

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI**

**ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UMA  
LANCHONETE NA CIDADE DE TEÓFILO OTONI/MG**

**TEÓFILO OTONI – MG  
2019**

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI**

**ADILSON ALVES ANDRADE  
GABRIEL EUGÊNIO DOS SANTOS CABRAL  
TIAGO GOMES SILVA**

**ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UMA  
LANCHONETE NA CIDADE DE TEÓFILO OTONI/MG**

**Monografia apresentada ao Curso  
de Engenharia Elétrica do Centro  
Universitário Doctum de Teófilo  
Otoni, como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Elétrica.**

**Área de concentração: Energias  
Renováveis**

**Professor Orientador: Msc Simone  
Soares Lima Jardim**

**TEÓFILO OTONI - MG**

**2019**

Curso: Engenharia Elétrica  
Reconhecimento Renovado pela portaria N°914 de 27/12/2018

### FOLHA DE APROVAÇÃO

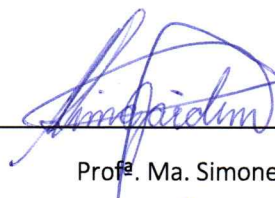
A Monografia Intitulada: **Análise econômica da implantação de um sistema de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos em uma lanchonete da cidade de Teófilo Otoni,**

elaborada pelo(s) graduando(s): **Adilson Alves Andrade, Gabriel Eugenio dos Santos Cabral e Tiago Gomes Silva**

foi aprovada por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni, como requisito parcial para obtenção de título de

### BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Teófilo Otoni, 11 de Dezembro de 2019



Prof.ª Ma. Simone Soares Lima Jardim  
Orientador(a)



Prof. Felipe Moreira Lagoas  
Professor Avaliador(a) 1



Prof. Me. Raphael Neves de Matos  
Professor Avaliador(a) 2

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Principais etapas na formação do setor elétrico brasileiro .....   | 12 |
| Figura 1 – Linhas de transmissão .....  | 13 |
| Figura 2 – Sistema Fotovoltaico .....   | 17 |
| Figura 3 – Células de painel fotovoltaico.....                                | 21 |
| Figura 4 – Desenvolvimento de um painel fotovoltaico .....                    | 22 |
| Figura 5 – Fachada do estabelecimento comercial escolhido para o estudo ..... | 27 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Consumo de Energia Elétrica ano 2018 na lanchonete estudada na cidade de Teófilo Otoni/MG.....              | 29 |
| Tabela 2 – Gasto mensal com energia elétrica no ano de 2018 na lanchonete estudada na cidade de Teófilo Otoni/MG ..... | 30 |
| Tabela 3 – Sistema de implantação sugerido pela Empresa A .....  | 31 |
| Tabela 4 – Sistema de implantação sugerido Empresa B.....  | 31 |
| Tabela 5 – Sistema de implantação sugerido Empresa C.....  | 32 |
| Tabela 6 – Sistema de implantação sugerido Empresa D.....  | 32 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

AC – Alternating Current

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

CRESESSB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito

CSP - Concentrating Solar Power

DC - Direct Current

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

TIR - Taxa Interna de Retorno

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

VPL - Valor Presente Líquido

## RESUMO

Desde a década de 1970 o termo sustentabilidade é usado para referir a interação do homem com o mundo de forma a preservar o meio ambiente, contudo sem comprometer os recursos naturais das gerações futuras. Dessa maneira há uma crescente busca por fontes de energia renováveis e investir na implantação de fontes alternativas de energia, especialmente a solar fotovoltaica têm se mostrado uma alternativa. O Brasil possui um potencial enorme de geração de energia solar, uma fonte limpa e renovável, principalmente por questões climáticas e de irradiação solar em grande parte do território nacional. Esta pesquisa apresenta um exemplo prático de viabilidade econômica de implantação de um sistema fotovoltaico que mesmo em sistemas de pequeno porte estão se tornando cada vez mais viáveis. Por fim com base no estudo desenvolvido foi possível averiguar que o estudo da viabilidade para o estabelecimento comercial estudado apresenta-se positiva dentro dos indicadores de viabilidade apresentados, conseguindo assim atingir os objetivos propostos.

**Palavras-chave:** Paineis Fotovoltaicos. Energia Solar. Viabilidade Econômica.

## **ABSTRACT**

Since the 1970s the term sustainability has been used to refer to human interaction with the world in order to preserve the environment without compromising the natural resources of future generations. Thus there is a growing search for renewable energy sources and investing in the deployment of alternative sources of energy, especially solar photovoltaic has proven to be an alternative. Brazil has enormous potential for solar power generation, a clean and renewable source, mainly due to climate and solar radiation in much of the national territory. This research presents a practical example of the economical feasibility of deploying a photovoltaic system that even in small systems is becoming increasingly viable. Finally, based on the study developed, it was possible to verify that the feasibility study for the commercial establishment studied is positive within the viability indicators presented, thus achieving the proposed objectives.

**Keywords:** Photovoltaic Panels. Solar energy. Economic viability.



## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 10 |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....                                  | 11 |
| <b>2.1 Energia Elétrica</b> .....                                   | 11 |
| <b>2.2 Geração de energia elétrica</b> .....                        | 14 |
| <b>2.3 Energia Solar</b> .....                                      | 15 |
| 2.3.1 Placas Fotovoltaicas .....                                    | 19 |
| 2.3.2 Indicadores de Viabilidade Utilizados no Estudo.....          | 25 |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....  | 27 |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                               | 29 |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                                 | 34 |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                             | 35 |
| <b>ANEXOS</b> .....   | 39 |
| <b>ANEXO A – Informações gerais repassadas pela Empresa A</b> ..... | 39 |
| <b>ANEXO B – Informações gerais repassadas pela Empresa B</b> ..... | 43 |
| <b>ANEXO C – Informações gerais repassadas pela Empresa C</b> ..... | 48 |
| <b>ANEXO D – Informações gerais repassadas pela Empresa D</b> ..... | 49 |

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a elevação do perfil de consumo dos recursos naturais no mundo criam a necessidade de haver um debate sobre as questões energéticas bem como sobre investimentos em soluções renováveis de geração de energia.

A energia elétrica é essencial à vida moderna e, por isso, é preciso produzi-la em larga escala para atender grandes populações. Sendo assim, a utilização de fontes não renováveis, para gerar energia, é o que predomina atualmente. A utilização de fontes não renováveis provoca preocupantes impactos ambientais que vêm sendo comprovados por cientistas e percebidos pelas populações mundiais.

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF, 2007).

A implantação de sistemas fotovoltaicos em estabelecimentos comerciais proporciona geração e consumo local, ajuda a diminuir o carregamento da rede, aumenta a confiabilidade do sistema, reduz as perdas com transmissão e distribuição de energia, diminui o custo da energia além de contribuir para a redução do impacto ambiental.

Assim, a fim de viabilizar uma possível solução para a redução de custos energéticos em um empreendimento comercial de pequeno porte na cidade de Teófilo Otoni, propõe-se por meio deste estudo, averiguar a instalação de uma rede de sistema de energia solar com placas fotovoltaicas, com previsão de custos, apresentados através de orçamentos, é viável. Pretende-se, ainda, informar proprietários de empresas de pequeno porte, tais como lanchonetes, sobre as vantagens da utilização de painéis fotovoltaicos na geração de energia elétrica, possibilitando aos mesmos minimizarem custos e visualizarem, ainda, a utilização de uma energia limpa, com reduzida agressão ao meio ambiente. Portanto, este trabalho também tem um enfoque social e informativo, provendo ainda subsídios para futuras pesquisas e ações na cidade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Energia Elétrica

A energia pode ser definida como a capacidade de realizar trabalho ou de transferir calor. Na sociedade humana, a energia teve origem na forma endossomática, ou seja, aquela que chega através de cadeias ecológicas. A fonte primária da energia dessas cadeias é o sol, ao iluminar, aquecer, transferir energia para as águas, formando nuvens e chuvas, e fornecer energia aos vegetais (FARIAS & SELLITTO, 2011).

Da definição da física, energia é a capacidade de gerar trabalho. Com relação ao objeto em análise esta definição se torna um pouco mais abrangente, ela também é considerada um fator de produção e como tal um insumo importante para impulsionar o desenvolvimento econômico do país (KAEHLER, 2000).

A energia elétrica é uma forma de energia secundária, obtida a partir de diferentes fontes de energia primárias, capaz de entregar aos usuários finais energia através de extensas redes de distribuição. Ao longo das últimas décadas, a matriz energética de produção de energia elétrica tem-se diversificado de forma intensiva, como resposta ao aumento dos níveis de consumo (WALTER, 2010).

Na medida em que iam sendo descobertas e usadas, as fontes de energia imprimiam novos rumos à evolução da sociedade humana (CARVALHO, 2012).

As primeiras civilizações só apareceram de fato com a cultura irrigada de cereais, há cerca de seis mil anos, na Mesopotâmia, tendo como fonte de energia a força muscular, complementada pela energia cinética dos cursos de água, além da tração animal e da lenha. O fogo já era, então, usado de forma controlada (HEMERY et al., 1991).

As experiências pioneiras no Brasil com energia elétrica voltaram-se para a iluminação e o transporte públicos. O marco inicial é 1879, quando foi inaugurado, no Rio de Janeiro, o serviço permanente de iluminação elétrica interna na estação central da ferrovia Dom Pedro II (Central do Brasil); a fonte de energia era um dínamo. Em 1881, na mesma cidade, ainda fazendo uso de dínamos acionados por locomoveis, instala-se a primeira iluminação pública num trecho do jardim do Campo da Aclamação, a atual praça da República. No mesmo ano, na inauguração da Exposição Industrial, a energia elétrica foi utilizada para iluminar dependências do

edifício do Ministério da Viação no largo do Paço (atual praça XV), também no Rio de Janeiro. Em 1883, começa a operar a primeira central geradora elétrica, com 52 kW de capacidade, em Campos (RJ); tratava-se de uma unidade termelétrica, movida a vapor gerado em caldeira a lenha, para alimentar 39 lâmpadas. Esse empreendimento inaugurou a prestação de serviço público de iluminação na América do Sul. Nos transportes coletivos, o uso pioneiro da eletricidade como força motriz ocorreu em 1883, em Niterói, com a primeira linha brasileira de bondes elétricos a bateria (GOMES et al., 2002), conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Principais etapas na formação do setor elétrico brasileiro

| Período   | Principais eventos  |
|-----------|---|
| 1880-1930 | Monopólio privado — primórdios do uso da energia elétrica no Brasil, com a implantação dos primeiros empreendimentos nacionais e estrangeiros, dominados a partir da década de 1920 pelas empresas de capital estrangeiro. Corresponde ao período da República Velha.   |
| 1931-1945 | Presença do Estado — o Estado elabora as primeiras regulamentações no setor, com destaque para a implantação do Código de Águas, em 1934. A aceleração do desenvolvimento econômico brasileiro corresponde a um aumento da demanda de energia que não tem contrapartida em investimentos. Corresponde ao governo de Getúlio Vargas. |
| 1946-1962 | Estado indutor — com a queda de Vargas, é estabelecida uma maior participação do Estado no setor elétrico, com aumento dos investimentos públicos, especialmente nas concessionárias estaduais. Criação da Eletrobrás em 1962.  |
| 1963-1979 | Modelo estatal — a Eletrobrás é a empresa indutora do processo de nacionalização e estatização do setor elétrico, efetuando grandes investimentos. É consolidado um novo modelo institucional que atingiu seu ápice em 1979.  |
| 1980-1992 | Crise institucional — com a crise econômica se agravando, o crescimento do setor elétrico é afetado. Em 1992, a inadimplência é generalizada e o modelo estatal é questionado.  |
| 1993-2002 | Modelo híbrido — promulgada a Lei no 8.631/93, que equaciona os débitos. Começam as mudanças institucionais no setor elétrico brasileiro. Ao final de 2002, a geração e a transmissão de energia eram, majoritariamente, de empresas estatais e a distribuição era principalmente privada.  |

Fonte: Adaptado. Gomes & Falcão (2009).

A eletricidade começou a ser produzida no Brasil nos anos finais do século XIX, quase simultaneamente ao início do seu uso comercial na Europa. Participaram dessa organização inicial pequenas empresas privadas nacionais e empresas de governos municipais de pequenas localidades que se destacavam no cenário nacional. Nos primeiros anos do século XX, com a chegada das primeiras concessionárias estrangeiras, a produção de energia elétrica começou a aumentar, possibilitando o consumo urbano e industrial em áreas próximas às fontes produtoras (LORENZO, 2002).

A partir da busca do homem por formas de energia que pudessem facilitar suas atividades e não só satisfazer suas necessidades alimentares, o desenvolvimento da mecânica e da química e a compreensão dos fenômenos relacionados à eletricidade, principal forma de energia consumida pela humanidade atualmente, representaram os passos mais significativos para o aproveitamento das fontes energéticas (FARIAS &SELLITTO, 2011).

A energia elétrica é transportada das usinas através das linhas de transmissão existentes em todo o território nacional chegando aos consumidores por redes de distribuição, que são o conjunto de postes, cabos e transformadores que levam a eletricidade até as residências, indústrias, hospitais, escolas, entre outros (ONS, 2019), conforme Figura 1.

Figura 1 – Linhas de transmissão



Fonte: ANEEL (2008)

A energia é um subsídio fundamental para as atividades humanas e utilizada em diferentes territórios e espacialidades geográficas. Cada país possui uma matriz energética específica que está diretamente associada com a disponibilidade dos recursos energéticos em seu território. Pode-se destacar que o potencial energético depende dos recursos naturais disponíveis bem como o conhecimento sobre eles, da mesma forma, um país deve ter conhecimento para o aproveitamento e a recuperação dos recursos (RAMPINELLI & ROSA JÚNIOR, 2012).

## **2.2 Geração de energia elétrica**

A diversificação do trabalho, visando à otimização das tarefas e ao aumento do nível de conforto demandou novas formas de utilização de energia, que foram sendo descobertas e aprimoradas, através do desenvolvimento da matemática, da geometria e da engenharia, que proporcionaram a criação de dispositivos mecânicos complexos, empregados para o aproveitamento da energia contida nos ventos e no vapor (PIERRE, 2011).

Fatores como a disponibilidade de recursos, interesses comerciais, domínio de tecnologias e a preservação do meio ambiente levaram os países a diferentes escolhas para a composição de suas matrizes para a produção de energia elétrica (FARIAS & SELLITTO, 2011).

Segundo consta no site do ONS (2019), a energia elétrica pode ser gerada através de fontes renováveis de energia como a força das águas e dos ventos, o sol e a biomassa, ou não renováveis, questão os combustíveis fósseis e nucleares. No Brasil, devido ao grande número de rios, a eletricidade é produzida (mais de 90%) por geração hidrelétrica, mas é gerada também em termelétricas que utilizam a fissão nuclear, carvão mineral e óleo combustível.

Moreira et al.(2013) destaca, segundo o “Relatório Especial sobre Fontes de Energia Renovável”, que o mundo terá de triplicar a participação das energias renováveis, na matriz, até 2035. Esta necessidade urgente de alternativas para a geração de energias limpas se deve à manutenção dos níveis de concentração de carbono na atmosfera em um nível seguro. Neste sentido, conforme informações do artigo, para que o mundo possa estabilizar os gases de efeito estufa na atmosfera, a participação das energias renováveis (solar, eólica, geotérmica, hidrelétrica e biomassa) na matriz energética global terá de passar de 14% para 35%.

Existem vários meios de produzir energia elétrica, cada qual com suas vantagens e desvantagens econômicas e ambientais. Pode-se produzir eletricidade a partir de fontes renováveis ou não renováveis. As fontes renováveis são aquelas que não se esgotam. Algumas delas são fontes permanentes e contínuas – como o vento, a água e o calor da terra – outras podem se renovar – como a biomassa (FIGUEIREDO, 2014).

Conforme ANEEL (2005), quase todas as fontes de energia, incluindo hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos, são formas indiretas de energia solar. A energia elétrica é obtida principalmente através de termelétricas, usinas hidrelétricas, usinas eólicas e usinas termonucleares.

### **2.3 Energia Solar**

O sistema de fornecimento de energia no Brasil é essencialmente constituído por hidrelétricas, segundo a ABRADDEE(2014) a energia elétrica necessita de equilíbrio constante entre a oferta e a demanda, isso se dá pela falta de uma tecnologia suficientemente desenvolvida (baseada em mecanismos de armazenamento) e economicamente viável objetivando a sua aplicação em larga escala.

Sendo assim é de crucial importância a busca de fontes alternativas de energias renováveis e não poluentes, como a energia solar que possui um baixo impacto no meio ambiente. Dentro deste cenário a energia solar se apresenta como uma solução considerada ecologicamente viável, pois é uma energia renovável, possui alto potencial calorífico e possui um baixo impacto ambiental (XIMENES et al., 2015).

A energia solar é a energia eletromagnética proveniente do sol, que é produzida através de reações nucleares, e que, propagando-se através do espaço interplanetário, incide na superfície da Terra. O total de energia solar que incide na superfície da terra em 1 ano é superior a 10.000 vezes o consumo anual de energia bruta da humanidade (CRESESB, 2012).

Segundo Ximenes et al., (2015) umas das grandes dificuldades para a produção de energia com placas fotovoltaicas são as condições climáticas do local. Eles descrevem que as condições ideais para a instalação das placas são: regiões com baixo índice de nebulosidade, próximas as zonas tropicais e com maior altitude.

O índice de radiação solar e tempo de insolação são dois importantes componentes de interferência na capacidade de produção, além disso deve-se considerar também que em áreas urbanas há elementos bloqueadores como árvores e prédios, que podem ser prejudiciais a produção fotovoltaica.

Ainda segundo os mesmos autores, o Brasil apresenta  $5.400\text{W}/\text{m}^2$  como média anual de radiação solar, tempo médio de insolação diária de cinco horas e índice pluviométrico de  $1.700\text{mm}$ , sendo estas condições altamente favoráveis para a produção de energia fotovoltaica.

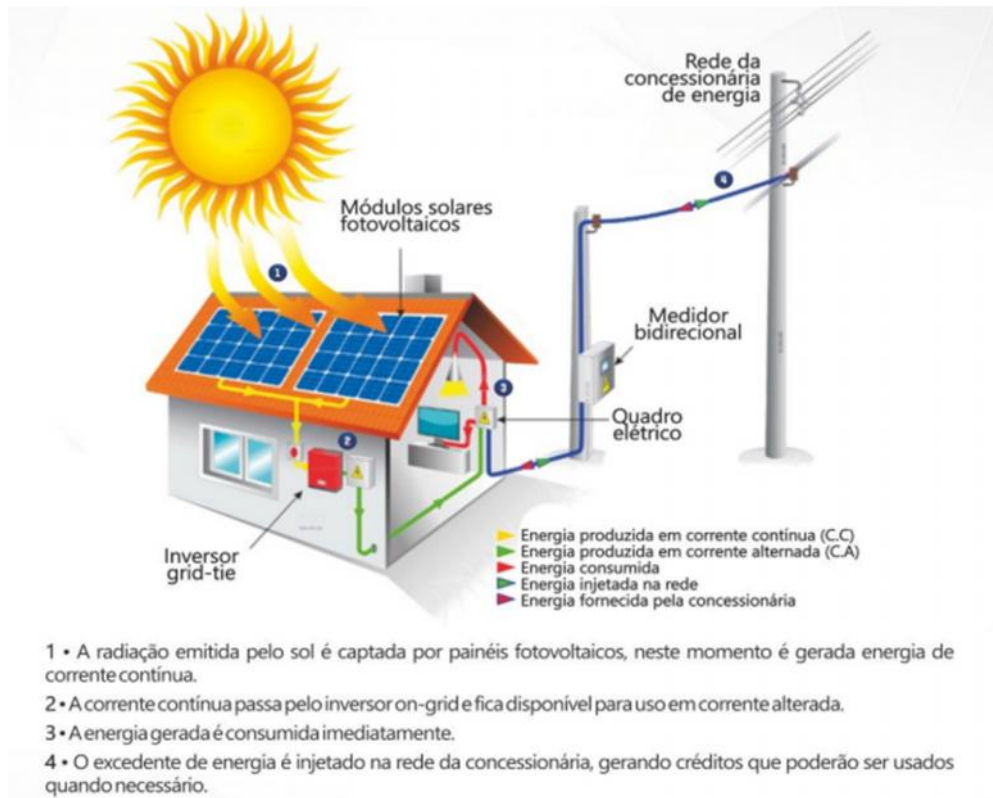
A energia solar é uma fonte de energia limpa e com potencial a ser explorado, no Brasil, até maior do que países que atualmente são líderes no uso dessa fonte de energia (SILVA, 2015).

A energia solar não necessita ser extraída, refinada ou transportada para o local da geração, o qual é próximo à carga, evitando também os custos com a transmissão em alta tensão. Utiliza células solares, responsáveis pela geração de energia, e um inversor para transformar a tensão e frequência para os valores nominais dos aparelhos. Este processo é mais simples, sem emissão de gases poluentes ou ruídos e com necessidade mínima de manutenção (SHAYANI, OLIVEIRA & CAMARGO, 2006).

A figura 2 apresenta o sistema *Grid-tie* que é o método mais utilizado normalmente no Brasil.



Figura 2 – Sistema Fotovoltaico



Fonte: Empresa A

Este sistema está se popularizando mundialmente principalmente nos países asiáticos e europeus por suprir as necessidades energéticas residenciais, de indústrias, comércios ou qualquer outro consumo de rede. Além de se destacar em virtude de menor investimento o sistema *On-Grid* conta com o sistema de compensação de energia, estabelecida pela Resolução 482/2012 da Aneel, a legislação vigente defende que qualquer indivíduo pode gerar sua própria energia e injetá-la na rede distribuidora local, gerando assim créditos que serão compensados no valor da conta de fornecimento de energia, podendo esses serem utilizados em outras unidades consumidoras desde que em mesma titularidade no prazo de 36 meses.

A eletricidade solar é considerada uma tecnologia energética promissora. As células solares convertem diretamente a energia solar – a mais abundante fonte de energia renovável – em eletricidade. O processo de geração, executado por dispositivos semicondutores, não tem partes móveis, não produz cinzas nem outros resíduos e, por não liberar calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera. Como

não envolve queima de combustíveis, evita por completo o efeito estufa (BRAGA, 2008).

A radiação solar pode ser usada como fonte de energia térmica, para aquecimento de ambientes e de fluidos e para geração de potência mecânica ou elétrica e convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre materiais, dentre os quais o termoelétrico e o fotovoltaico (SILVA, 2015).

Uma forma de geração de energia elétrica a partir da energia solar, a helioterminia ou CSP, consiste basicamente na geração de eletricidade por meio da conversão da energia solar em energia térmica, posteriormente em energia mecânica e, finalmente, em energia elétrica. Para tanto, a radiação solar incidente sobre determinada área é refletida e concentrada sobre um receptor, onde um fluido circulante é aquecido. Geralmente por meio de uma turbina a vapor, o calor absorvido pelo fluido é, então, transformado em energia mecânica que, por sua vez, a partir de um gerador acoplado à turbina, é transformada em energia elétrica. Em seus estágios finais, a CSP utiliza as tecnologias empregadas nas centrais termelétricas; aplica-se apenas à produção em grande escala, o que não envolve o uso em residências (SILVA, 2015).

Desde a descoberta da possibilidade de geração de energia elétrica através da energia solar, muita tecnologia sobre o tema se desenvolveu, mas ainda não se alcançou um nível satisfatório, visto que os módulos mais frequentemente encontrados no mercado possuem eficiência em torno de 15%, logo, a utilização desse sistema, por pessoas físicas, era praticamente inviável (MACHADO & MIRANDA, 2015).

O crescimento da fonte solar é explicado, em parte, pela consolidação da indústria fotovoltaica. Segundo Esposito & Fuchs (2013), nos mercados desenvolvidos, o aumento da demanda e da escala de produção e o desenvolvimento tecnológico viabilizaram a redução de preços e, em decorrência, a expansão do uso dessa fonte de energia limpa.

O custo de implantação de um sistema solar isolado pode chegar a 50 vezes o valor de uma pequena central hidrelétrica de mesma capacidade, entretanto fazendo o cálculo considerando a energia gerada durante a vida útil do equipamento solar, de aproximadamente 30 anos, é obtido o valor correspondente à 10 vezes o custo da energia entregue ao consumidor. Ao considerar um sistema interligado à rede, a relação passa de 10 para 3. Ao serem agregados os impostos, custos

ambientais e sociais, a energia solar fotovoltaica passa a ser, em um futuro breve, economicamente competitiva (SHAYANI, OLIVEIRA & CAMARGO, 2006).

A energia solar é a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente num país como o Brasil onde se encontram bons índices de insolação em quaisquer partes do território. O Brasil possui um ótimo índice de radiação solar, principalmente no Nordeste, região na qual encontra-se os melhores índices (BRAGA, 2008).

Para o Brasil, no que se refere à política energética, a energia solar é mais uma entre as diversas opções que o país detém, como hidroeletricidade, energia eólica, biomassa, entre outras. Como há múltiplas opções energéticas e o preço relativo é ainda adverso para as tecnologias de energia solar disponíveis, sua aplicação é, até este momento, desconsiderada para uso imediato em grande escala (ESPOSITO & FUCHS, 2013).

Uma grande vantagem da energia solar é a sua possibilidade de utilização de forma distribuída, promovendo o desenvolvimento social e econômico em todas as regiões e evitando gastos e impacto ambiental com linhas de transmissão (SHAYANI, OLIVEIRA & CAMARGO, 2006).

A Energia Solar apresenta inúmeras vantagens: é uma energia limpa, pois não gera nenhum tipo de poluição, a não ser a poluição indireta na fabricação dos painéis; instalação muito simples, não necessitando de assistência técnica; mínima manutenção, pois não há desgaste dos módulos ou placas solares; vida útil dos módulos, comprovadamente superior a 25 anos; não consome combustíveis; permite autossuficiência energética (SILVA, 2015).

### 2.3.1 Placas Fotovoltaicas

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmund Becquerel<sup>1</sup>, que produziu uma corrente elétrica ao expor à luz dois elétrodos de prata num eletrólito. Em 1877, Adams<sup>2</sup> e Day<sup>3</sup> construíram a primeira célula solar

---

<sup>1</sup>Alexandre-Edmond Becquerel foi um físico francês. Estudou o espectro solar, magnetismo, eletricidade e a óptica. É conhecido pelos seus trabalhos sobre a luminescência e fosforescência.

<sup>2</sup>William Grylls Adams foi professor de Filosofia Natural no King's College, em Londres. De 1878 a 1880, ele foi presidente da Sociedade Física de Londres, foi presidente da Instituição de Engenheiros Elétricos e da seção matemática e física da Associação Britânica.

baseada em dois elétrodos de selênio que produziam uma corrente elétrica quando expostos à radiação, mas a eficiência destes sistemas era tão reduzida que o desenvolvimento de células solares realmente interessantes teve que esperar por uma compreensão mais completa dos materiais semicondutores. Só em 1954, Chapin<sup>4</sup> e colaboradores, do Bell Laboratory, nos Estados Unidos da América, publicaram o primeiro artigo sobre células solares em silício (BRITO & SILVA, 2006).

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839, pelo físico francês Edmund Becquerel, numa solução de selênio. Becquerel notou o aparecimento de uma tensão entre os eletrodos de solução condutora, quando esta era iluminada pela luz solar. Mais tarde, por volta do ano de 1870, o efeito fotovoltaico foi estudado em sólidos tal como o selênio e, por volta de 1880, a primeira célula fotovoltaica foi construída utilizando-se o selênio. A eficiência desta célula era na faixa de 2% (BRAGA, 2008).

Os painéis fotovoltaicos são formados por um conjunto de células fotovoltaicas e podem ser interconectados de forma a permitir a montagem de arranjos modulares que, em conjunto, podem aumentar a capacidade de geração de energia elétrica (SILVA, 2015).

Uma célula fotovoltaica simples consiste basicamente num díodo de grande área, isto é um substrato de material semicondutor onde é criado um campo elétrico interno permanente (chamado junção pn). Quando a radiação atinge um átomo do semicondutor, este liberta um eletrão que pode ser conduzido pelo campo elétrico interno para os contatos, contribuindo assim para a corrente produzida pela célula fotovoltaica (BRITO & SILVA 2006).

A energia fotovoltaica possui células solares, responsáveis pela geração de energia, e de um conversor para estabelecer a tensão e frequência para os valores nominais dos aparelhos. Este processo é mais simples, sem emissão de gases poluentes ou ruídos e com uma necessidade mínima de manutenção. As células fotovoltaicas, são elementos responsáveis pela conversão direta da luz solar em

---

<sup>3</sup>Richard Evans Day, aluno de William Grylls no King's College na Inglaterra em 1870, publicam um artigo científico a respeito da célula de selênio, The action of light on selenium, na revista "Proceedings of the Royal Society".

<sup>4</sup>Daryl Muscott Chapin era um físico americano, mais conhecido por co-inventar células solares em 1954 durante seu trabalho nos laboratórios Bell ao lado de Calvin S. Fuller e Gerald Pearson. Para isso, ele foi introduzido no Hall da Fama dos Inventores Nacionais em 2008.

eletricidade, é neles que ocorre o efeito fotoelétrico. Elas podem ser fabricadas usando-se diversos tipos de materiais semicondutores. Porém as mais utilizadas são as de silício, que podem ser constituídos e classificados de acordo com a sua estrutura molecular, que são os monocristalinos, policristalinos e silício amorfo, conforme figura 3 (BRAGA, 2008).

Figura 3 – Células de painel fotovoltaico



Fonte: Braga (2008)

As células fotovoltaicas são constituídas principalmente por materiais semicondutores como o silício cristalino e o arsenieto de gálio. A célula fotovoltaica possui dois contatos elétricos em extremos opostos, que vão permitir fechar o circuito elétrico. O conjunto de células fotovoltaicas encontra-se protegido por uma capa protetora que deve ser um material condutor térmico, para dissipar o calor acumulado (CORTEZ, 2013).

A primeira célula solar preparada à base de silício foi desenvolvida por cientistas da *Bell Labs* em 1954, a célula possuía eficiência de 6%. As células fotovoltaicas encontradas no mercado atualmente são, na grande maioria, células de silício, das quais existem três tipos. Podem ser de silício cristalino (c-Si), que se subdividem em monocristalino e policristalino, ou podem ser de silício amorfo (-Si) (MACHADO & MIRANDA, 2015).

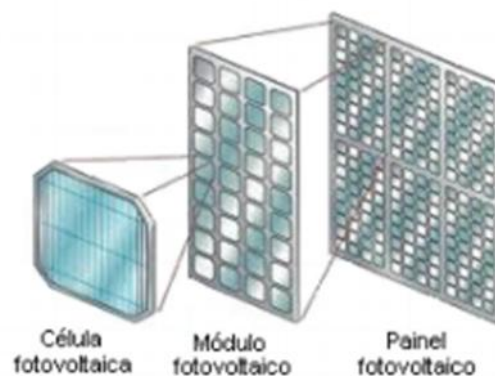
As células solares estão divididas em três categorias, sendo chamadas de primeira, segunda e terceira geração. As células de primeira geração, como o nome indica, foram as primeiras a serem desenvolvidas, e eram constituídas por sistemas que ocupavam uma grande área, apesar da alta qualidade. O tipo de tecnologia usada nestas células solares requeria a utilização de uma grande quantidade de

energia para transformação da energia solar em elétrica, implicando custos elevados, impedindo assim qualquer progresso na tentativa de redução de custos. Células de segunda geração já foram desenvolvidas para otimizar a redução dos custos de produção, considerados elevados até então. As mais bem sucedidas são as de cádmio telúrio (CdTe), cobreíndio-gálio-selênio ou silício amorfo produzidas por técnicas alternativas como a de deposição de vapor ou eletrodeposição. Em contrapartida, as células de terceira geração surgiram com o intuito de melhorar o pobre desempenho elétrico das células de segunda geração de filmes finos, embora mantendo custos de produção baixos. Para atingir alta eficiência são utilizadas células fotovoltaicas com camadas múltiplas, com aumento da concentração dos componentes, para estes componentes absorverem também na região espectral de infravermelho (GREEN, 2002).

Segundo dados de 2007 divulgados pelo CETEM, as células de silício monocristalino apresentam maior eficiência de conversão fotovoltaica.

As células fotovoltaicas podem ser ligadas em série, constituindo um módulo que exibe normalmente aos seus terminais uma tensão contínua de 12 V. Por sua vez, os módulos podem ser ligados em série/paralelo para aumentar a potência do conjunto, constituindo o painel fotovoltaico, como mostra a figura 4. O silício deteriora-se ao longo do tempo, sobretudo o silício amorfo, embora os fabricantes garantam tempos de vida útil na ordem dos 20 anos para os painéis (VALENTE, 2011).

Figura 4 – Desenvolvimento de um painel fotovoltaico



Fonte: Valente(2011).

Em um painel fotovoltaico, a energia solar é convertida diretamente em energia elétrica, através do efeito fotovoltaico, gerando tensão e corrente contínuas em seus terminais. Essa característica faz com que seja necessário utilizar um sistema de processamento e condicionamento da energia convertida, como interface entre o painel fotovoltaico e a rede elétrica, a fim de adequar a frequência e os níveis de tensão, permitindo que operem em paralelo (RODRIGUES, TEIXEIRA & BRAGA, 2003).

Nos sistemas fotovoltaicos mais simples os painéis solares são ligados diretamente à carga, fornecendo eletricidade quando se verificam as condições adequadas de iluminação. É o caso de bombeamento de água com motores DC. Subindo o nível de complexidade, em seguida tem-se os sistemas com acumulador de energia elétrica, sem sistemas auxiliares de geração. Neste caso é necessário introduzir um regulador de tensão para evitar a sobrecarga das baterias em caso de períodos de muita iluminação. Em aplicações que exijam corrente alternada, a corrente DC que sai dos painéis deve ser convertida em corrente AC, o que é realizado utilizando um inversor. O inversor pode ainda ajustar a tensão de saída mais apropriada à aplicação em causa, usualmente produzindo tensões de 220V-AC. Finalmente, os sistemas fotovoltaicos podem, ainda, incluir um sistema auxiliar de geração de eletricidade (que pode ser uma ligação à rede elétrica) para superar situações de deficiente iluminação (BRITO & SILVA, 2006).

Em setembro de 2004 foi inaugurado o maior sistema fotovoltaico do mundo conectado à rede elétrica, com potência de 5 MW pico, composto por 33.500 módulos, situado próximo a Leipzig, na Alemanha, fornecendo energia para 1.800 residências. Já em agosto de 2005 foi iniciada a construção de uma geração ainda maior, com potência de 10 MW pico, na Bavária, também na Alemanha. Este sistema consiste em aproximadamente 62.500 módulos, podendo abastecer cerca de 3.300 residências alemãs (SHAYANI, OLIVEIRA & CAMARGO, 2006).

A energia solar fotovoltaica vem se mostrando uma alternativa muito interessante para suplementar a geração do sistema de energia elétrica. Devido à contínua queda no preço dos painéis, este tipo de aproveitamento da energia solar, antes atrativo apenas em regiões remotas ou na zona rural, começa a se tornar uma solução economicamente viável para a utilização em aplicações urbanas como, por exemplo, em pequenas unidades monofásicas de geração de energia elétrica conectadas à rede, em residências (RODRIGUES, TEIXEIRA & BRAGA, 2003).

O potencial fotovoltaico, graças a importantes avanços tecnológicos nos campos dos semicondutores e das redes inteligentes (*smart grids*), poderá, em médio prazo, desempenhar um papel muito importante no sistema elétrico brasileiro (CARVALHO, 2012).

O sistema fotovoltaico utilizado na geração distribuída produz energia diretamente na residência do consumidor, podendo ocorrer no próprio telhado da unidade consumidora. Logo o valor que deve ser utilizado como referência para as fontes convencionais é a energia cobrada pela concessionária distribuidora para a classe residencial (SHAYANI, OLIVEIRA & CAMARGO, 2006)

Quanto às vantagens, a energia solar fotovoltaica apresenta diversas. Trata-se de uma energia limpa, pois não gera nenhum tipo de poluição. A vida útil dos módulos são superiores a 25 anos, requerendo mínima manutenção. A instalação é simples e não há consumo algum de combustível. Quanto às desvantagens, as células fotovoltaicas necessitam de tecnologia sofisticada para a sua fabricação; o custo de investimento é elevado; o rendimento real de conversão de um módulo é reduzido, face ao custo de investimento; seu rendimento é atrelado ao índice de radiação, temperatura, quantidade de nuvens, dentre outros (BRAGA, 2008).

A tecnologia atual em sistemas fotovoltaicos ainda não alcançou um patamar satisfatório, outro problema da energia solar é que ainda é caro ter um sistema desse tipo em casa (MACHADO & MIRANDA, 2015).

Uma desvantagem do sistema fotovoltaico é que ele não gera energia durante a noite. É importante lembrar que em um dia chuvoso ou nublado ocorre geração de eletricidade, no entanto, a eficiência é menor do que num dia ensolarado. Uma possível solução é o uso de baterias para armazenar energia, porém montar um banco de baterias é caro e tem vida útil pequena, cerca de 4 a 5 anos (CRESESB, 2012).

Diversos fatores depõem favoravelmente à energia solar fotovoltaica, como: o alto rendimento energético por hectare (cinco vezes maior que a eólica e dez vezes maior que a cana-de-açúcar) e a alta eficiência termodinâmica. Além disso, fotovoltaicos são silenciosos, modulares, utilizam combustível gratuito e possuem baixo custo operacional e de manutenção. No entanto, dois grandes desafios necessitam ser vencidos para que a energia solar fotovoltaica atinja todo o seu potencial: o custo de geração e armazenamento da energia necessita ser menor que os de combustíveis fósseis (ELY & SWART, 2014).



O Brasil é um dos países de maior índice de radiação solar do mundo, essa característica coloca o país em vantagem com relação aos países industrializados no que tange à utilização de energia solar fotovoltaica (BRAGA, 2008).

O Brasil é um país privilegiado no contexto da energia fotovoltaica já que apresenta altos níveis de radiação solar. Além disso, tem-se uma das maiores reservas de quartzo de qualidade além de ser o quarto maior produtor de silício grau metalúrgico do mundo, que é a primeira etapa para produção de silício grau solar (MACHADO & MIRANDA, 2015).

A cada novo estudo surgem exemplos das vantagens conquistadas com o uso da energia solar fotovoltaica, até mesmo em empresas de pequeno porte, como o ganho econômico com impostos e a implicação em sustentabilidade na contribuição ambiental ao se utilizar de uma fonte renovável sem necessariamente alterar o meio ambiente. Sendo assim, torna-se mais forte a necessidade de empenho em favorecer o crescimento do uso desta fonte de energia (NASCIMENTO, 2017).

### 2.3.2 Indicadores de Viabilidade Utilizados no estudo

O estudo de análise de viabilidade econômica tem como objetivo avaliar os orçamentos de um sistema, sua vida útil e o tempo de retorno do investimento (ALMEIDA, 2107). Para realizar a análise é necessário a utilizar-se de métodos de orçamento de capital que, através de indicadores econômicos que vão atestar a viabilidade de instalação considerando os investimentos iniciais, custos de operação e manutenção e os lucros obtidos em um determinado período.

O VPL consiste em calcular o valor atual de todos os fluxos de caixas associados a uma alternativa de investimento, considerando as taxas de juros apropriadas. Para um investimento, é necessário atualizar os valores de fluxo de caixa e compará-los com o valor de investimento. Quando o valor de investimento for menor que o valor atual dos fluxos de caixa, o resultado do VPL é positivo, concluindo que o investimento possui uma rentabilidade positiva (SILVA, 2019).

A TIR é um método usado para medida de risco, onde reflete o limite de variação da taxa mínima de atratividade, logo é a taxa de juros para a qual o VPL é nulo. Quanto maior a TIR, melhor e mais lucrativo será o projeto ou novo negócio. A

TIR deve ser pensada como a taxa de juros que uma aplicação financeira precisaria render para ser tão lucrativa quanto o projeto ou novo negócio.

O método *Payback* é utilizado para a determinação do tempo necessário para a recuperação do capital investido, isto é, o período que decorrerá para que o valor presente dos fluxos de caixa seja igual ao investimento inicial. O *Payback* descontado consiste em determinar o prazo de retorno do investimento, levando em consideração o fluxo de caixa descontado e a economia mensal para a recuperação do investimento (SILVA, 2019).

### 3 METODOLOGIA

O trabalho desenvolvido é uma caracterização dos itens que dependem de energia elétrica, em que o objeto de pesquisa trata-se de uma lanchonete localizada na zona urbana da cidade de Teófilo Otoni/MG. O estabelecimento analisado apresenta área construída de 300m<sup>2</sup>, tendo um pavimento, que utiliza a energia elétrica distribuída pela CEMIG, o estabelecimento é equipado com 6 freezers verticais que consomem em torno de 0,30kW/h cada aparelho, também conta com 11 lâmpadas incandescentes 20W que consomem cerca de 0,02kW/h cada, 2 chuveiros elétricos de 127V que consome cerca de 4,40kW/h cada. O estabelecimento encontra-se, atualmente, em reforma e por esse motivo conta, para o desenvolvimento de suas habituais funções, com o apoio de um *trailer*, conforme Figura 5.

Figura 5 – Fachada do estabelecimento comercial escolhido para o estudo



Fonte: Autores(2019)

Inicialmente, foi feito um levantamento de gastos de energia elétrica do estabelecimento analisando as faturas de energia elétrica fornecidas mensalmente pela CEMIG, tendo como ano base 2018, conferindo o consumo de janeiro a dezembro. Em seguida, foram solicitados levantamento de carga do estabelecimento, tais como quantidade de equipamentos, bem como a forma de

utilização dos mesmos (período diário de uso, por exemplo). Esses dados foram obtidos através do responsável pelo estabelecimento.

Adiante, foi feita uma pesquisa de mercado, onde foram feitos orçamentos com quatro empresas prestadoras do serviço de implantação e fornecimento de placas fotovoltaicas, apresentados nos anexos A, B, C e D respectivamente, para que fosse possível conhecer e comparar materiais e valores de mão de obra de instalação das placas. Assim, as informações foram organizadas em forma textual seguida de uma tabela por cada empresa com informações técnicas que contribuem para o desenvolvimento do estudo e assim definir o que seria útil destacar em relação à viabilidade econômica da implantação do sistema de geração de energia solar fotovoltaico.

Todas as empresas onde os orçamentos foram solicitados utilizam o sistema de geração de energia *Grid-tie*. Esse sistema utiliza uma tecnologia caracterizada por ser interligada à rede elétrica da distribuição de energia. Nos orçamentos selecionados para o estudo, os indicadores de viabilidade utilizados foram: (VPL), (TIR) e *Payback*.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para contextualizar o estudo foi necessário identificar alguns dados a fim de obter uma visão sobre o consumo mensal e o valor total gasto com a utilização do serviço de fornecimento de energia da concessionária CEMIG. Desta maneira, demonstra-se na Tabela 1 o consumo mensal de energia elétrica que foi determinado a partir das faturas consideradas no período de janeiro de 2018 a dezembro de 2018.

Tabela 1 – Consumo de Energia Elétrica Lanchonete ano 2018 na lanchonete estudada na cidade de Teófilo Otoni/MG

| ANO/MÊS  | CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (kWh) |
|----------|-----------------------------------|
| 2018/jan | 1209                              |
| 2018/fev | 1251                              |
| 2018/mar | 1246                              |
| 2018/abr | 1253                              |
| 2018/mai | 1356                              |
| 2018/jun | 1855                              |
| 2018/jul | 1720                              |
| 2018/ago | 1645                              |
| 2018/set | 1872                              |
| 2018/out | 1949                              |
| 2018/nov | 2314                              |
| 2018/dez | 1989                              |

Fonte: Autores (2019)

Percebe-se que, em comparação com janeiro de 2018, houve um crescimento no consumo de energia totalizando um aumento de aproximadamente 56,86% até dezembro, no valor de tarifa paga (com impostos). O consumo anual foi de 19.659 kW/h. A Tabela 1 evidencia também uma variação considerável no consumo mensal de energia elétrica durante o período analisado, sendo que, em alguns meses, houve a inclusão do sistema tarifário de bandeira (verde, amarela e vermelha), elevando ainda mais o custo do consumidor com o serviço de energia

elétrica. Outro fator que contribui para tal ocorrência se deve ao período de maior atividade no estabelecimento.

Na Tabela 2 são apresentados os gastos mensais com energia elétrica, variando de R\$ 1.109,00 a R\$ R\$ 2.122,61, sendo o mês de novembro o de maior gasto.

Tabela 2 – Gasto mensal com energia elétrica no ano de 2018 na lanchonete estudada na cidade de Teófilo Otoni/MG

| ANO/MÊS  | GASTO COM ENERGIA ELÉTRICA<br>LANCHONETE (R\$) |
|----------|--|
| 2018/jan | R\$ 1.109,00                                   |
| 2018/fev | R\$ 1.150,28                                   |
| 2018/mar | R\$ 1.142,94                                   |
| 2018/abr | R\$ 1.149,36                                   |
| 2018/mai | R\$ 1.243,84                                   |
| 2018/jun | R\$ 1.701,57                                   |
| 2018/jul | R\$ 1.577,74                                   |
| 2018/ago | R\$ 1.508,94                                   |
| 2018/set | R\$ 1.717,17                                   |
| 2018/out | R\$ 1.787,80                                   |
| 2018/nov | R\$ 2.122,61                                   |
| 2018/dez | R\$ 1.824,49                                   |

Fonte: Autores (2019)

A Empresa A forneceu, no orçamento, o VPL de R\$ 282.498,31. A TIR apresenta o resultado de 65,64%, sendo positivo e maior que a taxa mínima de atratividade (TMA) considerada. O *payback* do investimento do projeto é de 2 anos, sendo considerado pela empresa um curto tempo para recuperação do capital a ser investido. Em relação ao horizonte de tempo de vida útil do sistema fotovoltaico, o tempo de retorno é menor que o limite. Assim, foi possível determinar o valor total do investimento orçado em R\$57.588,11 e apresentar o sistema de geração de energia, conforme Tabela 3, compondo assim o investimento.

Tabela 3 – Sistema de implantação sugerido pela Empresa A

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| Produção de Energia Recomendada (kWh) | 1680             |
| Potência Sugerida (Wp)                | 13400            |
| Número de Módulos (335W)              | 40               |
| Potência do Inversor (5000)           | 2                |
| Área Necessária para Instalação       | 80m <sup>2</sup> |

Fonte: Adaptado. Empresa A (2019)

Em seu orçamento a Empresa B (anexo B) não forneceu o VPL nem TIR, porém apresentou um orçamento para a implantação de um sistema solar fotovoltaico, conectado à rede de 13,4kWh de potência instalada que irá gerar 1.600kWh/mês, dados esses compatíveis com o orçamento da empresa A, sendo assim é possível afirmar que as duas empresas trabalham com o mesmo sistema com valores aproximados para VPL e TIR. Porém o *payback* do investimento do orçamento apresentado pela empresa B é de 37 meses, ou seja, pouco mais de 3 anos. Assim, foi possível determinar o valor total do investimento orçado em R\$55.000,00 e apresentar o sistema de geração de energia, conforme Tabela 4, compondo o investimento.

Tabela 4 – Sistema de implantação sugerido Empresa B

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| Produção de Energia Recomendada (kWh) | 1600             |
| Potência Sugerida (Wp)                | 13400            |
| Número de Módulos (335W)              | 40               |
| Potência do Inversor (W)              | 2                |
| Área Necessária para Instalação       | 80m <sup>2</sup> |

Fonte: Adaptado. Empresa B (2019)

No orçamento da Empresa C (anexo C) também não vem descrito o VPL nem TIR, porém o orçamento é compatível com os outros dois apresentados sugerindo uma implantação se um sistema de 13,4kWh de potência instalada que irá gerar 1.600kWh/mês, dados compatíveis com o orçamento da empresa B, logo também é possível afirmar que as empresas trabalham com o mesmo sistema com valores aproximados para VPL e TIR. O *payback* também não é apresentado para o

empreendimento, porém partindo do pressuposto de igualdade do sistema implantado sugere-se que o tempo estimado de retorno seja de pouco mais de 3 anos, como no orçamento da empresa B já que as duas empresas apresentam uma estimativa de produção de 1600kWh/mês. O valor total do investimento orçado é de R\$53.500,00 e o orçamento apresenta o sistema de geração de energia, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Sistema de implantação sugerido Empresa C

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| Produção de Energia Recomendada (kWh) | 1600             |
| Potência Sugerida (Wp)                | 13400            |
| Número de Módulos (335W)              | 40               |
| Potência do Inversor (5000)           | 2                |
| Área Necessária para Instalação       | 80m <sup>2</sup> |

Fonte: Adaptado. Empresa C(2019)

A Empresa D (anexo D) apresenta um orçamento compatível com todos os outros já apresentados, sendo assim não demonstra VPL e nem TIR, porém sugere uma implantação se um sistema de 12,7kWh de potência que pode gerar 1.600kWh/mês, dados compatíveis com o orçamento das empresas anteriores, logo também é possível afirmar que a empresa D trabalha com o mesmo sistema com valores aproximados para VPL e TIR da empresa A. O *payback* para o empreendimento, fica em 2 anos e oito meses. O valor total do investimento orçado é de R\$50.000,00 e o orçamento apresenta o sistema de geração de energia, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Sistema de implantação sugerido Empresa D

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| Produção de Energia Recomendada (kWh) | 1600             |
| Potência Sugerida (Wp)                | 12700            |
| Número de Módulos (335W)              | 38               |
| Potência do Inversor (5000)           | 2                |
| Área Necessária para Instalação       | 76m <sup>2</sup> |

Fonte: Adaptado. Empresa D (2019)



A quantidade de energia fornecida por cada placa fotovoltaica é de 40 KW/h por mês. A partir desse valor, foi possível determinar a quantidade de placas necessárias para o fornecimento da energia para o estabelecimento. O consumo médio da lanchonete foi de 1.655kWh e as empresas que forneceram os orçamentos baseando o consumo em 1600KWh sendo assim por 40KWh, obtendo-se um total aproximado de 40 placas fotovoltaicas, as empresas A, B e C sugeriram a utilização de 40 módulos e a empresa D sugeriu utilizar 38 módulos, sendo assim todas as empresas forneceram um orçamento compatível com a quantidade de módulos necessários para a geração de energia do estabelecimento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo objetivou-se averiguar se a instalação de uma rede de sistema solar com painéis fotovoltaicos apresentando previsão de custos, realmente geraria uma economia financeira para os donos de um estabelecimento comercial destinado à alimentação, na cidade de Teófilo Otoni/MG, com base nos orçamentos apresentados por quatro empresas do setor de geração de energia solar (A, B, C e D) e, nos três índices de estudo de viabilidade.

Após análise dos orçamentos e apresentados os indicadores de viabilidade, o *payback* médio de 2 anos para a recuperação do investimento, o VPL de R\$ 282.498,31 e a TIR de 65,64% e com esse valor conclui-se que os juros incidentes sobre o VPL são positivos e observa-se que o projeto é rentável e atrativo, levando em consideração o tempo de retorno financeiro acumulado, dentro desses parâmetros e levando em consideração todas as informações e análises dos orçamentos, sugere-se que o melhor orçamento proposto para a implantação do sistema fotovoltaico na lanchonete estudada é o orçamento da empresa C no valor de R\$ 53.500,00.

Deve-se levar em consideração que os orçamentos oferecidos pelas empresas têm prazo de validade, o que pode alterar a análise final do estudo, porém, nada substancial.

Tendo em vista a análise de resultados feita, é possível constatar que o estudo da viabilidade econômica da implantação de um sistema de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos para a lanchonete, objeto desse pesquisa, apresentou-se relevante. Sendo assim, os objetivos propostos foram atingidos.

Sugere-se, por fim, que outros estudos sejam feitos para que se possa ter um apanhado científico de maior representatividade desse tema, considerando-se empresas de pequeno porte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRADEE – Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica, 2014. Disponível em: < <http://www.abradee.com.br/setoreletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 01 de nov. 2019.

ALMEIDA, Renta Ribeiro Gomes; BRITO, Núbia Silva Dantas, MEDEIROS, Marcus Vinícius Bezerra, SIMÕES, Melyna Candice Silva; OLIVEIRA, Selma Alves. Proposição de uma metodologia para análise de viabilidade econômica de uma usina fotovoltaica. Revista Principia, João Pessoa, v. 34, p.84-92, mai. 2017.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas da Energia Elétrica do Brasil. Brasília – DF, 2005. 2ª Edição. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>> . Acesso em: 12 de set. 2019.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL. Ed. Brasília: Aneel, 2008. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>. Acesso em: 12 set. 2019.

BRAGA, Renata Pereira. Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações. Monografia apresentada ao curso de engenharia elétrica. P 1-80. Rio de Janeiro - RJ. 2008

BRITO, Miguel; SILVA, José. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade. Revista O instalador. Julho. 2006.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. O espaço da energia nuclear no Brasil. RevEstudos avançados. 26 (74). P. 293-307. 2012.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – Perguntas Frequentes – FAQ Solar. 2012. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&catid\[\]=2&catid\[\]=5](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&catid[]=2&catid[]=5)> . Acesso em: 12 set. 2019.

CORTEZ, Ramiro Jose Monteiro. Sistema de seguimento solar em produção de energia fotovoltaica. Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Abril. 2013

ELY, Fernando; SWART, Jacobus. Energia solar fotovoltaica de terceira geração. Rev. O Setor Elétrico. Outubro. 2014.

ESPOSITO, Alexandre Siciliano; FUCHS, Paulo Gustavo. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. Revista do BNDES, v. 40, pp. 85-114. Dez. 2013.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01-106, jan./jun. 2011.

FIGUEIREDO, Fabiana de Sousa. Geração e transmissão de energia elétrica: um olhar pela sustentabilidade. Monografia apresentada ao curso de física. 22p. Campina Grande - PB. 2014.

GOMES, Antônio Claret; ABARCA, Carlos David; FARIA, Elíada Antonieta; FERNANDES, Heloísa Helena. O setor elétrico. 2002. Disponível: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13975/3/BNDES%2050%20anos%20-%20O%20setor%20el%C3%A9trico\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13975/3/BNDES%2050%20anos%20-%20O%20setor%20el%C3%A9trico_P_BD.pdf)>. Acesso em: 11 set. 2019.

GOMES, João Paulo Pombeiro; Vieira, FALCÃO, Marcelo Milano. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. Revista de Administração Pública. FVG.EBAPE. Rio de Janeiro 43(2):295-321, MAR./ABR. 2009.

GREEN, Martin. A.Third Generation Photovoltaics Solar Cells for 2020 and Beyond. *Physica E Low-Dimensional Systems and Nanostructures*.p 14, 65. 2002.

IMHOFF, Johninon. Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos. 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8608/JOHNINSONIMHOFF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 out. 219.

KAEHLER, José Wagner Maciel. Comentários relativos a proposta da ANEEL para modificação do manual para elaboração do regulamento anual de combate ao desperdício de energia elétrica das concessionárias. ANEEL, 2000.

LORENZO, Helena Carvalho de. The brazilian electrical sector: past and future. Perspectivas, São Paulo, v.24-25, p.147-170, 2001-2002.

MACHADO, Carolina Teixeira; MIRANDA, Fabio Santos. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. Rev. Virtual Quim., 2015, 7 (1), 126-143. Jan-Fev. 2015.

MOREIRA, Roseilda Nunes; VIANA, Andoson freiras; OLIVEIRA, Daniele Adelaide Brandão de; VIDAL, Francisco Antônio Barbosa. Energia eólica no quintal da nossa casa? Percepção ambiental dos impactos socioambientais na instalação e operação de uma usina na comunidade de sítio do Cumbe em Aracati- CE. GeAS – Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade E-ISSN: 2316- 9834; DOI: 10.5585/geas.v2i1.39. 2013.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. Energia Solar No Brasil: Situação E Perspectivas. Estudo Técnico da Câmara Legislativa. Mar/ 2017.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico.2019.Perguntas e respostas. Disponível em:< <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 11set. 2019.

PIERRE, Tatiana Dillenburg Saint'. Arquimedes. 2011. Disponível em: < [http://web.ccead.pucrio.br/condigital/mvsl/linha%20tempo/Arquimedes/pdf\\_LT/LT\\_arquimedes.Pdf](http://web.ccead.pucrio.br/condigital/mvsl/linha%20tempo/Arquimedes/pdf_LT/LT_arquimedes.Pdf)>. Acesso em: 11 set. 2019.

RAMPINELLI, Giuliano Arns; ROSA JUNIOR, Celso Generoso da. Análise da Geração Eólica na Matriz Brasileira de Energia Elétrica. Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol.14, n 2, Jul/Dez. 2012.

RODRIGUES, Márcio Carmo Barbosa; TEIXEIRA, Estevão Coelho; BRAGA, Henrique Antônio Carvalho. Uma visão topológica sobre sistemas fotovoltaicos monofásicos conectados à rede de energia elétrica. NAEP – Núcleo de Automação e Eletrônica de Potência. Juiz de Fora – MG. 2003.

SILVA, Rutelly Marques da. ENERGIA SOLAR NO BRASIL: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <[www.senado.leg.br/estudos](http://www.senado.leg.br/estudos)>. Acesso em: 12 de set. 2019.

SILVA, Bruno Ricardo. Metodologia para análise de investimentos em empreendimentos imobiliários com base na teoria das opções reais. 2019. Disponível em: < <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4503/1/investimentosimobiliariosopcoesreais.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2019

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. Políticas públicas para a Energia: Desafios para o próximo quadriênio. Brasília – DF. 31 de maio a 02 de junho. 2006.

XIMENES Robert Dias, ZENERATTO, Davi Fernando, BARBOSA, Guilherme, CORREA, Almi; MATTOS, RODRIGUES, Fernando; ALVES, Matheus Rocha; FONSECA, Juliano. Sistema de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos - Viabilidade Técnica de Aplicação no Câmpus Boituva. 2015.

WALTER, Osvaldo Luiz. História de eletricidade. Mogi Mirim, 2010. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~edmar.nascimento/iee/1HistoriaEletricidade.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2019.

## ANEXOS

### ANEXO A – Informações gerais repassadas pela Empresa A

#### Dados do Cliente

#### Como Funciona o Sistema Fotovoltaico



#### Alguns dos Benefícios da Energia Solar

- Comprometimento sustentável com fontes limpas e seguras de energia;
- Até 95% de economia na conta de energia elétrica;
- Sem poluição ou emissão de gases de efeito estufa;
- Valorização imobiliária se dá em cerca de 10% com o sistema instalado;
- Energia limpa e renovável sempre disponível;
- Inovação tecnológica controlada para não prejudicar o meio ambiente;
- Com a economia gerada na conta de energia o retorno do investimento é garantido;
- Instalação rápida com mínima interferência na rotina da sua empresa ou casa;
- Painéis com durabilidade garantida de no mínimo 25 anos;
- Para mais energia, basta instalar mais painéis;
- Sistema totalmente silencioso;
- Sistema financiado em até 100% pelos principais bancos com as menores taxas do mercado.
- O excedente de energia gerada pode ser utilizada em até cinco anos, ou o crédito pode ser abatido em outra conta.

### Dados do Consumo Atual de Energia

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Tarifa (R\$/kWh)           | 1    |
| Consumo Médio Mensal (kWh) | 1655 |

### Proposta de Sistema de Geração Solar

#### Seu Sistema

Com base nas informações de consumo, tarifa, tipo de instalação, e informações sobre o local de instalação, apresentamos o seguinte sistema:

|                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| Produção de Energia Recomendada (kWh) | 1680              |
| Potência Sugerida (Wp)                | 13400             |
| Número de Módulos (335W)              | 40                |
| Potência do Inversor (5000)           | 2                 |
| Área Necessária Para Instalação       | 80 m <sup>2</sup> |

\* Valores aproximados. Valores reais serão calculado no projeto final.

#### Garantias

|                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Módulos Fotovoltaicos | 10 anos contra defeitos de fabricação |
|                       | 25 anos de capacidade de geração      |
| Inversores            | 5 anos                                |
| Estrutura Sustentação | 10 anos                               |
| Instalação            | 24 Meses                              |

#### Equipamentos

Para a nossa empresa, a qualidade dos produtos e serviços vêm em primeiro lugar, trabalhamos com os melhores do mercado. A Jinko Solar é uma das maiores fabricantes do mundo em módulos fotovoltaicos, assim como a PHB Solar no quesito inversores.



#### Instalação e homologação

Fique tranquilo, nós cuidamos de todo o processo de instalação e homologação do sistema junto à concessionária de energia. A instalação é um processo simples, seguro e não envolve obras. Nosso tempo médio é de 5 a 10 dias úteis.



### Escopo

Estão incluídos no escopo desta proposta os seguintes serviços:

- Dimensionamento do sistema;
- Vistoria do local de instalação;
- Elaboração do projeto do sistema conforme normas técnicas aplicáveis da concessionária de energia;
- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) junto ao CREA;
- Fornecimento de todas as ferramentas, EPI's e EPC's necessários para perfeita execução do sistema fotovoltaico;
- Fornecimento de todos os equipamentos necessários para perfeita execução do sistema fotovoltaico, incluindo fretes;
- Fornecimento dos materiais necessários para suporte padrão e ligação dos equipamentos;
- Aprovação do projeto junto a concessionária de energia local;
- Instalação de malha de aterramento para proteção do sistema contra descarga elétrica;
- Instalação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica, incluindo deslocamento, hospedagem e alimentação da equipe;
- Interligação do sistema na rede da concessionária;
- Monitoramento 24 Hrs da produção de energia do sistema fotovoltaico;
- A Teto Sollar assume a responsabilidade de restaurar o telhado caso qualquer dano ocorra durante a instalação do sistema.

Os prazos, preços e demais condições apresentadas neste documento não incluem a execução dos seguintes serviços:

- Reforço das estruturas do telhado e/ou cobertura existente para recebimento dos equipamentos;
- Obras civis de qualquer natureza, como adequações no padrão de entrada, nova infraestrutura elétrica para interligação na rede interna existente e fundações para instalação dos painéis no solo (estamos considerando que os painéis serão instalados em cobertura ou telhado existente);
- Adequações ou reparos nas instalações elétricas existentes.

## Análise Financeira

### Valor Presente Líquido

Valor Presente Líquido ou VPL é o somatório dos termos de um Fluxo de Caixa Descontado. Quanto maior o VPL, mais lucrativo será o projeto ou novo negócio. O VPL indica qual o lucro que o projeto ou novo negócio trará.

### Taxa Interna de Retorno

Taxa Interna de Retorno, ou TIR é a taxa de juros para a qual o VPL é nulo. Quanto maior a TIR, melhor e mais lucrativo será o projeto ou novo negócio. Pense na TIR como a taxa de juros que uma aplicação financeira precisaria render para ser tão lucrativa quanto o projeto ou novo negócio.

| Características Financeiras           |          |
|---------------------------------------|----------|
| Preço do kWh no ano 0                 | R\$ 1,00 |
| Custo de Manutenção (%a.a.)           | 0,50%    |
| Inflação Projetada (%a.a.)            | 6,00%    |
| Inflação Energética Projetada (%a.a.) | 10,00%   |

| Resultados                            |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| Valor do Investimento                 | R\$ 57.588,11    |
| Economia Média Mensal                 | R\$ 1.687,45     |
| Payback em Anos                       | 2                |
| Economia Total Gerada                 | R\$ 1.913.472,57 |
| Valor Presente Líquido                | R\$ 282.498,31   |
| Taxa Interna de Retorno               | 65,64%           |
| Geração estimada diária (kWh)         | 50,64            |
| Geração estimada mensal (kWh)         | 1540,30          |
| Geração estimada anual (kWh)          | 18483,58         |
| Valor estimado do kWh com Teto Sollar | R\$ 0,13         |



Gráfico 1. Retorno Financeiro Acumulado em 25 Anos



Gráfico 2. Comparativo de Gastos de Energia

**Orçamento**

|   |   |
|---|---|
| Valor total do Investimento               | R\$ 57.588,11   |
| Forma de Pagamento                        | 60% na assinatura do contrato e 40% na ligação da usina |
| Prazo Total Para Montagem e Funcionamento | 90  |
| Validade da Proposta                      | 15 dias   |
| Vendedor                                  | Ingrid Souza  |

**Simulação de Financiamento Sicoob Credvale**

| Valor do Contrato | 12 Meses     | 24 Meses     | 36 Meses     | 48 Meses     | 60 Meses     |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| R\$ 57.588,11     | R\$ 5.440,59 | R\$ 2.914,66 | R\$ 2.078,40 | R\$ 1.664,52 | R\$ 1.419,54 |

\* Os valores acima são aproximados, valores reais devem ser calculados diretamente com a instituição financeira. A taxa é de 1,2% ao mês (uma das melhores do mercado).

**Termo de Aceite**

Declaro estar de acordo com os termos estabelecidos na proposta comercial e de serviços apresentados pela empresa Teto Sollar Engenharia e Tecnologia, incluindo todas as especificações técnicas, quantidade de equipamentos, condições comerciais, valores e forma de pagamento.

## ANEXO B – Informações gerais repassadas pela Empresa B

***Usina Solar Fotovoltaico 13,4kWp***

***Geração 1.600 kwh/mês***

*Focado no mercado de micro geração de energia verde para casas e negócios, desenvolvemos todas as etapas, desde a criação de seu projeto ao planejamento e sua execução.*

### PROPOSTA PRELIMINAR

De acordo com as informações fornecidas até o momento, elaboramos um estudo de viabilidade e **Proposta preliminar sob medida**, sujeitos a alterações de acordo com as solicitações do cliente, espaço disponível, limitações técnicas e operacionais, para atender à sua demanda energética.

Sendo assim, sugerimos a implantação de um sistema solar fotovoltaico, conectado à rede (**grid-tie**), de **13,4kw** de potência instalada que irá gerar **1.600kWh/mês**, proporcionando economia, conforto e segurança para o seu imóvel.

**Veja abaixo um resumo do seu sistema:**

| Sistema     | Potência instalada "kWp" | Número de placas UNID | Área necessária m <sup>2</sup> | Consumo médio mensal kWp/mês | Produção estimada kWh/mês | Autonomia alcançada % |
|-------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Residencial | 13,4                     | 40                    | 80                             | 1600                         | 1.600                     | 100                   |

**Obs.:** Vale ressaltar que os módulos fotovoltaicos possuem vida útil de 25 anos, com baixa manutenção, além de ser um sistema modular, podendo ser adaptado ao espaço disponível da cobertura ou à vontade do cliente no que diz respeito à potência instalada, número de placas fotovoltaicas, orçamento disponível, etc.

### SOLUÇÃO SOLAR

| DIAGNÓSTICO ATUAL             |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| Consumo médio atual           | 1.600 kWh/mês        |
| Classificação tarifária       | Residencial Bifásico |
| Taxa mínima                   | 100 kW/mês           |
| Consumo a ser suprido         | 1.550kWh/mês         |
| DADOS DE PRODUÇÃO             |                      |
| Potência instalada            | 13,4kWp              |
| Tipo de sistema               | Grid-tie             |
| Energia produzida             | 1.600kWh/mês         |
| CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA    |                      |
| Potência nominal do módulo FV | 335 W                |
| Número de módulos             | 40                   |
| Área necessária (estimativa)  | 80 m <sup>2</sup>    |
| Peso módulo                   | 28 kg                |
| Eficiência do módulo FV       | 16,68 %              |
| Garantia do módulo FV         | 12 anos              |
| Garantia de produção          | 80,7% / 25 anos      |
| Potência de saída do inversor | 13.000 W             |
| Garantia do inversor          | 25 anos              |
| Garantia da estrutura         | 10 anos              |
|                               |                      |
|                               |                      |

## COMO FUNCIONA?



Este sistema está apto a participar do **Sistema de Compensação de Energia (RN 482/2012) da ANEEL**, que possibilita que a energia gerada possa ser injetada na rede quando a produção for maior do que o consumo, gerando créditos energéticos que podem ser resgatados quando necessário, impedindo o desperdício da energia e gerando economia.

1. Os módulos solares coletam a luz criada pelo sol;
2. A eletricidade produzida em corrente contínua é convertida em corrente alternada, que é a eletricidade compatível com seus aparelhos domésticos;
3. Aproveita a sua própria energia em casa;
4. Não está em casa? Basta armazenar na rede que a concessionária te devolve quando precisar.

**DETALHAMENTO DO ORÇAMENTO**

| DESCRIÇÃO  | QUANT.               |
|--|----------------------|
| <b>KIT SOLAR FOTOVOLTAICO GRID-TIE 13,4kWp</b>                 |                      |
| Módulo fotovoltaico 335 W                                      | 40                   |
| Inversor conectado à rede elétrica (Grid-Tie)                  | 2                    |
| Quadro DC/AC e Dispositivos de proteção                        | 1                    |
| Material de fixação FV ALUMINIO                                | 1                    |
| Cabos & conexões para instalação elétrica e conexão à rede     | 1                    |
| Sistema de monitoramento remoto via Wi-Fi ou cabo RJ-45        | 1                    |
| <b>ENGENHARIA DE PROJETO E GERENCIAMENTO DAS OPERAÇÕES</b>     |                      |
| Projeto executivo Civil & Elétrico                             | 1                    |
| Planejamento do empreendimento; Gestão de suprimento           | 1                    |
| Gerenciamento, supervisão e fiscalização da obra               | 1                    |
| Assistência à entrada em operação / Vistoria técnica           | 1                    |
| Elaboração do pedido de conexão à rede                         | 1                    |
| Anotação de Responsabilidade Técnica (ART); Projeto e execução | 1                    |
| <b>GESTÃO ADMINISTRATIVA</b>                                   |                      |
| Obtenção das licenças junto à distribuidora de energia         | 1                    |
| Solicitação de linhas de financiamento PF / PJ                 | 1                    |
| Coordenação e Logística de transporte                          | 1                    |
| <b>INSTALAÇÃO</b>  |                      |
| Instalação elétrica  | 1                    |
| Relatórios de inspeção e ensaio de comissionamento             | 1                    |
| Transporte   | 1                    |
| <b>Total</b>   | <b>R\$ 55.000,00</b> |

( ) R\$55.000,00 (Cinquenta e cinco mil reais)

**TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO**

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| <b>MEDIA MENSAL</b>          | R\$ 1.500,00  |
| <b>VALOR ANUAL</b>           | R\$ 12.600,00 |
| <b>VALOR DO INVESTIMENTO</b> | R\$ 55.000,00 |
| <b>PAYBACK</b>               | 37 MESES      |

## **CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA**

**OFERTA PREMIUM:** Este orçamento contempla todos os custos de implantação do projeto FOTOVOLTAICO: dimensionamento do arranjo, projeto civil e elétrico, transporte, instalação, bem como a assinatura do ART de projeto e de execução da obra. \*

**FORMA DE PAGAMENTO:** Oferecemos formas de pagamento variadas a depender do porte do projeto que podem se adaptar ao seu planejamento financeiro, a ser definida junto ao nosso setor comercial no ato da contratação do serviço: à vista (parcela única), parcelado na loja (1 entrada + 5 parcelas) ou financiado (mediante entrada mínima de 20%).

**VALIDADE:** Válido por 30 dias corridos.

**PRAZO DE INSTALAÇÃO:** Cronograma a combinar com o setor comercial.

**IMPOSTOS INCLUSOS:** PIS/COFINS, IPI e ICMS (Faturamento Pessoa Jurídica).

**GARANTIAS:** Conforme fabricante. Módulos - **12 anos de fábrica e 25 anos com 80% da geração;**  
Inversor - **5 anos;**  
Estrutura - **10 anos;**  
Instalação - **3 anos.**

*A presente proposta está sujeita a alterações conforme vistoria técnica ou informações repassadas posteriormente a este dimensionamento (acesso dificultado, especificidades operacionais, necessidade de equipamentos especializados, etc.).*

*Esta proposta tem validade até 30 de Novembro de 2019.*

## ANEXO C – Informações gerais repassadas pela Empresa C

### PROPOSTA DE ORÇAMENTO SIMPLIFICADA - 2019

..... Energia Fotovoltaica - Usina Solar

..... ni, 1879, São Jacinto

- **Expectativa de Geração Mensal: 1600 kWh**
- **Tipo de Ligação: Residencial Bifásico**
- **Sistema Recomendado: Usina Fotovoltaica de 13,4 kWp**
- **Área Necessária para a instalação no telhado: aproximadamente 80 m2**
- **Quantidade de Módulos (PLACAS): 40 módulos 335W**
- **Quantidade de Inversores: 02 inversores de 5 KW**
- **Tipo de Estrutura: Telhado - Colonial**

**Nota:** A potência do sistema oferecido atende à necessidade energética conforme conta de energia elétrica apresentada pelo cliente (**média de consumo dos últimos 12 meses**)

**Valor total da Usina: .....R\$ 53.500,00**

**Esta proposta de orçamento inclui:**

- Elaboração e aprovação do projeto junto a CEMIG.
- Equipamentos Eletroeletrônicos (Módulos, Inversores e String Box).
- Estrutura de fixação para telhado.
- Fios e Cabos elétricos.
- Mão de Obra especializada para execução.
- Vistoria de Ligação do sistema pela CEMIG.
- Acompanhamento em tempo real da geração energética em dispositivo móvel.

**Condição de pagamento:**

- À combinar

**Prazo para entrega dos serviços:**

Até 60 dias.

**Validade da Proposta:**

20 dias.



## ANEXO D – Informações gerais repassadas pela Empresa D

### DADOS DO CLIENTE

NOME :

ENDREÇO: TEÓFILO OTONI

VALIDADE DA PROPOSTA : 15 DIAS.

21/11/2019 OBS:

### DADOS DO PERFIL ENERGÉTICO DO CLIENTE

|  |             |
|--|-------------|
| CONSUMO DE ENERGIA MÉDIO MENSAL        | 1600kwh/Mês |
| VALOR DO KILOWATT /HORA                | 1,00        |
| VALOR MÉDIO MENSAL DA CONTA DE ENERGIA | 1.600,00    |
| VALOR MÉDIO ANUAL DA CONTA DE ENERGIA  | 19.200,00   |

### DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

|                                  |                          |     |
|----------------------------------|--------------------------|-----|
| QUANTIDADE DE MÓDULOS            | 38 MÓDULOS JINKO DE 335W |     |
| ÁREA TOTAL DO TELHADO UTILIZADO  | 76 M <sup>2</sup>        |     |
| TIPOS DE TELHADO                 | COLONIAL                 |     |
| CAPACIDADE TOTAL DO SISTEMA      | 12,730 KWP               |     |
| MÉDIA DE ENERGIA GERADA POR MÊS  | 1600KWP                  |     |
| MÉDIA DE ENEREGIA GERADA POR ANO | 19200 KWP                |     |
| ECONOMIA MÉDIA MENSAL            | 1.600,00                 |     |
| ECONOMIA MÉDIA ANUAL             | 19.200,00                |     |
| <b>INVERSORES</b>                | MARCA                    | PHB |
|                                  | QUANTIDADE               | 2   |
|                                  | POTÊNCIA                 | 5KW |

GARANTIA DOS PAINÉIS 12 ANOS CONTRA DEFEITOS DE FABRICAÇÃO E 25 ANOS DE EFECIÊNCIA . GARANTIA DOS INVERSORES 5 ANOS.

## VALOR DA MINI/MICRO USINA FOTOVOLTAICA

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| VALOR A CONTRATAR | R\$ 50.000,00 |
|-------------------|---------------|

## PAYBACK /RETORNO FINACEIRO *2 anos e 8 meses*

| Ano  | 0              | 1              | 2              | 3             | 4             | 5             | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
|--|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A) Rendimento dos painéis  |                | 97,5%          | 96,8%          | 96,1%         | 95,4%         | 94,7%         | 94,0%          | 93,3%          | 92,6%          | 91,9%          | 91,2%          |
| B) Geração anual de Energia (KWh/ano) considerando perda do rendimento dos painéis |                | 18.720         | 18.586         | 18.451        | 18.317        | 18.182        | 18.048         | 17.914         | 17.779         | 17.645         | 17.510         |
| C) Geração Acumulada de Energia (KWh)  |                | 18.720         | 37.306         | 55.757        | 74.074        | 92.256        | 110.304        | 128.218        | 145.997        | 163.642        | 181.152        |
| D) % de reajuste médio anual de energia descontada a inflação                      |                | 0%             | 3%             | 3%            | 3%            | 3%            | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             |
| E) Custo do kWh - R\$  |                | 1,000          | 1,030          | 1,061         | 1,093         | 1,126         | 1,159          | 1,194          | 1,230          | 1,267          | 1,305          |
| F) Economia Gerada/ano - R\$ - (BxE)   |                | 18.720         | 19.143         | 19.575        | 20.015        | 20.464        | 20.923         | 21.390         | 21.866         | 22.352         | 22.847         |
| <b>Economia acumulada (R\$)</b>  |                | <b>18.720</b>  | <b>37.863</b>  | <b>57.438</b> | <b>77.453</b> | <b>97.918</b> | <b>118.840</b> | <b>140.230</b> | <b>162.096</b> | <b>184.448</b> | <b>207.295</b> |
| <b>Retorno do Investimento</b>   | <b>-50.000</b> | <b>-31.280</b> | <b>-12.137</b> | <b>7.438</b>  | <b>27.453</b> | <b>47.918</b> | <b>68.840</b>  | <b>90.230</b>  | <b>112.096</b> | <b>134.448</b> | <b>157.295</b> |

| 11             | 12             | 13             | 14             | 15             | 16             | 17             | 18             | 19             | 20             | 21             | 22             | 23             | 24             | 25             |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 90,5%          | 89,8%          | 89,1%          | 88,4%          | 87,7%          | 87,0%          | 86,3%          | 85,6%          | 84,9%          | 84,2%          | 83,5%          | 82,8%          | 82,1%          | 81,4%          | 80,7%          |
| 17.376         | 17.242         | 17.107         | 16.973         | 16.838         | 16.704         | 16.570         | 16.435         | 16.301         | 16.166         | 16.032         | 15.898         | 15.763         | 15.629         | 15.494         |
| 198.528        | 215.770        | 232.877        | 249.850        | 266.688        | 283.392        | 299.962        | 316.397        | 332.698        | 348.864        | 364.896        | 380.794        | 396.557        | 412.186        | 427.680        |
| 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             | 3%             |
| 1,344          | 1,384          | 1,426          | 1,469          | 1,513          | 1,558          | 1,605          | 1,653          | 1,702          | 1,754          | 1,806          | 1,860          | 1,916          | 1,974          | 2,033          |
| 23.352         | 23.866         | 24.391         | 24.925         | 25.470         | 26.024         | 26.589         | 27.165         | 27.751         | 28.348         | 28.956         | 29.574         | 30.204         | 30.845         | 31.497         |
| <b>230.647</b> | <b>254.514</b> | <b>278.904</b> | <b>303.829</b> | <b>329.299</b> | <b>355.323</b> | <b>381.913</b> | <b>409.078</b> | <b>436.829</b> | <b>465.176</b> | <b>494.132</b> | <b>523.706</b> | <b>553.910</b> | <b>584.755</b> | <b>616.252</b> |
| <b>180.647</b> | <b>204.514</b> | <b>228.904</b> | <b>253.829</b> | <b>279.299</b> | <b>305.323</b> | <b>331.913</b> | <b>359.078</b> | <b>386.829</b> | <b>415.176</b> | <b>444.132</b> | <b>473.706</b> | <b>503.910</b> | <b>534.755</b> | <b>566.252</b> |