de Energia da Fábrica de Confecção de Roupas
Fonte: Acervo Pessoal

Como pode ser visto na figura 7, os dados da conta são:

Cliente tipo B, monofásico e o valor da tarifa é de R\$ 0,7126 / kWh e o consumo detalhado pode ser visualizado na tabela da figura 8:

MÊS/ANO	FORA PONTA
abr/18	441
mar/18	511
fev/18	372
jan/18	511
dez/17	453
nov/17	371
out/17	361
set/17	353
ago/17	367
jul/17	371
jun/17	434
mai/17	450
Consumo Médio Anual	4.995 kWh
Consumo Médio Mensal	416,25 kWh

Figura 7 - Consumo Detalhado da Conta de Energia
Fonte: Próprio Autor

Como se trata de uma instalação monofásica, o custo de disponibilidade é de 30 kWh.

Para o cálculo da potência do sistema, devemos calcular a energia compensada (consumo anual reduzindo os custos de disponibilidade) e a produção anual por kWp otimizada.

O cálculo do consumo da energia a ser compensada dado pela equação 3:

$$G_{anual} = 4.995 - 12 \times 30 = 4.635 \text{ kWh/ano}$$

O cálculo da produção anual por kWp otimizada é feito utilizando-se os dados da Nasa, conforme a tabela 1, com o fator de correção de 1,05 para a cidade de Fortaleza, dado que os valores são obtidos considerando uma superfície plana, que, no caso de Fortaleza, tem uma inclinação ótima de 10°.

VALOR DE kWh/kWp ao mês em Fortaleza // Base para usar no dimensionamento			
		PRODUÇÃO kWh/kWp - NASA	x kWp (valor exato do sistema)
1	Jan	127,43	344,06
2	Fev	119,664	323,09
3	Mar	96,768	261,27
4	Abr	85,68	231,34
5	Mai	103,917	280,58
6	Jun	107,304	289,72
7	Jul	126,54	341,66
8	Ago	159,858	431,62
9	Set	174,408	470,90
10	Out	180,612	487,65
11	Nov	161,376	435,72
12	Dez	147,414	398,02
	Total	1.591 kWh/kWp	4.295,62
	total otimizado	1.686 kWh/kWp	PRODUÇÃO ANUAL TOTAL (KWh)
		PRODUÇÃO ANUAL/ kWp	

Tabela 1 – Produção Solar (kWh/kWp)

Fonte: NASA

Ou seja, $P_{anual} = 1.686 \text{ kWh/kWp}$ e a potência do sistema pode ser calculada, como foi discutido na metodologia segundo a equação 2:

$$Pot_{sistema} = \frac{G_{anual}}{P_{anual}} = \frac{4635}{1686} = 2,75 \text{ kWp}$$

Pode-se então calcular a autonomia do sistema, segundo a equação 6:

$$A_s = \frac{Pot_{sistema} * P_{anual}}{C_c * 12} \quad (6)$$

$$A_s = \frac{2,70 * 1.686}{416,25 * 12} = 91,16\%$$

Para o cálculo do inversor, pode-se utilizar a equação 4 discutida na metodologia e o valor do FDI, para a cidade de Fortaleza, devido à fatores como temperatura, é igual a 0,85:

$$P_I = Pot_{sistema} \cdot FDI = 2,70 \times 0,85 = 2,3 \text{ kVA}$$

Por questões de disponibilidade de mercado e de segurança de mercado, é recomendado arredondar para um valor superior.

Portanto, $P_I = 3 \text{ kVA}$

Com os valores das potências do sistema e do inversor, deve ser feito o cálculo da área necessária para instalação dos painéis fotovoltaicos e do número de painéis, que possuem fator de área de $1\text{KWp} = 4 \text{ painéis} = 7\text{m}^2$.

$$\text{Portanto, } A_{necessária} = Pot_{sistema} \times 7 = 2,7 \times 7 = 18,9 \text{ m}^2$$

$$N_{painéis\text{arredondado}} = POT_{sistema} \times 4 = 2,7 * 4 = 10 \text{ painéis}$$

Com a área necessária calculada, o check a ser feito é se há área disponível para instalação dos painéis. Esse cálculo pode ser feito em visita ao local, utilizando-se de instrumentos de medição ou através da ferramenta Google Maps, conforme mostrado na figura 9:



Figura 8 - Área Disponível
Fonte: Google Maps ®

Como pode ser visto, a área disponível é de 278,17 m², sendo mais do que suficiente para a instalação dos painéis.

Para escolha dos painéis, para título de análise de viabilidade, foram escolhidos os Painéis Sunlight Ultra® de 270 Wp, que como dito na metodologia, devem ser instalados com uma inclinação, que para Fortaleza, é de 10º, e o inversor escolhido foi da marca AP Systems®.

Segue então o consolidado das informações obtidas através dos cálculos realizados na tabela da figura 10:

CONSUMO MÉDIO MENSAL	416,25 kWh
CONSUMO ANUAL	4.995 kWh
ECONOMIA MENSAL*	R\$ 273,20
PRODUÇÃO ANUAL	4.553,4 kWh
ÁREA OCUPADA PELOS MÓDULOS	18,90 m²
AUTONOMIA	91,16%
REDUÇÃO DE CO₂/ANO	391,6 kg
POTÊNCIA TOTAL DO SISTEMA	2,70 kWp
MODULOS FOTOVOLTAICOS (QUANTIDADE)	10
MODULOS FOTOVOLTAICOS (POTÊNCIA)	270 Wp
INVERSOR COM MONITORAMENTO (POTÊNCIA)	3,00 kVA
ESTIMATIVA DO GASTO ATUAL	R\$ 299,70
SERVIÇO DE INSTALAÇÃO (VALOR TOTAL)	R\$ 19.035,00

Figura 9 - Resumo do Sistema
Fonte: Próprio Autor

Como pode ser visto, além da economia de energia, há uma redução de CO₂, que é de 391,6 kg/ano.

O custo total do sistema foi orçado em R\$ 19.035,00 por uma empresa de Fortaleza, com todos os equipamentos e instalação incluídos.

4.1 ANÁLISE FINANCEIRA

Objetivo deste trabalho, a análise de viabilidade econômica foi realizada levando em consideração alguns pontos:

- Vida útil dos painéis = 25 anos
- Inflação da tarifa de kWh = 15% nos primeiros 2 anos, 10% nos 3 anos seguintes e 5% nos 20 anos restantes.

Dessa forma, seguem abaixo a análise de viabilidade econômica e o balanço econômico para os 25 anos do sistema:

ANO	INFLAÇÃO	TARIFA B	GASTOS S/ SISTEMA	PRODUÇÃO	C/ SISTEMA B	CONTA ENEL	GASTOS C/ SISTEMA	SALDO ANUAL	SALDO ACUMULADO
1	15%	R\$ 0,72	R\$ 3.596,40	4.295,62	699,38	R\$ 503,56	R\$ 503,56	R\$ 3.092,84	R\$ 3.092,84
2	15%	R\$ 0,83	R\$ 4.135,86	4.265,55	729,45	R\$ 603,99	R\$ 603,99	R\$ 3.531,87	R\$ 6.624,72
3	10%	R\$ 0,95	R\$ 4.756,24	4.235,69	759,31	R\$ 723,02	R\$ 723,02	R\$ 4.033,22	R\$ 10.657,94
4	10%	R\$ 1,05	R\$ 5.231,86	4.206,04	788,96	R\$ 826,37	R\$ 826,37	R\$ 4.405,49	R\$ 15.063,43
5	10%	R\$ 1,15	R\$ 5.755,05	4.176,60	818,40	R\$ 942,93	R\$ 942,93	R\$ 4.812,12	R\$ 19.875,54
6	5%	R\$ 1,27	R\$ 6.330,55	4.147,36	847,64	R\$ 1.074,28	R\$ 1.074,28	R\$ 5.256,27	R\$ 25.131,82
7	5%	R\$ 1,33	R\$ 6.647,08	4.118,33	876,67	R\$ 1.166,63	R\$ 1.166,63	R\$ 5.480,45	R\$ 30.612,27
8	5%	R\$ 1,40	R\$ 6.979,44	4.089,50	905,50	R\$ 1.265,24	R\$ 1.265,24	R\$ 5.714,19	R\$ 36.326,46
9	5%	R\$ 1,47	R\$ 7.328,41	4.060,87	934,13	R\$ 1.370,50	R\$ 1.370,50	R\$ 5.957,91	R\$ 42.284,37
10	5%	R\$ 1,54	R\$ 7.694,83	4.032,45	962,55	R\$ 1.482,82	R\$ 1.482,82	R\$ 6.212,01	R\$ 48.496,38
11	5%	R\$ 1,62	R\$ 8.079,57	4.004,22	990,78	R\$ 1.602,62	R\$ 1.602,62	R\$ 6.476,95	R\$ 54.973,33
12	5%	R\$ 1,70	R\$ 8.483,55	3.976,19	1018,81	R\$ 1.730,35	R\$ 1.730,35	R\$ 6.753,19	R\$ 61.726,53
13	5%	R\$ 1,78	R\$ 8.907,73	3.948,36	1046,64	R\$ 1.866,51	R\$ 1.866,51	R\$ 7.041,22	R\$ 68.767,74
14	5%	R\$ 1,87	R\$ 9.353,11	3.920,72	1074,28	R\$ 2.011,59	R\$ 2.011,59	R\$ 7.341,53	R\$ 76.109,27
15	5%	R\$ 1,97	R\$ 9.820,77	3.893,27	1101,73	R\$ 2.166,13	R\$ 2.166,13	R\$ 7.654,64	R\$ 83.763,91
16	5%	R\$ 2,06	R\$ 10.311,81	3.866,02	1128,98	R\$ 2.330,69	R\$ 2.330,69	R\$ 7.981,11	R\$ 91.745,03
17	5%	R\$ 2,17	R\$ 10.827,40	3.838,96	1156,04	R\$ 2.505,89	R\$ 2.505,89	R\$ 8.321,51	R\$ 100.066,53
18	5%	R\$ 2,28	R\$ 11.368,77	3.812,09	1182,91	R\$ 2.692,35	R\$ 2.692,35	R\$ 8.676,42	R\$ 108.742,95
19	5%	R\$ 2,39	R\$ 11.937,20	3.785,40	1209,60	R\$ 2.890,74	R\$ 2.890,74	R\$ 9.046,47	R\$ 117.789,42
20	5%	R\$ 2,51	R\$ 12.534,06	3.758,90	1236,10	R\$ 3.101,76	R\$ 3.101,76	R\$ 9.432,30	R\$ 127.221,72
21	5%	R\$ 2,63	R\$ 13.160,77	3.732,59	1262,41	R\$ 3.326,18	R\$ 3.326,18	R\$ 9.834,59	R\$ 137.056,31
22	5%	R\$ 2,77	R\$ 13.818,81	3.706,46	1288,54	R\$ 3.564,77	R\$ 3.564,77	R\$ 10.254,03	R\$ 147.310,34
23	5%	R\$ 2,90	R\$ 14.509,75	3.680,52	1314,48	R\$ 3.818,38	R\$ 3.818,38	R\$ 10.691,37	R\$ 158.001,71
24	5%	R\$ 3,05	R\$ 15.235,23	3.654,75	1340,25	R\$ 4.087,88	R\$ 4.087,88	R\$ 11.147,35	R\$ 169.149,06
25	5%	R\$ 3,20	R\$ 15.996,99	3.629,17	1365,83	R\$ 4.374,21	R\$ 4.374,21	R\$ 11.622,79	R\$ 180.771,85

Figura 10 - Análise Financeira
Fonte: Próprio Autor

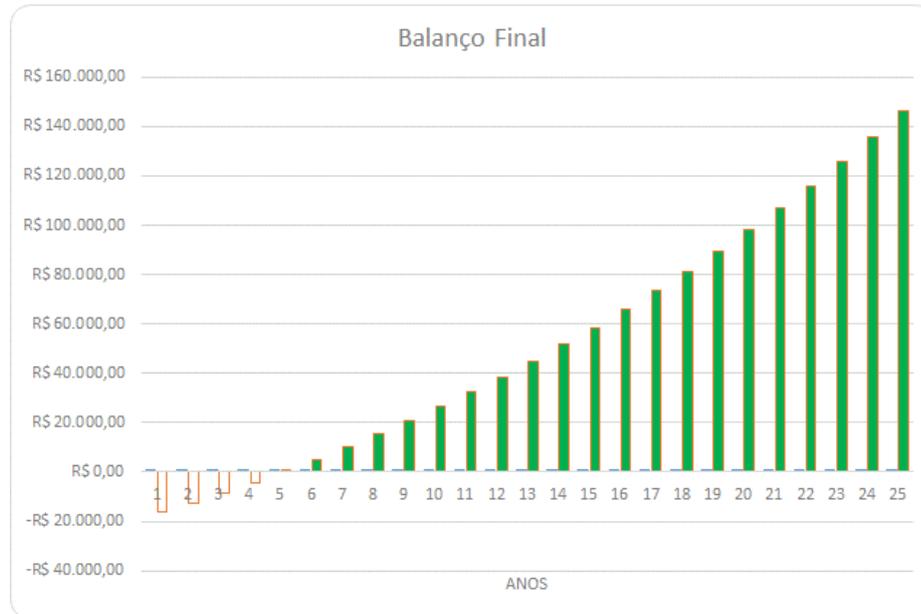


Figura 11 - Balço Econômico
Fonte: Próprio Autor

Através da figura 11, ao fim dos 25 anos, sem o sistema, o cliente pagaria R\$232.801,22, valor este bem alto, visto que a tendência de aumento da tarifa de energia elétrica é constante. Já sem o sistema, o custo com energia elétrica cairia para R\$ 52.029,37, redução de 78% e uma redução mensal de R\$ 273,20 na conta de energia.

Pela figura 12, pode-se inferir que o tempo de retorno do investimento é de 4 anos, cujo no quinto ano o consumidor já teria economia na conta de energia, aumentando ano a ano pelos 25 anos do sistema.

Finalmente, o payback – tempo de retorno do investimento é de 4 anos, e que o saldo ao fim dos 25 anos será de R\$180.771,85, equivalente a mais de 144 toneladas de tecido, matéria-prima fundamental para a fábrica, produzindo mais de 720 mil blusas. Esta economia também pode ser investida com a contratação de novos funcionários, ou até mesmo instalação de mais máquinas para aumentar a produção, o que aumentaria o consumo e demandaria a revisão do dimensionamento do sistema.

5. CONCLUSÃO

Ao final do estudo, pôde-se concluir que a instalação do sistema solar fotovoltaico na fábrica de confecção de roupas localizada em Fortaleza é vantajosa e traz muitos benefícios para o consumidor, pois a autonomia do sistema é de 91,16% implicando em uma redução mensal na conta de R\$ 273,20.

Além disso, a instalação do sistema, como foi dito anteriormente, contribui para a redução de 391,6 kg de CO₂, contribuindo assim para um ambiente mais sustentável e ecológico.

Outro fator importante é a valorização do imóvel, que terá seu valor de mercado aumentado em média em 10% em caso de instalação do sistema, que foi orçado em R\$ 19.035,00, incluindo 10 painéis/módulos fotovoltaicos de 270Wp, inversores e/ou microinversores, string box e conectores, cabeamento (até 30m), perfil/estrutura de sustentação e elementos de fixação.

Ao final dos 25 anos, o cliente terá um saldo de R\$180.771,85, que pode ser utilizado para próprio investimento na fábrica de confecção de roupas, principalmente em épocas de maior volume de vendas, como feriados como o Natal e o Réveillon.

Dessa forma, foi possível realizar a análise financeira para a implantação do sistema solar na fábrica de confecção de roupas, através do dimensionamento dos principais parâmetros técnicos e com base em procedimentos estudados durante a graduação e em dados coletados, como o faturamento de energia elétrica do local, disponibilidade de área e energia solar do local de instalação e por fim a análise financeira para a implantação do sistema, bem como o tempo de retorno do investimento, que foi calculado em 4 anos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL. (2012). ANEEL. Fonte: ANEEL:
<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>
- Blue Sol. (3 de Maio de 2018). *Blue Sol*. Fonte: Portal do Blue Sol:
<http://blog.bluesol.com.br/resolucao-482-da-aneel-guia-completo/>
- Carneiro, J. (17 de Maio de 2018). ELECTROMAGNETISMO B - MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, CARACTERÍSTICAS E ASSOCIAÇÕES. pp. 5-8. Fonte:
https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16961/1/M%C3%B3dulos%20Fotovoltaicos_Caracteristicas%20e%20Associa%C3%A7%C3%B5es.pdf
- ECycle. (17 de Maio de 2018). *Energia*. Fonte: Site da ECycle:
<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3424-componentes-sistema-fotovoltaico-painel-solar-estrutura-suporte-inversor-controlador-carga-cabos-baterias-captacao-kit-geracao-energia-eletrica-eletricidade-vantagem-fontes-renovavel-limp>
- Eletrobras. (3 de Maio de 2018). *Na Trilha da Energia*. Fonte: Site da Eletrobras:
<http://www.eletrobras.com/elb/natrilhadaenergia/energia-eletrica/main.asp?View=%7BB1E5C97A-39C6-49BE-9B34-9BC51ECC124F%7D>
- Eletrobras Piauí. (17 de Maio de 2018). *Sua Conta*. Fonte: Site da Eletrobras Piauí:
<http://www.eletrobraspiaui.com/index.php/sua-conta/tarifas/tipos-de-tarifa/>
- FADIGAS. (12 de Maio de 2014). *Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade Técnico-Econômica*. Fonte: Artigo Universidade de São Paulo - USP:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf
- Martins, Antônio. (2001). *Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Porto*. Fonte: Site da Faculdade do Porto:
https://paginas.fe.up.pt/~ee97234/efeito_fotovoltaico.htm

Portal Solar. (3 de Maio de 2018). *Blog Solar*. Fonte: Site do Portal Solar:
<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-renovavel.html>

Solar Brasil. (17 de Maio de 2018). *Blog da Energia Solar*. Fonte: Solar Brasil:
<http://www.solarbrasil.com.br/blog-da-energia-solar/73-o-que-sao-os-sistemas-conectados-a-rede-on-grid>

Sun Energia. (Maio de 17 de 2018). *Blog*. Fonte: Site da Sun Energia:
<https://sunergia.com.br/blog/quais-os-componentes-de-um-sistema-energia-solar-fotovoltaica/>