

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO “STRICTO SENSU” EM BIOENERGIA NÍVEL DE MESTRADO

**Normativas para implantação do sistema fotovoltaico e estudo
de viabilidade econômica em residência e órgão público
municipal**

LORIVO LIMBERGER

TOLEDO – PR - BRASIL

2022

LORIVO LIMBERGER

**Normativas para implantação do sistema fotovoltaico e estudo
de viabilidade econômica em residência e órgão público
municipal**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Bioenergia, área de concentração em energia solar e energia elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Edson Antonio da Silva

TOLEDO – PR

2022

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Limberger, Lorivo

Normativas para implantação do sistema fotovoltaico e estudo de viabilidade econômica em residência e órgão público municipal / Lorivo Limberger; orientador Edson Antonio da Silva. -- Toledo, 2022.

78 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Toledo) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2022.

1. Energia solar viabilidade econômica. 2. Energia solar empreendimentos. 3. Energia solar impactos ambientais. 4. Energia solar normativas para implantação. I. Antonio da Silva, Edson, orient. II. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIOENERGIA – NÍVEL DE MESTRADO

Esta é a versão final da Dissertação de Mestrado, apresentada por LORIVO LIMBERGER, perante a Comissão Julgadora do Curso de Mestrado em Bioenergia em 14 de janeiro de 2022.

COMISSÃO JULGADORA

Professor Dr. Edson Antonio da Silva
Orientador

Professora Dra. Maria Luiza Fernandes Rodrigues
Membro

Professor Dr. Plínio Ribeiro Fajardo Campos
Membro

A energia solar é imprescindível para nossa existência. (Autor: Lorivo Limberger)

AGRADECIMENTOS

Indiscutivelmente, estes agradecimentos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa marcante fase de minha vida. Por isso, fica aqui antecipadamente, meu pedido de desculpas àquelas que não estarão entre essas palavras de agradecimento, mas que estiveram presentes em algum momento desta trajetória.

Primeiramente meu agradecimento é a Deus por esta oportunidade e por me conceder coragem e confiança para correr atrás dela. Muito obrigada Deus.

Agradeço à minha esposa, meus filhos e meu querido neto que sempre estiveram ao meu lado, com apoio e compreensão, vocês foram minha motivação.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Edson Antonio da Silva, que com seu profissionalismo contemplável me auxiliou para esta conquista. Sua orientação foi essencial, sabes que o tenho como exemplo.

Enfim, agradeço a todos meus familiares e amigos que torceram por mim nesta caminhada.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	OBJETIVOS.....	19
2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
2.1.1	Objetivos Específicos.....	19
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	20
3.1.1	Fatores de influência do desenvolvimento sustentável.....	21
4.	ENERGIA SOLAR.....	22
4.1	HISTÓRICO DA ENERGIA SOLAR.....	24
4.1.1	O Cenário da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.....	25
4.1.2	Balanço energético nacional do ano de 2020 com ênfase na energia solar produzida pelo sistema fotovoltaico.....	25
5.	PRODUÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	27
5.1	MÓDULO FOTOVOLTAICO DE FILMES FINOS.....	27
6.	ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS OFF-GRID e ON-GRID.....	28
6.1	ANÁLISE PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	28
6.1.1	Sistema on-grid (TIE) e sistema off-grid.....	28
6.1.2	Equipamentos utilizados nos sistemas on-grid e off-grid.....	29
7.	PROCEDIMENTOS LEGAIS PARA INSTALAÇÃO E CONEXÃO DO SISTEMA FOTOVOLTÁICO – NORMAS DA ANEEL – INMETRO.....	29
7.1	REQUISITOS DE AVALIAÇÃO PARA SISTEMAS E EQUIPAMENTOS PARA ENERGIA FOTOVOLTAICA INMETRO.....	30
7.1.1	Forma de cálculo para área do módulo fotovoltaica.....	30
8.	NORMATIVAS PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO EM RESIDÊNCIAS.....	32
8.1	SISTEMA DE COMPENSAÇÃO ELÉTRICA PRODUZIDA EM MICRO E MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA POR CONSUMIDORES - COPEL.....	32
8.2	LICENCIAMENTO AMBIENTAL E NORMATIVAS APLICÁVEIS NO ESTADO DO PARANÁ.....	33

8.3	METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÔMICA.....	37
9.	PRINCIPAIS ATIVIDADES COM USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO ESTADO DO PARANÁ.....	39
9.1	ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS.....	39
9.2	ATIVIDADES COMERCIAIS/INDUSTRIAIS.....	39
9.3	ORGANIZAÇÕES PÚBLICAS/PRIVADAS.....	40
9.4	TIPOS DE CONSUMIDORES.....	40
9.5	SISTEMA DE TARIFICAÇÃO.....	41
9.6	CLASSIFICAÇÃO TARIFÁRIA.....	42
10.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
10.1	MATERIAIS E MÉTODOS PARA O ESTUDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO NA RESIDÊNCIA.....	44
10.2	MATERIAIS E MÉTODOS PARA O ESTUDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO NA PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIPÁ-PR.....	45
11.	DISCUSSÃO E RESULTADOS.....	46
11.1	DISCUSSÃO E RESULTADOS DO ESTUDO NA RESIDÊNCIA.....	46
11.1.1	Payback do Sistema Fotovoltaico Instalado na Residência.....	52
11.2	DISCUSSÃO E RESULTADOS DO ESTUDO NA PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIPÁ - PR.....	54
11.2.1	Do processo licitatório.....	54
11.2.2	Etapas da execução.....	57
11.2.3	Execução do sistema solar fotovoltaico no paço municipal.....	58
11.2.4	Infraestrutura.....	58
11.2.5	Supraestrutura e estrutura metálica.....	59
11.2.6	Sistema de geração de energia solar fotovoltaica (ON-GRID) instalado no Paço Municipal de Maripá – PR.....	60
11.2.7	Payback do sistema fotovoltaico instalado no Paço Municipal.....	64
12.	ESTUDO DO IMPACTO AMBIENTAL COM A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	70
13.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
14.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Modelos de módulos fotovoltaicos de silício.....	27
FIGURA 02 – Modelos da ENCe para os módulos, controladores de carga, inversores e baterias.....	31
FIGURA 03 – Modelo da ENCe para módulo.....	31
FIGURA 04 – Sistema de produção de energia em residência.....	36
FIGURA 05 – Composição do valor final da energia elétrica.....	41
FIGURA 06 – Sistema Fotovoltaico instalado em residência.....	44
FIGURA 07 – Sistema Fotovoltaico instalado no Paço Municipal de Maripá/PR.....	45
FIGURA 08 – Dados sobre a geração de energia em kwh mensal na residência durante o ano de 2020	48
FIGURA 09 – Análise comparativa de investimento em poupança para a residência.....	54
FIGURA 10 - Sistema de controle de geração de energia instalado.....	61
FIGURA 11 – Geração de energia em kwh mensal, no município de Maripá – PR., durante o ano de 2020.....	64
FIGURA 12 – Análise comparativa de investimento para o Paço Municipal.....	70

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Países com maiores investimentos em energia solar em 2017.....	23
TABELA 02 - Fontes renováveis – participação energética de 83,0% na matriz elétrica nacional em 2019.....	26
TABELA 03 - Sistemas que são etiquetados.....	30
TABELA 04 - Geração, Distribuída, Potência e modalidade de licenciamento.....	35
TABELA 05 - Portaria IAP 19/2017 sobre a necessidade de licenciamento ambiental.....	36
TABELA 06 – Atividades agropecuárias implantadas no meio rural no Estado do Paraná.....	39
TABELA 07 - Atividade comercial e agroindustrial.....	39
TABELA 08 – Organizações públicas/privadas no Estado do Paraná.....	40
TABELA 09 – Composição do sistema fotovoltaico com potência total de 5,60 kw.....	46
TABELA 10 – Dados sobre a irradiação mensal no município de Toledo – PR., no ano de 2020.....	47
TABELA 11 – Dados do projeto da base de geração solar fotovoltaica da residência.....	47
TABELA 12 – Dados sobre a geração mensal de energia e quantidade de energia gerada por módulo, mensal, que incidiu sobre a residência, durante o ano de 2020.....	48
TABELA 13 – Histórico de consumo do período de 24 meses na residência. Anterior à instalação do sistema fotovoltaico.....	49
TABELA 14 – Dados das faturas de energia em kwh no período posterior à implantação do sistema fotovoltaico, período de julho/2016 à agosto/2020 na residência.....	50
TABELA 15 – Dados das faturas de energia em kwh com valores de produção acumulada no período posterior à implantação do sistema fotovoltaico, período de julho/2016 à agosto/2020 na residência.....	52
TABELA 16 – Estimativa do Payback para a residência.....	52
TABELA 17 – Planilha da Rentabilidade do sistema no período de 25 anos.....	53
TABELA 18 – Relação de empresas que participaram do processo licitatório.....	55
TABELA 19 – Composição dos custos da implantação do sistema fotovoltaico no Paço Municipal de Maripá – PR.....	55

TABELA 20 - Cronograma físico da implantação do sistema fotovoltaico no Paço Municipal de Maripá – PR.....	58
TABELA 21 – Componentes do sistema fotovoltaico instalado no paço municipal.....	60
TABELA 22 – Dados da fatura de energia em kwh no ano de 2020 do Paço Municipal.....	62
TABELA 23 – Dados da base de geração solar fotovoltaica do Paço Municipal.....	62
TABELA 24 – Dados sobre a irradiação mensal no município de Maripá – PR., no ano de 2020.....	63
TABELA 25 – Dados sobre a geração total de energia e quantidade de energia gerada por módulo, mensal, durante o ano de 2020.....	63
TABELA 26 - Histórico de consumo dos últimos 12 meses no Paço Municipal de Maripá – PR., anterior à instalação do sistema fotovoltaico.....	65
TABELA 27 – Histórico de consumo no período de 09 (nove) meses no Paço Municipal de Maripá – PR., após a instalação do sistema fotovoltaico.....	65
TABELA 28 – Fatura referente ao mês 12/2020 do Paço municipal de Maripá – PR.....	66
TABELA 29 – Fatura referente ao mês 08/2021 do Paço municipal de Maripá – PR.....	66
TABELA 30 – Demonstrativo de despesas nos 09 (nove) meses subsequentes à implantação do sistema fotovoltaico versus economia no mesmo período com a utilização do sistema.....	67
TABELA 31 – Estimativa de economia para os 12 (doze) meses subsequentes à implantação do sistema fotovoltaico versus economia no mesmo período com a utilização do sistema.....	67
TABELA 32 – Estimativa de produção e consumo de energia no ano de 2020.....	68
TABELA 33 – Estimativa do Payback do sistema fotovoltaico do paço municipal.....	69
TABELA 34 – Planilha da Rentabilidade do sistema no período de 25 anos do Paço Municipal.....	69
TABELA 35 – Dados fornecidos pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação, 2021.....	71

TABELA 36 – Média de neutralização de tCO ₂ /árvore.....	72
TABELA 37 – Emissões de CO ₂ evitadas nos sistemas fotovoltaicos na residência.....	72
TABELA 38 – Emissões de CO ₂ evitadas nos sistemas fotovoltaicos no Paço Municipal.....	73

LISTA DE ABREVIações

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CC	Corrente Contínua
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CEMA	Conselho do Meio Ambiente
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DLAE	Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa em Energia
ESS	Encargos do Serviço do Sistema
FAEP	Federação da Agroindústria do Estado do Paraná
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IAT	Instituto Água e Terra
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IEA	Instituto de Economia Agrícola
INMETRO	Instituto Nacional e Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NTC	Norma Técnica da Copel
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem mudar na pagina 28
PIS	Programa de Integração Social
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODIST	Procedimento de Distribuição
PROINFA	Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RCB	Relação Custo-Benefício
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SBAC	Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade
SEDEST	Secretaria de Des

SEMA	Secretária do Meio Ambiente
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SIN	Sistema Interligado Nacional
TFSEE	Taxa de fiscalização dos Serviços de Energia Elétrica
TIR	Taxa Interna de Retorno
UC	Unidade Consumidora
VPL	Valor Presente Líquido

Normativas para implantação do sistema fotovoltaico e estudo de viabilidade econômica em residência e órgão público municipal

AUTOR: LORIVO LIMBERGER

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON ANTONIO DA SILVA

Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia; Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Rua da Faculdade, 645; CEP 85.903-000 – Toledo – PR, Brasil, defendida em 14 de janeiro de 2022.

RESUMO

Nessa dissertação foram analisados e apresentados de forma simplificada os procedimentos legais exigíveis para a implantação e regularização da Geração de Energia Elétrica por meio do Sistema Fotovoltaico no Estado do Paraná. Dentre os quais o Licenciamento Ambiental e os procedimentos para homologação e injeção de energia elétrica na concessionária no Estado do Paraná. No licenciamento Ambiental, o órgão licenciador é o Instituto de Água e Terra – IAT que possui atribuições legais para o licenciamento dessa atividade no Estado do Paraná. Já nos procedimentos administrativos exigíveis para o contrato de injeção na rede elétrica da geração distribuída foram abordados as normativas da ANEEL e COPEL, necessárias na atualidade, para o efetivo contrato com a companhia das exigências prévias para a liberação e após instalações dos equipamentos os procedimentos necessários para a homologação e funcionamento do sistema fotovoltaico. Em relação aos estudos de casos, realizou-se o estudo de viabilidade econômica de uma residência na cidade de Toledo e em relação à um Órgão Público municipal, optando-se por fazer um estudo do paço municipal de Maripá - PR, com o sistema de fotovoltaico implantado, apresentando o tempo para o payback dessas unidades. Uma das ferramentas para análise de viabilidade econômica de projetos é o payback (taxa de retorno do investimento). De forma simplificada e prática foram abordadas as normas regulamentadores em vigor, atendendo a demanda de conhecimento na atualidade por consumidores, empreendedores e estudiosos do setor, para a utilização do sistema fotovoltaico.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar; empreendimentos; impactos ambientais.

Regulations for the implementation of the photovoltaic system and economic feasibility study in municipal residence and public agency

AUTHOR: LORIVO LIMBERGER

ADVISOR: PROF. DR. EDSON ANTONIO DA SILVA

Master's Dissertation, Postgraduate Program in Bioenergy; State University of West Paraná; Rua da Faculdade, 645; CEP 85.903-000 - Toledo - PR, Brazil, defended on January 14, 2022.

ABSTRACT

In this dissertation, the legal procedures required for the implementation and regularization of Electric Power Generation through the Photovoltaic System in the State of Paraná were analyzed and presented in a simplified way. Among which the Environmental Licensing and procedures for approval and injection of electricity in the concessionaire in the State of Paraná. In Environmental Licensing, the licensing agency is the Water and Land Institute – IAT, which has legal attributions for the licensing of this activity in the State of Paraná. In the administrative procedures required for the injection contract in the distributed generation electricity grid, the regulations of ANEEL and COPEL, which are currently necessary for the effective contract with the company, were addressed in relation to the prior requirements for the release and after installation of the equipment, the necessary procedures for the approval and operation of the photovoltaic system. Regarding the case studies, a study of the economic feasibility of a residence in the city of Toledo and in relation to a municipal Public Agency was carried out. photovoltaic plant, showing the time for the payback of these units. One of the tools for analyzing the economic feasibility of projects is the payback (rate of return on investment). In a simplified and practical way, the regulatory standards in force were addressed, meeting the demand for knowledge currently by consumers, entrepreneurs and scholars in the sector, for the use of the photovoltaic system.

KEYWORDS: Solar energy; enterprises; environmental impacts.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial e o aumento no consumo de bens e serviços criam a necessidade de atender demandas cada vez maiores sem comprometer as gerações futuras (GOMES; HENKES, 2014). Isto está de acordo com o conceito de desenvolvimento sustentável estabelecido no Relatório de Brundtland, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (1988) "desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas próprias necessidades". Junto a este tema, surge também a necessidade de atender a demanda de energia elétrica da população, que tem aumentado a cada ano e a perspectiva, com utilização de carros elétricos e expansão da tecnologia é que esse crescimento seja contínuo. A crise elétrica é uma questão não muito recente, contudo, ainda constitui um dos grandes desafios atuais (CABRAL; VIEIRA, 2012).

Ao levar em conta o aumento no preço da conta de luz, seja devido a um custo maior na produção de energia, ou aumento nos impostos, diversas pessoas têm procurado projetos de instalação de uma unidade de geração de energia fotovoltaica. O que as pessoas buscam é uma possibilidade de investimento a fim de obter uma fonte de produção de energia independente do sistema das empresas convencionais e economia na conta de luz, buscando, principalmente, zerar a conta (SANTOS; SOUZA; DALFIOR, 2016).

De acordo com a Matriz energética do Brasil, há diversas fontes geradoras de energia, como hidráulica, gás natural, derivados de petróleo, nuclear, eólica, biomassa, carvão e derivados. O relatório do BEN 2019 (Balanço Energético Nacional), realizado pelo EPE (Empresa de Pesquisa Energética) aponta que as fontes renováveis representam 83,3% da oferta interna elétrica no Brasil, em que 66,6% provem da produção hidráulica, 8,5% de biomassa, 7,6% de energia eólica e apenas 0,54% da energia solar.

A baixa utilização da energia fotovoltaica se deve a vários fatores, como a falta de indústrias nacionais para fabricação de módulos fotovoltaicos, que reduziria o custo de importação (CALDAS; MOISÉS, 2016) e devido ao reduzido número de programas para incentivo à geração de energia solar, dentre os quais se destaca o PROINFA (Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica).

Outros países, como por exemplo, a China tem seguido um caminho diferente do que segue o Brasil. Em 2017 a China superou a meta da capacidade de geração de

energia solar, que era prevista para 2020 e, no mesmo ano, representava 40% da geração de energia solar mundial (IEA, 2017). O Brasil, por outro lado, prevê um investimento de R\$ 8 Bilhões até 2021, o que representa menos de 10% do que foi gasto na China somente no ano de 2017 (OLIVEIRA, 2019).

Por outro lado, (OLIVEIRA, 2019) ressalta ainda que apesar de pouco investimento e baixos incentivos governamentais, o Brasil apresenta um dos maiores potenciais de produção solar do mundo. Maior, inclusive, que países onde projetos de aproveitamento de energia solar são explorados de forma mais ampla, como por exemplo, Alemanha, França e Espanha.

Outra fonte de geração de energia que tem crescido atualmente é a gerada pela biomassa. A biomassa tem se destacado como fonte de energia por conta de três fatores, a disponibilidade, a quantidade e o baixo custo (MONLAU *et al.*, 2015). Cidades do interior do Paraná possuem diversos empreendimentos agropecuários. Essas atividades agropecuárias produzem grande quantidade de dejetos, que por sua vez, podem ser utilizados para a geração de bioenergia (FORSTER-CARNEIRO *et al.*, 2013).

A utilização da biomassa, em comparação à geração de energia fotovoltaica, é que a biomassa, além de gerar energia, ainda resolve outro problema, a questão da destinação ambientalmente correta dos resíduos das atividades. Dejetos de suinocultura, por exemplo, podem ser utilizados na adubação do solo, podendo substituir até mesmo adubos químicos, contudo, quando usado em excesso podem contaminar o solo e mananciais hídricos (SEGANFREDO; PERIN JUNIOR, 2005), sendo assim, o excedente dos dejetos podem ser utilizados na geração de energia.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade econômica do sistema fotovoltaico em dois sistemas instalados: residência localizada em Toledo – PR e no Paço Municipal de Maripá - PR.

2.1.1 Objetivos Específicos

- Avaliar a viabilidade econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos.
- Avaliar o impacto ambiental da implantação de sistemas fotovoltaicos.
- Estimar o tempo para o payback.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Conforme o *Relatório Brundtland*, desenvolvimento sustentável consiste em utilizar os recursos do presente sem prejudicar as futuras gerações. Entretanto, ainda há muitas discussões acerca das aplicações deste significado. Resumidamente, desenvolvimento sustentável consiste em utilizar os recursos naturais sem degradá-los, eliminá-los ou diminuir a possibilidade de utilização destes para as próximas gerações (BARONI, 1992).

A preocupação com a degradação ambiental é um dos principais fatores que devem ser levados em consideração quando se fala em desenvolvimento sustentável. Até a década de 1950 essa preocupação com o Meio Ambiente era considerada um “luxo”, ou então, um movimento relacionado à ciência, colocando assim a preservação ambiental ou sustentabilidade em uma perspectiva que se restringiu aos movimentos conservacionistas e ecologistas (SOUZA, 2000). Na época, na percepção de diversas pessoas, a degradação ambiental não era relacionada à saúde humana, ao bem-estar social, ao desmatamento e nem mesmo à extinção de espécies (TAVARES, 2018).

Entretanto, após o Relatório de *Brundtland* (1988) e dos avanços em pesquisas e discussões sobre o desenvolvimento sustentável em diversas esferas sociais, surgiram várias iniciativas com o intuito de empregar os conceitos nos modelos de produção industrial (IPIRANGA; GODOY; BRUNSTEIN, 2011). A consultoria *Sustain Ability* prega um modelo de mudança social empregando o tripé da sustentabilidade, que busca conciliar economia, sociedade e meio ambiente (SUSTAINABILITY, 2008). Contudo, esse tripé da sustentabilidade, pode se tratar de um oxímoro, pois o tripé na verdade é um trilema, sugerindo que crescimento econômico, bem-estar social e sustentabilidade ambiental tem se tornado elementos dissociativos (MARTINE; ALVES, 2013).

Essa discussão, sobre a relação da degradação ambiental e o crescimento econômico de uma nação, não é atual. Na década de 1970 havia uma crença generalizada de que a fonte de grande parte dos problemas ambientais era o crescimento econômico, entretanto, a partir da década de 1990 alguns economistas começaram a argumentar que esta visão seria pessimista e desprezaria alterações educacionais, tecnológicas, econômicas e políticas, que por sua vez poderiam amenizar os problemas ambientais (CARVALHO; ALMEIDA, 2010).

Essas duas visões demonstram a necessidade de estudos para analisar se ocorre um *trade-off* (situação em que deve ser escolhido diminuir ou perder uma qualidade em

troca de ganhar outra) entre preservação e crescimento, ou se poderia ser alcançado crescimento econômico de forma conciliatória com uma melhora da qualidade ambiental (FONSECA; RIBEIRO, 2005).

Na mesma linha das discussões, autores citam também o paradoxo de Jevons. Teoricamente, se a eficiência de utilização de certa matéria prima aumenta, conseqüentemente o consumo dela diminuiria. Entretanto, de acordo com o paradoxo de Jevons, conforme avançamos tecnologicamente e aumentamos a eficiência de uso de um recurso natural, não diminuimos o uso deste recurso e sim aumentamos (POLIMENI *et al.*, 2008). A explicação se deve pelo fato que os preços diminuiriam de acordo com que a eficiência aumentasse. Essa diminuição do preço faria com que o consumo aumentasse, e esse aumento de consumo anularia por completo as vantagens ambientais da maior eficiência (CEBADA, 2014).

Um exemplo são os motores a combustão de automóveis. Por mais que sejam mais econômicos na conversão de energia do que os carros da década de 1970, ainda assim o consumo global de gasolina não parou de aumentar e a eficiência de motores não reduziu a demanda (SMIL, 2014). Contudo, com a entrada de um fator externo o paradoxo deixa de ocorrer. Seguindo o exemplo de que a demanda por combustível fóssil não diminuiu mesmo com a produção aumentando, o consumo desta fonte passaria a diminuir se fosse substituída por outra. Um dos exemplos é a energia elétrica, que substituiu o consumo de carvão.

3.1.1 Fatores de influência do desenvolvimento sustentável

A sustentabilidade exige que sejam seguidos os três pilares: do meio ambiente, das relações sociais e da subjetividade humana (GUATTARI, 1990). De acordo com VECCHIATTI (2004), somente políticas públicas e articulações ético-políticas poderiam reorientar a produção de bens e possibilitar a conciliação crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável. A maneira como um território se desenvolve está ligado diretamente à maneira como se dão as organizações sociais e as relações cívicas deste local (MORAES, 2003).

É necessária uma sociedade organizada e da firmação de acordos para que seja possível direcionar como se dará o desenvolvimento sustentável. Com base nisso, PUTNAM (2006) estudou aspectos que condicionaram as diferenças regionais entre o norte e o sul da Itália. “De modo geral, as regiões que hoje são cívicas são também prósperas, industrializadas e têm boas condições sanitárias.” (PUTNAM, 2006, p. 162). Portanto, se o capital social for um fator crucial, para alcançar o desenvolvimento

sustentável é necessário, antes de torná-lo sustentável, torná-lo rico (BECKERMAN, 1992). Caso o país não tenha potencial econômico para isso seria necessário apoio de outros países nesses objetivos.

Uns dos principais fatores de influência na busca pelo desenvolvimento limpo de um país são os consumidores. De certa forma, o brasileiro costuma levar mais em consideração o preço do que a qualidade ou a forma de produção dos produtos, na hora de uma compra (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS SUPERMERCADOS, 1992). Entretanto, em países desenvolvidos e de economias mais estáveis, o que se nota é que o “peso” atribuído a qualidade do produto tem aumentado (SPEARS e KASSOUF, 1996). De acordo com CAIRNCROSS (1992), as empresas notaram que o “movimento verde” é lucrativo e, portanto, tem agido a favor dele. Considerando que a satisfação das necessidades do consumidor é uma das peças mais importantes na busca de oportunidades, torna-se de muita importância entender qual peso os consumidores dão ao fator ecológico nas suas decisões de compra (MOTTA; ROSSI, 2003), já que se não atender as expectativas e as tendências de mercado, espera-se que o empreendimento não obtenha lucro.

Desta forma, de forma introdutória a sustentabilidade deve ser observada também no sistema fotovoltaico, com o uso da energia solar a qual atende os três pilares, ambiental, social e econômico.

4 ENERGIA SOLAR

Considerando as dificuldades e os anseios de diversos países para alcançar o desenvolvimento sustentável, há também de suprir as necessidades das gerações atuais. Uma das dificuldades de abastecimento, de forma renovável pelo menos é a crise elétrica. A crise elétrica é uma questão não muito recente, contudo, ainda constitui um dos grandes desafios atuais (CABRAL; VIEIRA, 2012).

Com essa situação, desenvolveram-se diversas formas de energia limpa ou renovável, como por exemplo, a eólica, a bioenergia e a energia solar. Um dos principais objetivos de pessoas que investem nessa forma de energia é a possibilidade de obter uma fonte de produção de energia independente do sistema das empresas convencionais e, também, economia na conta de luz, buscando, principalmente, zerar a conta (SANTOS; SOUZA; DALFIOR, 2016)

O sol é a principal fonte de energia do planeta e é essencial para a sobrevivência humana. Se tratando de energias renováveis, a energia solar é responsável pela criação de várias outras formas de energia (PESSOA, 2011).

O Sol é responsável por fornecer para a atmosfera terrestre aproximadamente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia por ano. Este valor corresponde a 10000 vezes o consumo mundial no mesmo período (CRESESB, 2018).

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia produzida pela conversão da radiação em energia elétrica (JUNIOR, 2019). A radiação solar pode ser separada em diversos componentes: radiação direta, caracterizada pela radiação captada sem sofrer qualquer alteração de direção; radiação difusa, caracterizada pela radiação que alcança a superfície terrestre e que foi dispersa por moléculas existentes na atmosfera; e radiação refletida, que sofreu alteração de direção, devido ao contato com alguma superfície (BADESCU, 2008).

Em 2017 o Brasil entrou no ranking mundial de países que apresentaram os maiores investimentos em energia solar e a expectativa é que se torne ainda maior (Tabela 01).

1°	CHINA	53 GW
2°	EUA	10,6 GW
3°	ÍNDIA	9,1 GW
4°	JAPÃO	7 GW
5°	TURQUIA	2,6 GW
6°	ALEMANHA	1,8 GW
7°	AUSTRÁLIA	1,25 GW
8°	CORÉIA DO SL	1,2 GW
9°	REINO UNIDO	0,9 GW
10°	BRASIL	0,9 GW

TABELA 01 – Países com maiores investimentos em energia solar em 2017.

Fonte: Adaptado de Snapshot of Global PV Markets, IEA PVPS (2018).

A conversão de energia solar em energia elétrica é realizada pela utilização de um dispositivo chamado de “célula fotovoltaica”, que é responsável por fazer a conversão da energia pelo efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF, 2007).

O efeito fotoelétrico consiste na reação em que os fótons, provenientes do Sol, são absorvidos pelas células fotovoltaicas, por materiais como platina ou silício. Essa energia dos fótons é transferida para os elétrons, que aumentam sua movimentação e, por sua

vez, essa movimentação gera a corrente elétrica, que posteriormente será armazenada em baterias ou enviada para o sistema de energia elétrica (BARROS, 2013).

4.1 HISTÓRICO DA ENERGIA SOLAR

A energia solar vem se destacando no cenário energético mundial nos últimos anos (VIANNA, 2010). Isso se deve ao fato que diversos países têm objetivos de redução de gases poluentes e danos ambientais. Com isso, de acordo com MILANO (2019) iniciaram-se os investimentos em energias renováveis e pesquisas de projetos com a finalidade de substituir o uso de combustíveis fósseis na produção de energia elétrica.

De acordo com CUNHA (2016), o Japão foi o pioneiro a iniciar o comércio da integração da geração de energia elétrica com o sistema fotovoltaico, havendo em seguida subsídio para esse fim, no começo da década de 90, tornando-se nessa década o maior produtor de energia no mundo. Em seguida a Alemanha, por volta dos anos 2006 tornou-se o país que mais produzia energia elétrica por meio fotovoltaico, tornando-se a maior do mundo. No período de 2000 até 2010, houve investimento em mais de 15 bilhões de euros na indústria Européia. Ainda de acordo com o autor, a Alemanha garante a compra da geração de energia gerada pelo sistema fotovoltaico, seja de micro e mini geradores, realizando também redução de custos de sua rede de energia de forma gradativa, tornando-se assim a sua energia mais sustentável. Medidas que vem sendo adotado pelos governos entre outros países, no incentivo a energia renovável, como o caso da Itália e Estados Unidos.

Diversos países têm apresentado uma procura maior pela energia fotovoltaica. Os dois países que mais investiram em energia solar nos últimos anos são China e EUA, sendo que, até 2015 a Alemanha era o país com maior capacidade instalada (REN21, 2015 - Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)).

A energia solar tem grandes perspectivas (JUNIOR, 2019), a exemplo de sua viabilidade em carros elétricos. Contudo, de acordo com o autor, atualmente não é viável esta utilização, devida a baixa autonomia que seria conseguida pela utilização dos painéis. Outro ponto destacado pelo autor seria a viabilidade econômica, já que o payback poderá demorar a ser alcançado.

4.1.1 O Cenário da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

No ano de 2012 foi publicado a Resolução Normativa 482/2012 (ANEEL, 2012) no mês de abril, a qual regulamentou a geração distribuída no Brasil, possibilitando o sistema de compensação de energia elétrica, sendo que a energia ativa é injetada na rede da concessionária, a exemplo da Copel no Paraná, considerada unidade distribuidora e em seguida essa energia elétrica injetada poderá ser compensada com a energia a ser utilizada pelo consumidor, no mundo essa metodologia é conhecida como *net metering*. Motivando assim, o uso desse mecanismo pelos consumidores no Brasil, havendo o desenvolvimento do sistema fotovoltaico, como ocorre em outros países, a exemplo do México. Simplificando, no final do mês, o consumidor e produtor de energia terá um crédito de energia, caso produza um excedente em relação ao consumido, caso contrário paga a diferença (DANTAS; POMPERMAYER, 2018).

No ano de 2015 foi editado pela ANEEL a Resolução Normativa nº. 687/2015 (ANEEL, 2015), aumentando os benefícios da geração distribuída, possibilidade como exemplo a geração distribuída em conjunto, onde os microgeradores de energia possam distribuir energia para várias residências, desde que seja na mesma área de concessão, entre outros benefícios (DANTAS; POMPERMAYER, 2018).

4.1.2 Balanço energético nacional do ano de 2020 com base do ano de 2019, com ênfase na energia solar produzida pelo sistema fotovoltaico

Empresa de Pesquisa Energética, pública, criada com a Lei nº. 10.847 de 15 de março de 2004, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, elabora anualmente o Balanço Energético Nacional (BEN), instituição ligada ao Ministério de Minas e Energia. Este levantamento demonstra a contabilização da oferta de energia, as atividades de extração de recursos primários, conversão secundária, importação e exportação, distribuição e o uso no Brasil. Destacar-se-á adiante apenas os principais pontos afetos a energia solar produzida com o sistema fotovoltaica (Tabela 02) (BEN, 2020).

Fonte	2018	2019	Δ 19/18
Hidrelétrica	388.971	397.877	2,3%
Gás Natural	54.622	60.448	10,7%
Eólica	48.475	55.986	15,5%
Biomassa	52.267	52.543	0,5%
Nuclear	15.674	16.129	2,9%
Carvão Vapor	14.204	15.327	7,9%
Derivados do Petróleo	9.293	6.926	-25,5%
Solar Fotovoltaica	3.461	6.655	92,2%
Outras	14.429	14.438	0,1%
Geração Total	601.396 GWh	626.328 GWh	4,1%

TABELA 02 - Fontes renováveis – participação energética na matriz elétrica nacional.

Fonte: BEN/Relatório 2020 - Síntese ano base 2019.

Na Tabela 02, observa-se que em relação às energias renováveis no Brasil, a energia solar produzida no Sistema Fotovoltaica teve um crescimento diferenciando-se entre as outras fontes renováveis de energia, ou seja, de 3.461 (GWh) de produção em 2018 para 6.655 (GWh) em 2019, ou seja 92,2 %. Sendo assim, o sistema de produção que mais cresceu nesse período comparado com as outras fontes. O Relatório informa ainda que desde 2015 o sistema fotovoltaico vem crescendo anualmente na produção de energia elétrica, utilizando a forma de micro e minigeração distribuída. (BEN, 2020).

5 PRODUÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Há dois materiais utilizados na produção dos sistemas fotovoltaicos, silício ou platina (Figura 01). O silício apresenta duas tecnologias, uma delas é o silício monocristalino (m-Si), que consiste em uma alta quantidade pura deste elemento. A eficiência dos módulos que utilizam essa tecnologia m-Si inicia em 12%, podendo alcançar até 16% comercialmente (BARROS, 2013).

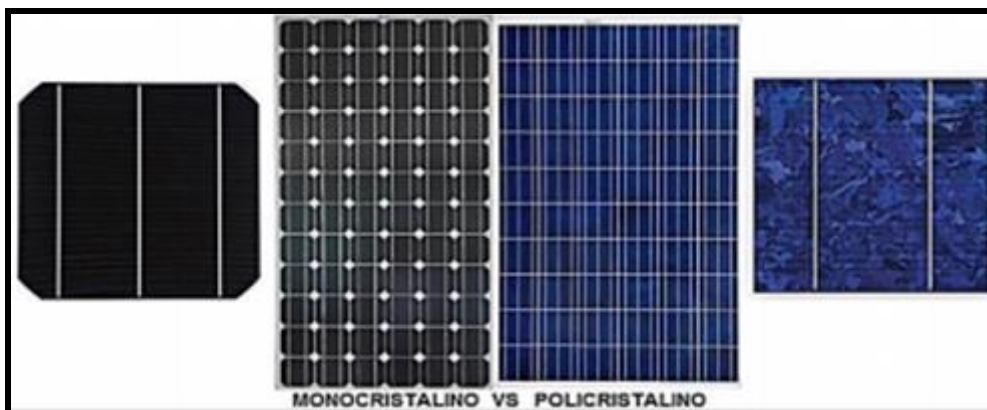


FIGURA 01 – Modelos de módulos fotovoltaicos de silício. **Fonte:** Barros (2013).

A segunda tecnologia trata-se do c-Si, que busca uma produção mais rápida e menos dispendiosa, produzindo o silício policristalino (p-Si), que também apresenta uma eficiência menor, mas tem também um custo de produção menor. Mais da metade dos módulos fotovoltaicos produzidos no mundo é o p-Si (RUTHER, 2004).

5.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO DE FILMES FINOS

Os módulos de filmes finos utilizam menos materiais para construção e tem a possibilidade de ser construído em superfícies curvas, o que é essencial ao considerar que se desejam sistemas fotovoltaicos que se adaptem às superfícies sem comprometer a aparência dos locais da instalação (RUTHER, 2004). Há três tecnologias que se destacam na produção desses módulos: Silício amorfo hidrogenado (a-Si), Telureto de cádmio (CdTe) e o Disseleneto de cobre (gálio) e índio (CIS e CIGS) (RUTHER, 2004).

6 ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS OFF-GRID e ON-GRID

6.1 ANÁLISE PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para determinar o potencial solar de uma localidade há diversas maneiras: por meio de dados de Atlas solarimétricos, medição da radiação solar no próprio local ou através de cálculos que interpolam dados de estações próximas a localidade (MOSCARDINI, 2020).

Há dois equipamentos específicos para a medição de radiação solar de um local. Um deles é o piranômetro, utilizado para medir a radiação solar global, o outro é o pireliômetro, utilizado para medir a radiação solar direta. Há ainda outra forma de medir,

com utilização de células fotovoltaicas de silício, contudo com esta forma não é possível realizar a distinção entre radiação direta e difusa (CARLI, 2016).

CARLI (2016) destaca que os níveis de radiação solar que incidem no plano horizontal na superfície da Terra variam de acordo com estações do ano. Além disso, há a variação por conta da região, devido às diferenças de latitude, altitude e condições meteorológicas.

De forma geral, deverá fazer um levantamento do custo dos equipamentos, de instalação e de manutenção para o funcionamento do sistema para a carga que se pretende utilizar e qual o sistema que será adotado. A quantidade de energia que se pretende utilizar para atender a demanda existente seja total e ou parcial e que tenha um excedente, levando em conta a média que está sendo utilizado na unidade consumidora (DANTAS; POMPERMAYER, 2018).

6.1.1 Sistema on-grid (TIE) e sistema off-grid

Existem dois tipos de sistemas que podem ser utilizados nas unidades consumidores (residências, entre outras), o sistema fotovoltaico conhecido como do tipo *grid-tie*, quando se produz mais que consome e essa diferença maior é injetada a rede de distribuição. Esse sistema o consumidor conecta o sistema direto a rede elétrica, havendo necessidade de mais equipamentos adequados. Existe também em síntese os equipamentos para instalar os sistemas conhecidos como isolados *off-grid*, que são equipamentos acoplados à baterias para o armazenamento da energia produzida excedente (DANTAS; POMPERMAYER, 2018).

6.1.2 Equipamentos utilizados nos sistemas *GRID-TIE* e *OFF GRID*

O inversor de frequência é um dos equipamentos mais importantes, tendo a função de transformar a corrente gerada pelas placas em contínua em corrente alternada. Essa corrente alternada pode ser utilizada por eletrodomésticos. O inverso *grid-tie* que possibilita a conexão com a rede elétrica deve fazer à sincronização de frequência da energia produzida com a que é destinada a rede elétrica. Devido essa opção, torna mais elevado o preço em relação ao sistema *off-grid* (DANTAS; POMPERMAYER, 2018).

7 PROCEDIMENTOS LEGAIS PARA INSTALAÇÃO E CONEXÃO DO SISTEMA FOTOVOLTÁICO – NORMAS DA ANEEL – INMETRO

O INMETRO – Instituto Nacional e Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, editou a Portaria nº. 004 de 04 de janeiro de 2011 para aprovar a revisão de avaliação da conformidade para sistemas e equipamento para Energia Fotovoltaica, atualizando as portarias anteriores, como a Portaria Inmetro nº. 396 de 10 de novembro de 2008, atendendo também a Lei 10.295 de 17 de outubro de 2001, que trata da Política Nacional de Compensação e Uso Racional de Energia, buscando zelar pela eficiência energética dos sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica, estabelecendo requisitos mínimos de desempenho e segurança dos sistemas e equipamentos para geração fotovoltaica, dando por fim publicidade ao conhecimento público e segmentos de fabricação, importação e comercialização dos sistemas e equipamentos para geração de energia fotovoltaica (INMETRO, 2011)

Essa Portaria informa que cientificou a Consulta Pública, colhendo contribuições da sociedade para a elaboração dos requisitos nela aprovada. A Portaria, em conformidade com o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade – SBAC criou a etiqueta obrigatória de sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica, devendo cumprir com os requisitos impostos nela, e que até 01 de julho de 2011 seria a data limite para a fabricação e importação de sistemas e equipamentos para que a energia fotovoltaica pudesse ser comercializado no Brasil, em desacordo com esse documento normativo atualizado. E após a data de 01 de julho de 2012, todos os sistemas e equipamentos para geração de energia fotovoltaica deveriam ser comercializados cumprindo com os requisitos aprovados nessa Portaria. No entanto, excepcionalmente os fabricantes e importadores deveriam cumprir a data de 01 de julho de 2011 (INMETRO, 2011).

De acordo com a Portaria, o INMETRO é o órgão responsável para a fiscalização do cumprimento das disposições dela, em todo o território nacional. A instituição INMETRO fiscaliza as fábricas, as importadoras e os comércios dos sistemas e equipamentos fotovoltaicos (INMETRO, 2011).

A portaria possibilita que os Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica, ou sejam, Módulos, Inversores, Controladores de Carga e Baterias poderão ser fabricados e comercializados, no mercado nacional, por fabricantes e importadores, de forma voluntária, em conformidade com os Requisitos dela aprovada (INMETRO, 2011).

Sua atualização se deu com a redação dada pela Portaria INMETRO nº. 357 de 01/08/2014, a qual se ressalta a seguir os principais requisitos para avaliação dos sistemas e equipamentos para geração de energia fotovoltaica:

7.1 REQUISITOS DE AVALIAÇÃO PARA SISTEMAS E EQUIPAMENTOS PARA ENERGIA FOTOVOLTAICA - INMETRO

A Portaria nº 004/2011 estabelece de forma técnica e legal os requisitos de avaliação em relação à aplicabilidade dos sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica, seja para Módulos, controlador de carga, inverso e bateria, por meio de Etiquetagem, a qual se utiliza da ENCE- Etiqueta Nacional de Conservação de Energia que atende os requisitos do Programa Brasileiro de Etiquetagem – EBE, objetivando a eficiência energética e adequado nível de segurança, aplicando-se aos seguintes equipamentos (Tabela 03):

Módulo fotovoltaico;

Controlador de carga e descarga de baterias;

Inversor para sistemas autônomos com potência nominal entre 5 W e 10 kW;

Inversor para sistemas conectados à rede com potência nominal de até 10 kW;

Bateria. (N.R.) **(Redação dada pela Portaria INMETRO nº 357 de 01/08/2014)**

TABELA 03 – Sistemas que são etiquetados. **Fonte:** INMETRO, 2011

7.1.1 Forma de cálculo para área do módulo fotovoltaica

O INMETRO utiliza para verificar a eficiência máxima do módulo fotovoltaico, considerando condições padrão de teste e o produto da área do módulo pela irradiação, a Portaria INMETRO nº. 357/2014. Para tanto é analisado a superfície frontal do módulo, inclusive a moldura externa, em produção mensal de energia. Essa produção mensal é estimada em razão de uma irradiação média mensal de 5 KWh/m², levando em consideração um mês de 30 dias, somado a um fator de segurança de 20%, conforme fórmula de cálculo a seguir, para apurar a estimativa (INMETRO, 2011).

$$E_{\text{mensal}} = \frac{150 \text{ h} \times P_{\text{nominal}} [\text{kW}]}{1.20}$$

Equação 1

Fonte: Anexo da Portaria nº. 004/2011

A exemplo do módulo fotovoltaico, atendendo a Resolução CONMETRO nº. 05/2008, o INMETRO autoriza, desde que haja a existência do Atestado de Conformidade, a utilização do selo de identificação em determinado campo obrigatório antes da comercialização do objeto.

Utiliza-se, o módulo fotovoltaico, como exemplo de registro, não detalhando nesse estudo os outros equipamentos devido a complexidade de detalhamento que não caberia no momento como os procedimentos para registro do controlador de carga e descarga de baterias, o inversor para sistemas autônomos com potência entre 5 W e 10 Kw, inversor para sistemas conectados à rede com potência nominal de até 10KW, bateria, entre outros. Demonstra-se adiante Modelo de ENCe para o Módulo Fotovoltaico (Figuras 02 e 03):

Energia (Elétrica)		MÓDULO FOTOVOLTAICO	
Fornecedor	ABCDEF		← I
Marca	XYZ (Logo)		← II
Versão	IPQR		← III
Modelo	XPQOPT		← IV
Mais eficiente 			
Menos eficiente			
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (%)		XY,Z	
Área Externa do Módulo (m2)		0,00	
Produção Média Mensal de Energia (kWh/mês)		00,0	
<small>Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica - Portaria Inmetro nº 004/2011</small> <small>Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho</small>			
PROCEL		INMETRO	
IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR			

FIGURA 02 - Modelos da ENCe para os módulos, controladores de carga, inversores e baterias.
Fonte: Anexo a Portaria nº. 001/2011

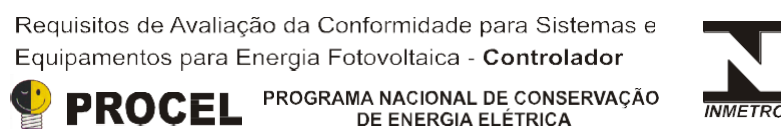


FIGURA 03 - Modelo da ENCe para módulo. **Fonte:** Anexo a Portaria nº. 001/2011

Quando o produto a exemplo do Módulo fotovoltaico cumprir todos os requisitos exigidos recebe esse selo PROCEL, em razão que o produto tem o desempenho aprovado pelo INMETRO, estando em conformidade com as normas do Programa Brasileiro de Etiquetagem.

8 NORMATIVAS PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO EM RESIDÊNCIAS

No Estado do Paraná a Companhia Paranaense de Eletricidade – COPEL, é responsável pela gestão da energia elétrica no território paranaense e devido ao

crescimento exponencial do uso da energia elétrica de fonte solar, captada com o sistema fotovoltaico, esta adequou-se as normas da ANEEL para atender o usuário dessa notória demanda.

Nesse tópico será tratado sobre as normativas para implantação do sistema fotovoltaico as normas da ANEEL e COPEL para avaliação prévia, quanto à possibilidade de instalação e aprovação do projeto e a normativa ambiental cabível seja a nível estadual e federal vigente.

8.1 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO ELÉTRICA PRODUZIDA EM MICRO E MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA POR CONSUMIDORES - COPEL

No Paraná a COPEL - Companhia de energia elétrica tratou de regulamentar com a Normativa COPEL – NTC 905200 o acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema COPEL, com compensação de energia, essa emitida em 2014 e atualizada em 04 de outubro de 2018, em vigor (COPEL, 2014).

Em síntese, a norma NTC 905200 trata de padronizar as exigências, objetivando criar procedimentos iguais para serem adotados, respeitando as normas técnicas, bem como, as normas de segurança orientadas atendendo as exigências nos Procedimentos de Distribuição - PRODIST e resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Essa normativa técnica busca fornecer e exigir requisitos para que o consumidor que gera energia elétrica conecte a sua fonte geradora a rede elétrica e optando pelo sistema de compensação do excedente de energia produzida sejam com a produção em micro e ou mini gerador, atendendo as normas da ANEEL, afetas a esse tema em vigência (COPEL, 2014)

A NTC 905200 atende a Normativa da ANEEL n.º 482/2012, em relação ao acesso de micro geração e mini geração distribuída para a distribuição de energia pela rede administrada pela COPEL. O produtor de energia ao fazer a adesão ao sistema de compensação, possui o limite de geração até 5 MW com a cogeração qualificada, entre outras fontes renováveis não pode ser aceito geradores de energia que já possuem de forma comercial sua geração (COPEL, 2014).

De forma geral na NTC 905200 pode haver alterações e atualizações no momento do requerimento e o usuário deverá adequar-se as exigências em vigor no momento do protocolo da documentação para efetivar o acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da COPEL. Essa normativa prevê ainda que deve haver o consentimento da COPEL para a conexão com a rede e caso seja efetuado sem prévia aprovação, poderá

gerar risco aos instaladores, problemas com o funcionamento do sistema elétrico, entre outros (COPEL, 2014).

A NTC 905200 salienta que não poderá haver conexão provisória entre as fontes geradoras e a rede de energia. Quando o requerente faz o pedido de acesso à rede como unidade consumidora, deve atender a NTC 901100 (fornecimento em tensão secundária de distribuição) ou a NTC 903100 (fornecimento em tensão primária de distribuição).

Em relação à potência disponibilizada, em unidade consumidora nova, a potência para dispor deve ser igual ou superior a produzida pela central geradora. Quando já existente a unidade geradora, deve ser feito esse ajuste atendendo os prazos e as responsabilidades legais.

Atendendo as regras do sistema de compensação de energia, a companhia se exime de cobrar taxas pela injeção de energia na rede, não remunera o produtor de energia, desde que seja proveniente de micro e minigeração de energia e de potência no sistema de distribuição. Ressalvando, quando houver prejuízo para a COPEL, devido à diminuição de qualidade, ocorrência de irregularidades em procedimentos, problemas técnicos ou de segurança das instalações, pode ser interrompido o acesso a rede, em conformidade à Resolução ANEEL n.º 414/2010, Artigo 170.

8.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL E NORMATIVAS APLICÁVEIS NO ESTADO DO PARANÁ

O Estado do Paraná, através de seus órgãos ambientais, SEDEST e Instituto de Água e Terra - IAT adotaram entre outras normativas a Portaria IAP n.º. 19 de 2017 que trata dos procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos geradores de energia elétrica com fonte solar no seu território. Essa Portaria detalha os sistemas que utilizam para a produção de energia, como exemplo o sistema heliotérmico e a fotovoltaica.

A Portaria IAP n.º. 19/2017 em vigor possui fundamentação legal conforme Resolução CONAMA n.º. 01/2001 e 279/2001, Resolução CEMA n.º. 065/2008, especialmente do seu artigo 1º inciso IV, Resolução ANEEL n.º. 482 de 2015, Resolução SEMA n.º. 51/2009 e que os empreendimentos com fonte de energia solar possuem baixo potencial poluidor, bem como são muito importantes como uma das matrizes energética mais limpa.

GERAÇÃO	Potência, licenciamento e Tipo de Estudo
Heliotérmico a irradiação é convertida primeiro em energia térmica e depois em elétrica;	Abaixo de 1 MW – Dispensa de Licenciamento Ambiental/Inexigibilidade de Licenciamento Ambiental (Dispensado)
Fotovoltaica a irradiação solar é convertida diretamente em energia elétrica	<i>De 1 MW a 5 MW – Autorização Ambiental ou Dispensa de Licenciamento Ambiental Memorial descritivo.</i>
Microgeração distribuída: centrais geradoras de energia elétrica, de qualquer potência, com instalações conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada e despachada ou não pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – NOS	DE 5 MW a 10 MW LP, LI e LO, RAS De 1 MW a 5 MW – Autorização Ambiental ou Dispensa de Licenciamento Ambiental Memorial descritivo <i>Abaixo de 1 MW – Dispensa de Licenciamento Ambiental/Inexigibilidade de Licenciamento Ambiental (Dispensado)</i>
Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica com potência instalada superior a 75 KW (setenta e cinco quilowatts) e menor ou igual a 3 MW (três megawatts) para fontes hídricas ou menor igual a 5 MW (cinco megawatts) para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL .	De 1 MW a 5 MW – Autorização Ambiental ou Dispensa de Licenciamento Ambiental Memorial descritivo <i>Abaixo de 1 MW – Dispensa de Licenciamento Ambiental/Inexigibilidade de Licenciamento Ambiental (Dispensado)</i>
Usina: acima de 5 MW (cinco megawatts)	Acima de 10 MW – LP, LI e LO EIA/RIMA DE 5 MW a 10 MW – LP, LI e LO, RAS

TABELA 04: Geração, Distribuída, Potência e modalidade de licenciamento.

Fonte: Portaria nº. 19/2017 - IAP/SEMA/PARANÁ

A Tabela 04 foi elaborada para facilitar a compreensão do licenciamento dos empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte solar no Paraná. A Portaria trata do licenciamento dos empreendimentos que produzem energia elétrica seja no sistema heliotérmico e ou fotovoltaica a partir da energia solar. O Estado do Paraná com essa Portaria normatizou os procedimentos administrativos para o devido

licenciamento ambiental. Observa-se que quando houver micro e ou minigeração de energia os empreendimentos ficam dispensados do licenciamento, e ou necessitam no máximo uma Autorização Ambiental, não havendo a necessidade de cumprir as três fases de licenciamento, como a licença prévia, licença de instalação e licença de operação. Cabe, no entanto, ao órgão ambiental o devido enquadramento quanto ao impacto ambiental do empreendimento, levando em consideração a localização, porte, o baixo potencial poluidor que possa ocorrer, bem como a energia instalada. A Portaria exige como medida de qualidade e segurança os equipamentos para geração que sejam aprovados pelo Inmetro e preferencialmente possuam o SELO PROCEL (IAP, 2017).

Destaca-se na Portaria que os empreendimentos geradores de energia em indústrias, comércios entre outros, bem como nas unidades domiciliares até 1 MW e conectado à rede da COPEL serão inexigíveis o licenciamento ambiental, ficando dispensados. Nesse caso poderá receber do órgão uma DLAE – Dispensa de Licenciamento Ambiental. E caso seja necessário o licenciamento e for constatado o funcionamento do empreendimento poderá ser autuada em conformidade a legislação ambiental, por falta de licenciamento, aplicando-se autuações conforme previsto no Decreto Federal nº. 6.514/2008. Os procedimentos ambientais, quando necessários, a princípio, conforme a portaria é simplificada por ser considerado de baixo impacto ambiental. (IAP, 2017). Em casos excepcionais, Usina acima de 5 MW (cinco megawatts) é que serão exigidos procedimentos mais complexos, como a obrigatoriedade da licença prévia, instalação e operação e outras medidas necessárias, quando o órgão entender, como o Relatório Ambiental Simplificado e para as Usinas acima de 10 MW as licenças prévias, instalação e operação, bem como o EIA/RIMA (IAP, 2017).

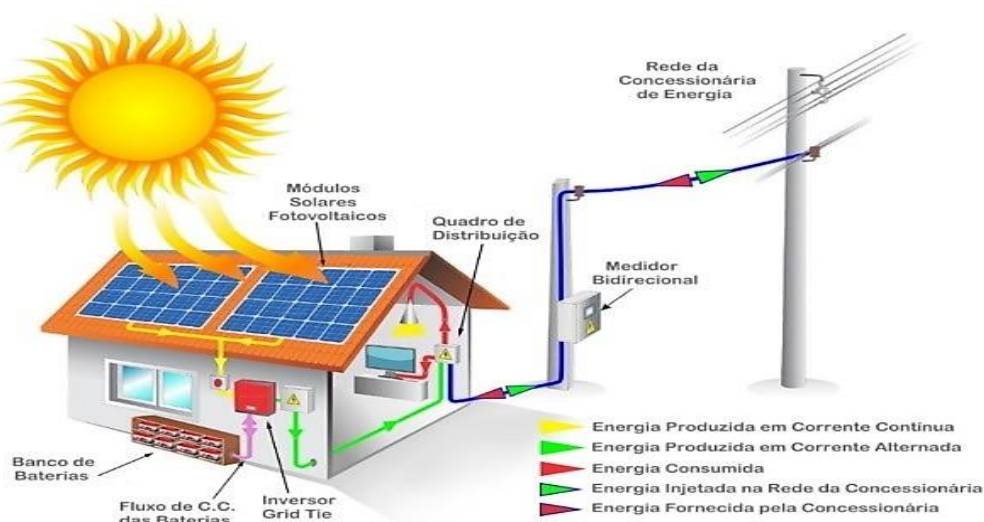
O usuário ambiental no Paraná, interessado em instalar o sistema fotovoltaico deve seguir esses passos para o licenciamento ambiental, exemplificando assim:

POTÊNCIA	LICENCIAMENTO	TIPO DE ESTUDO
Acima de 10 MW	LP, LI e LO	EIA/RIMA
De 5 MW a 10 MW	LP, LI e LO	RAS
De 1 MW a 5 MW	Autorização Ambiental ou Dispensa de Licenciamento Ambiental	Memorial descritivo

TABELA 05 – Portaria IAP Nº 19/2017 sobre a necessidade de licenciamento ambiental.**Fonte:** Portaria IAP nº. 19/2017

A Tabela 05 deverá ser utilizada de acordo com os seguintes casos hipotéticos:

Caso 1: Residências, condomínios, consumidores industriais, empresas entre outros até 1 MW de potência fica dispensado de licenciamento ambiental. Este não será exigido. Observa-se que nesse caso, se o interessado necessitar de um documento do IAT, seja para fins de financiamento, Copel e outros fins, poderá encaminhar a documentação e o órgão ambiental emitirá um documento chamado DLAE – Dispensa de licenciamento Ambiental Estadual.

**FIGURA 04** – Sistema de produção de energia em residência. **Fonte:** BIGSUN, 2020.

Caso 2: Residências, condomínios, consumidores que produzem ou produzirão de 1 MW a 5 MW encaminhar ao IAT requerimento de Autorização Ambiental ou Dispensa de Licenciamento Ambiental, com a documentação do imóvel do proprietário e o memorial descritivo do sistema fotovoltaico.

Caso 3: Empreendimentos que produzem ou produzirão energia elétrica no sistema fotovoltaico de 5 MW até 10 MW deverão providenciar os requerimentos de Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação, bem como apresentar um Relatório Ambiental Simplificado.

Caso 4: Os empreendimentos que produzirem energia no sistema fotovoltaico acima de 10 MW deverão providenciar os requerimentos de Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação, bem como apresentar um o EIA/RIMA.

8.3 METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

GONÇALVES, *et al.*, (2017) esclarece que o payback é um sistema que indica qual o tempo que leva para o investidor ser ressarcido de seu investimento, avaliado em anos. Existem duas modalidades de payback conhecidos e utilizados para o cálculo da viabilidade econômica dos sistemas fotovoltaicos. O primeiro é o payback simples o qual é obtido levando-se em consideração o custo anual de energia economizada e o tempo de recuperação do investimento. No entanto, o cálculo não leva em consideração os valores economizados ao longo do tempo. O segundo, é o payback descontado que calcula o prazo de retorno do capital investido levando em consideração os valores obtidos durante o tempo de utilização do sistema em anos. Nesse caso é adotado o índice de variação econômica, a exemplo a taxa CELIC para obter o valor econômico em relação a variação monetária durante os anos analisados.

FIALHO, *et al.*, (2017) relaciona os fluxos de caixas futuros, descontados a taxa de juros e o valor do investimento inicial do projeto, através da VPL, (Equação 2):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right) - FC_0 \quad 2$$

Em que:

n = vida útil do projeto (anos)

FC = fluxo de caixa em cada período (R\$)

i = taxa de juros (%)

FC0 = valor inicial do investimento (R\$)

Ainda, segundo FIALHO, *et al.*, (2017), para a verificação da viabilidade econômica dos projetos fotovoltaicos pode-se utilizar a fórmula do tempo de investimento e retorno – TIR, onde deve-se verificar se a taxa de rentabilidade do projeto foi maior que a taxa de juros praticada, denotando-se dessa forma a viabilidade do projeto, (Equação 03).

$$\sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \right) - FC_0 = 0 \quad 3$$

Para o cálculo do *payback* simples, utiliza-se a equação 4.

$$Payback \text{ Simples} = \frac{FC_0}{FC} \quad 4$$

Para o cálculo do *payback descontado*, utiliza-se a equação 5.

$$\sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right) \geq -FC_0 \quad 5$$

CAMARGO, *et al.*, (2017), relaciona o benefício-custo (RBC) como uma relação entre o benefício ou receita e o fluxo de caixa de entrada e os custos ou despesas e os fluxos de caixa da saída. Se a relação for maior que 1, significa que o projeto é viável para a execução. A Equação 6, representa a RCB:

$$\sum_{t=0}^n \frac{\frac{FC_b}{(1+i)^n}}{\frac{FC_c}{(1+i)^n}} \quad 6$$

Onde:

FC_b - fluxo de caixa dos benefícios (R\$)

FC_c - fluxo de caixa dos custos (R\$)

i - taxa de juros (%)

n - vida útil do projeto

Considerando que a operação e manutenção da energia solar fotovoltaica possui um custo desprezível, em razão de não necessitar de combustível para operar e nem ter peças móveis para sofrer manutenção complexa, seu investimento de instalação é diluído por toda a sua vida útil.

9 PRINCIPAIS ATIVIDADES COM USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO ESTADO DO PARANÁ

9.1 ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS

Em publicação realizada pelo SENAR PR/FAEP (2021), destacam-se algumas atividades agropecuárias no meio rural, no Estado do Paraná, como a avicultura, bovinocultura de leite, piscicultura, que se beneficiam com o uso da energia solar fotovoltaica. Nas Tabelas 06, 07 e 08, elencamos alguns desses empreendimentos:

Nome	Município	Atividade	Data da implantação	Número de Painéis	Geração KW/ano	Payback
Diener Santana	Cianorte	Avicultura	2020	280	144.000	7 anos
João Neto	Tomazina	Bovinocultura	2019	90	27.000	4 anos
Lucas Sirotti	Rancho Alegre	Piscicultura	2020	1062	550.000	7 anos

TABELA 06: Atividades agropecuárias implantadas no meio rural no Estado do Paraná.
Fonte: SENAR/FAEP (2021).

9.2 ATIVIDADES COMERCIAIS/INDUSTRIAIS

Nome	Município	Atividade	Data da implantação	Número de Painéis	Geração KW/ano	Payback
UG 1	Santa Tereza	Comercial	2019	48	23.754	4 anos
UG 2	Cascavel	Agroindustrial	2019	100	43.537	4 anos

TABELA 07: Atividade comercial e agroindustrial. **Fonte:** Almeida (2020).

9.3 ORGANIZAÇÕES PÚBLICAS/PRIVADAS

Nome	Município	Atividade	Data da implantação	Número de Painéis	Geração KW/ano	Payback
CTA	- Assis	Ensino	2021	304	160.000	7 anos
SENAR	Chateaubriand					

TABELA 08: Organizações públicas/privadas no Estado do Paraná.

Fonte: SENAR/FAEP (2021).

No Estado do Paraná, nos últimos anos foram instalados diversas plantas fotovoltaicas em diferentes atividades, a exemplo citadas nas Tabelas 06, 07 e 08. DE OLIVEIRA (2021), considera que o comissionamento das plantas estão vinculados diretamente à produção de energia necessária para atender a demanda dos empreendimentos e à obtenção de índices satisfatórios quanto a viabilidade econômica.

9.4 TIPOS DE CONSUMIDORES

Com base na resolução normativa Nº 418 de 23 de dezembro de 2010, a ANEEL classificou as unidades consumidoras em dois subgrupos, da seguinte forma:

Grupo A:

Unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômica e subdividido nos seguintes subgrupos:

- subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV; e
- subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

Grupo B:

Consumidores com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV. A tarifa aplicada a este grupo é a monômnia.

B-1 - Residencial;

B-1- Residencial Baixa Renda;

B-2 - Rural;

B-2 - Cooperativa de utilização rural;

B-2 - Serviço público de irrigação;

B-3 - Demais classes;

B-4 - Iluminação Pública

9.5 SISTEMA DE TARIFICAÇÃO

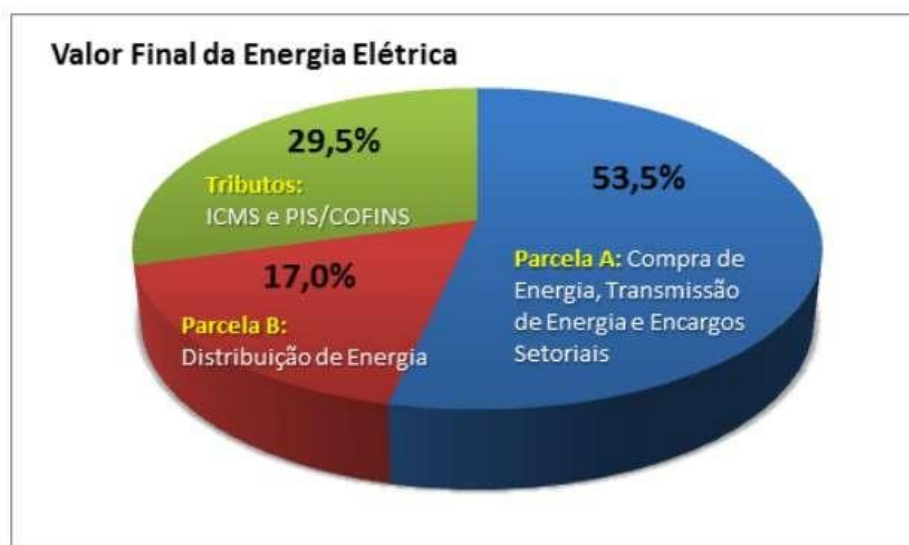


Figura 05: Composição do valor final da energia elétrica.
Fonte: ANEEL, 2020

O sistema tarifaria consiste basicamente na cobrança da energia gerada, do transporte de energia até as unidades consumidoras (transmissão e distribuição) e dos encargos setoriais (Figura 05). Desta forma, o valor final da energia elétrica é composto por: compra de energia, transmissão de energia e encargos setoriais, distribuição da energia e por tributos como o ICMS e PIS/COFINS.

A parcela A do gráfico acima compõe o custo da aquisição de energia, custo com transporte de energia e encargos setoriais, enquanto que a parcela B corresponde aos custos operacionais, cota de depreciação, remuneração do investimento e outras receitas.

9.6 CLASSIFICAÇÃO TARIFÁRIA

A resolução normativa Nº 418 de 23 de dezembro de 2010, da ANEEL apresenta ainda a classificação tarifária que é adotada pela COPEL em suas normativas e aplicadas nas respectivas contas de energia elétrica ao consumidor, classificadas da seguinte forma:

Tarifa Horária Verde

Destinada aos consumidores com baixo fator de carga no horário de ponta, com capacidade limitada de modulação neste mesmo horário. Composta de: Demanda única, independente de posto horário; Consumo na ponta; Consumo fora da ponta.

A tarifa Azul

A tarifa Azul é composta por tarifas diferenciadas, de acordo com as horas de utilização do dia. Composta de: Demanda na ponta; Demanda fora da ponta; Consumo na ponta; Consumo fora da ponta.

Tarifa Horária Branca

Destinada os consumidores atendidos em baixa tensão (127V, 220V, 380V ou 440V), exceto as unidades consumidoras da subclasse baixa renda da classe residencial, do tipo iluminação pública ou as unidades consumidoras que façam uso do sistema de pré-pagamento. A tarifa BRANCA é composta por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia: Consumo na ponta; Consumo intermediário; Consumo fora da ponta.

Tarifas de Energia – TE

Tarifas referentes aos contratos de compra de energia celebrados entre

consumidores do Grupo “A” e concessionária ou permissionária de serviço público de distribuição e à parcela correspondente a energia elétrica da tarifa de fornecimento dos consumidores do Grupo “B”. Contratos de compra de energia; Custos da geração própria; Perdas técnicas.

TUSD – Fio B

Corresponde ao custo do serviço prestado pela própria distribuidora, formado pelo valor dos seguintes itens: Remuneração dos ativos de distribuição de energia elétrica, calculados na revisão tarifária periódica; Quota de reintegração dos ativos em decorrência da depreciação e Custo operacional estabelecido na revisão tarifária periódica.

TUSD – Fio A

Corresponde ao custo do uso das redes de transmissão: Custo relativo ao pagamento da TUST rede básica; Custo relativo ao pagamento da TUST fronteira; Custo com conexão às instalações da Rede Básica; Custo com uso da rede de distribuição de outras concessionárias e Perdas elétricas na Rede Básica (técnicas e não técnicas).

TUSD – Encargos

Corresponde ao custo dos encargos vinculados ao serviço de distribuição: Conta de Desenvolvimento Energético – CDE; Encargos do Serviço do Sistema – ESS; Programa de incentivo às Fontes Alternativas – PROINFA; Taxa de fiscalização dos Serviços de energia elétrica – TFSEE; Pesquisa e Desenvolvimento – P & D e Eficiência Energética; Contribuição para o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS.

10 MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se o estudo de um sistema de geração de energia fotovoltaica instalado em uma residência na cidade de Toledo – PR., e também em um órgão público municipal localizado em Maripá – PR., com a finalidade de apresentar sua viabilidade econômica, estimativa do tempo para o payback, bem como, o impacto ambiental através de sua utilização.

10.1 MATERIAIS E MÉTODOS PARA O ESTUDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO NA RESIDÊNCIA

Selecionou-se para o estudo na residência, um sistema de geração de energia solar fotovoltaico na cidade de Toledo – PR., situada a 550 metros de altitude e tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 24° 43' 12" Sul, Longitude: 53° 44' 36" a oeste do meridiano de Greenwich, com uma irradiação solar diária entre 6,3 e 3,0 kWh.

O sistema estudado encontra-se implantado na Rua Ângelo Giachini N° 173, Jardim La Salle (Figura 05), instalado na data de 15 de junho de 2016, com potência total de 5,69 kw_p, fixado no telhado da residência, um conjunto de 17 placas fotovoltaicas de 335 w cada.



FIGURA 05 - Sistema Fotovoltaico instalado em residência no município de Toledo/PR.

Para o estudo do sistema solar fotovoltaico instalado e em funcionamento na residência, utilizou-se como materiais o projeto técnico elaborado previamente pela empresa revendedora do sistema fotovoltaico da residência, contas de luz de períodos anteriores e posteriores à instalação do sistema fotovoltaico e planilhas de acompanhamento do payback. Utilizou-se também, pesquisa de campo para

conhecimento das instalações, mecanismos de funcionamento do sistema fotovoltaico e pesquisa bibliográfica de artigos científicos, manuais e legislações.

10.2 MATERIAIS E MÉTODOS PARA O ESTUDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO NA PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIPÁ - PR

O município de Maripá localizado na região Oeste do Estado do Paraná instalou um sistema de micro geração de energia solar para reduzir as despesas mensais na conta de energia elétrica da Prefeitura Municipal. Os recursos utilizados pela instalação são originários de um prêmio estadual de incentivo a ações sociais, com recursos da Itaipu Binacional, o qual o município foi vencedor e o montante de R\$ 200 mil reais, investido totalmente no sistema de produção de energia solar para atender a demanda da Prefeitura (WESLY, 2021).



FIGURA 07 - Sistema Fotovoltaico instalado no Paço Municipal de Maripá/PR.

A Figura 07 demonstra as placas solares do sistema fotovoltaico instalado, servindo para dupla finalidade, a geração de energia solar e garagem de veículos dos servidores e usuários da Prefeitura Municipal de Maripá.

Para a captação das informações específicas do sistema instalado na Prefeitura de Maripá – PR., se utilizou de pesquisas bibliográficas e pesquisas à campo. Na pesquisa bibliográfica foram utilizados sites de buscas do Google acadêmico para buscar trabalhos científicos, como teses de mestrados e doutorados que tratam do tema objeto desse estudo.

Na pesquisa à campo, se utilizou de veículo automotor, computador, impressora, como também, materiais físicos, bem como, de contato com servidores da Prefeitura de Maripá para obter os dados técnicos das instalações do sistema fotovoltaico.

Na Prefeitura Municipal de Maripá – PR., foram coletados dados anteriores à instalação, como contas de luz e demais informações sobre o custo do sistema fotovoltaico implantado, como também faturas de luz, do período posterior à implantação. Essas informações, tais como faturas de luz, projeto de custos, planilhas, fotografias, projeto arquitetônico, foram utilizados para relatar os procedimentos e tramitação que a municipalidade realizou para o planejamento, execução e operação dos equipamentos instalados, conhecido como Projeto Piloto.

O Projeto Piloto de Geração de Energia Fotovoltaica com Estrutura para Estacionamento contempla: sistema fotovoltaico sob o estacionamento injetando energia na rede da concessionária, estacionamento construído, acesso à rede elétrica, sistema fotovoltaico instalado e sistema fotovoltaico homologado pela concessionária.

11 DISCUSSÃO E RESULTADOS

11.1 DISCUSSÃO E RESULTADOS DO ESTUDO NA RESIDÊNCIA

Aborda-se a seguir a discussão e os resultados do sistema fotovoltaico instalado na residência, contemplando a composição dos equipamentos utilizados, potência, geração elétrica, viabilidade econômica e o *payback*.

A Tabela 09 é um demonstrativo da composição dos equipamentos e respectivos custos do sistema fotovoltaico implantado na residência na data de junho de 2016. O sistema fotovoltaico implantado possui uma potência total de 5,69 kwp.

Gerador de 3,35 kwp cerâmico	pç	1	15.087,00
Painel solar policristalino de 335 w	pç	17	9.739,00
Inversor de 3 kw mono 220 v	pç	1	6.756,00
Cabo 6 mm solar preto	m	25	625,00
Cabo 6 mm solar vermelho	m	25	732,00

Conetor MC4	par	1	220,00
String box CC de 1 saída	pç	1	518,00
Estrutura fixação telhado cerâmico	pç	1	4.323,00
Total em reais			R\$ 38.000,00

TABELA 09 – Composição do sistema fotovoltaico com potência total de 5,60 kw.

O sistema fotovoltaico na época teve um custo total de R\$ 38.000,00 incluindo sua instalação (mão de obra e equipamentos) conforme disposto na Tabela 09.

A Ferramenta Interativa Web do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná permite a visualização e o conhecimento das médias de irradiação e do potencial fotovoltaico de todo o estado, por mesorregião e por município (TIEPOLO, *et. al.*, 2017). Com base nessa ferramenta, buscou-se através do método analítico, o estudo dos dados do projeto técnico da residência em relação aos dados da irradiação incidentes sobre o município de Toledo – PR., para o ano de 2020 (Tabela 10).

Fonte de Dados de Irradiação	Atlas PR	Município	Toledo	Irradiação Média	4768 ^w h/m²	Ano: 2020	Número dias/ano: 366					
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Irrad	6292	5678	5193	4254	3329	2942	3182	4185	4384	5220	6064	6494
Dias	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

TABELA 10 – Dados sobre a irradiação mensal no município de Toledo – PR., no ano de 2020.
Fonte: Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná, 2021.

A Tabela 10 apresenta a capacidade de irradiação mensal que incidiu sobre a residência, com base técnica informado no Atlas Irradiação do Paraná, no ano de 2020, sendo tal informação utilizada para a determinação do dimensionamento da necessidade de geração pretendida.

Ângulo	20°
Azimute	Norte
Potência do módulo (Wp)	335
Superfície de instalação	telhado
Performance ratio	70,00%
Geração anual / Módulo (kWh)	473
Geração mensal / Módulo (kWh)	39
Quantidade de módulos	17
Potência Total (kWp)	4,69

TABELA 11 – Dados do projeto da base de geração solar fotovoltaica da residência.

Referenciado pela Tabela 10 de dados da irradiação solar do município de Toledo, calculou-se através de planilhas, a quantidade de placas necessárias e a potência Total em whp, conforme informações dispostas na Tabela 11. Assim, o cálculo prévio da implantação em 2016 pela empresa de revenda de sistemas fotovoltaicos em comparação com a irradiação solar no município de Toledo no ano de 2020, obteve-se como resultado o mesmo número de módulos fotovoltaicos para atender a potência instalada de 4,69 kwp.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
G*	730	620	850	840	820	420	550	650	670	615	692	766
Gm*	53,0	43,2	43,7	34,7	28,0	23,7	26,8	35,2	35,7	43,9	49,4	54,7

TABELA 12 – Dados sobre a geração mensal de energia e quantidade de energia gerada por módulo, mensal, que incidiu sobre a residência, durante o ano de 2020.

G* = Geração mensal; Gm* = Geração por módulo.

Fonte: Autor, Planilha de cálculos excel, 2021.

A Tabela 12 apresenta os dados obtidos sobre a geração mensal de energia e a quantidade de energia gerada por cada módulo durante no ano de 2020, na residência em estudo. Constata-se que geração média mensal está de acordo com a expectativa de produção necessária para atender a demanda da residência.

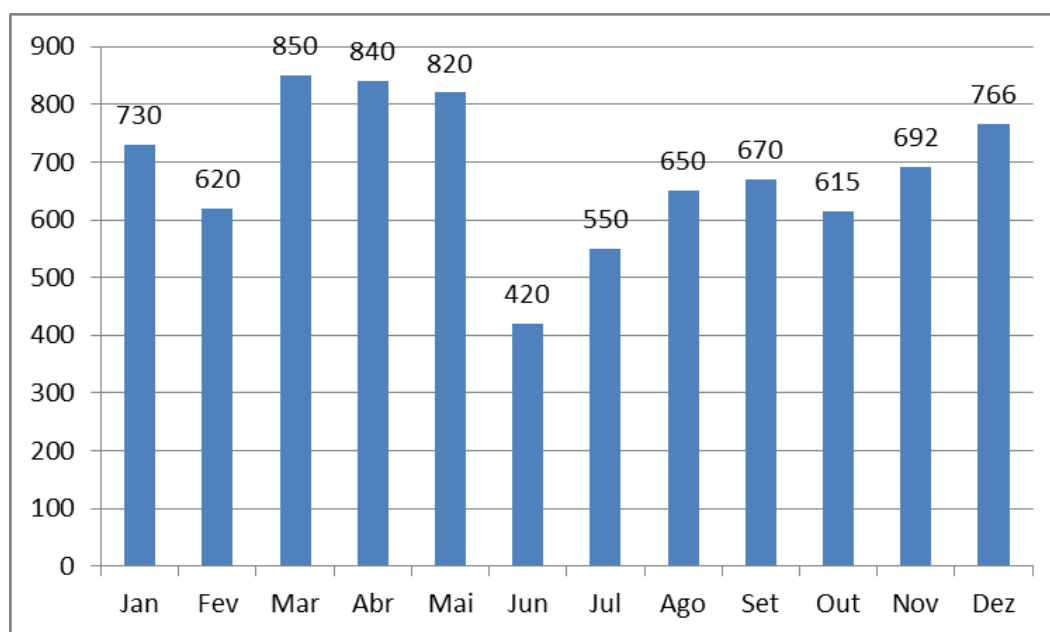


FIGURA 08 – Dados sobre a geração de energia em kwh mensal na residência durante o ano de 2020.

Na figura 08 é possível visualizar a geração de energia fotovoltaica, produzidas em kWh, no ano de 2020 no sistema fotovoltaico da residência. Destaca-se o mês de março como de maior produção e os meses de junho e julho com o menor desempenho na geração de energia em kWh.

A Tabela 13 detalha o consumo de energia em kwh da residência no período compreendido entre junho de 2014 à maio de 2016, com os respectivos valores reais mensais pagos, período este, anterior a instalação do sistema fotovoltaico.

Mês	Kwh	Valor R\$
jun/14	626	279,83
jul/14	601	269,94
ago/14	637	379,60
set/14	601	326,70
out/14	649	350,25
nov/14	828	438,09
dez/14	662	356,65
jan/15	878	478,76
fev/15	791	461,46
mar/15	717	485,69
abr/15	676	538,51
mai/15	643	513,87
jun/15	556	442,01
jul/15	659	567,02
ago/15	483	430,84
set/15	533	465,29
out/15	497	431,44
nov/15	576	502,32
dez/15	660	581,15
jan/16	663	600,29
fev/16	613	555,42
mar/16	671	586,73
abr/16	776	653,66
mai/16	755	622,67
Média de Consumo	656	471,59

TABELA 13 – Histórico de consumo do período de 24 meses na residência. Anterior à instalação do sistema fotovoltaico.

Observa-se que a média mensal de gasto em kwh foi de 656 kwh no período de 24 meses anterior à implantação do sistema fotovoltaico. Em valores reais a média paga no período foi de R\$ 471,59.

A Tabela 14 detalha o consumo de energia em kwh da residência, no período compreendido entre julho de 2016 à agosto de 2020, com os respectivos valores reais mensais pagos, período este, posterior a instalação do sistema fotovoltaico.

DADOS DA FATURA DE ENERGIA EM kWh					
	Consumo	Valor R\$		Consumo	Valor R\$
Julho/2016	566	294,64	Agosto/2018	525	124,82
Agosto/2016	502	192,26	Setembro/2018	514	169,02
Setembro/2016	587	209,78	Outubro/2018	499	170,18
Outubro/2016	441	176,86	Novembro/2018	448	164,82
Novembro/2016	487	166,47	Dezembro/2018	587	201,92
Dezembro/2016	434	157,60	Janeiro/2019	668	325,92
Janeiro/2017	497	166,18	Fevereiro/2019	640	327,27
Fevereiro/2017	460	159,81	Março/2019	481	203,08
Março/2017	652	201,30	Abril/2019	459	205,43
Abril/2017	449	160,78	Maio/2019	527	248,45
Maio/2017	482	164,52	Junho/2019	474	205,98
Junho/2017	604	197,24	Julho/2019	467	209,46
Julho/2017	581	189,51	Agosto/2019	476	179,47
Agosto/2017	587	198,96	Setembro/2019	465	169,81
Setembro/2017	465	176,16	Outubro/2019	559	247,15
Outubro/2017	408	165,53	Novembro/2019	552	268,48
Novembro/2017	390	165,94	Dezembro/2019	568	218,67
Dezembro/2017	489	185,43	Janeiro/2020	612	263,04
Janeiro/2018	849	251,47	Fevereiro/2020	555	225,34
Fevereiro/2018	125	98,89	Março/2020	525	171,91
Março/2018	545	188,42	Abril/2020	592	178,42
Abril/2018	503	180,88	Maio/2020	386	157,63
Maio/2018	495	180,75	Junho/2020	415	160,27
Junho/2018	546	197,43	Julho/2020	424	160,73
Julho/2018	505	121,67	Agosto/2020	391	155,28
CONSUMO TOTAL (kWh):				25.458	
MÉDIA CONSUMO (kWh):				509	
CUSTO MÉDIO MENSAL (R\$):				193,22	

TABELA 14 – Dados das faturas de energia em kwh no período posterior à implantação do sistema fotovoltaico, período de julho/2016 à agosto/2020 na residência.

Fonte: Proprietário da residência, 2021.

Observa-se (Tabela 14) que a média mensal de gasto em kwh no período de julho/2016 a agosto/2020, foi de 509 kwh e em valores reais a média paga no período foi de R\$ 193,22.

Comparando as Tabelas 13 e 14 verificou-se que em valores reais a média paga no período anterior à implantação do sistema fotovoltaico era de R\$ 471,59 enquanto que, depois da implantação, o custo reduziu para R\$ 193,22. Verifica-se também, que o consumo médio em kwh, respectivamente, de 656 kwh reduziu para 509 kwh.

O sistema fotovoltaico implantado na residência possui uma capacidade média de produção de energia mensal de 685,25 kwh perfazendo uma produção anual de 8223 kwh (Figura 8).

Mês	Consumo medido	Valor pago	Produção compensada	Valor compensado	Produção acumulada gerador
jul/16	566	294,64	295	131,29	450
ago/16	502	192,26	402	169,42	1140
set/16	587	209,78	487	205,25	1800
out/16	441	176,86	341	143,72	2600
nov/16	487	166,47	387	165,72	3450
dez/16	434	157,60	334	143,53	4120
jan/17	497	166,18	397	167,31	4880
fev/17	460	159,81	360	151,72	5650
mar/17	652	201,30	552	237,47	6260
abr/17	449	160,78	349	147,50	6970
mai/17	482	164,52	382	158,93	7510
jun/17	604	197,24	504	218,98	7930
jul/17	581	189,51	481	211,76	8550
ago/17	587	198,96	487	226,40	9220
set/17	465	176,16	365	170,16	9910
out/17	408	165,53	308	143,85	10590
nov/17	390	165,94	290	139,72	11270
dez/17	489	185,43	389	187,44	11950
jan/18	849	251,47	749	343,45	12630
fev/18	125	98,89	25	11,01	13310
mar/18	545	188,42	445	196,04	13990
abr/18	503	180,88	403	177,53	14660
mai/18	495	180,75	395	175,73	15280
jun/18	546	197,43	446	208,66	15910
jul/18	505	121,67	405	216,74	16460
ago/18	525	124,82	425	236,92	17160
set/18	514	169,02	414	230,77	17750
out/18	499	170,18	399	222,43	18320
nov/18	448	164,82	348	187,76	19050
dez/18	587	201,92	448	229,87	19800
jan/19	668	325,92	371	188,28	20450
fev/19	640	327,27	334	169,5	21160
mar/19	481	203,08	321	162,9	21790
abr/19	459	205,43	292	148,19	22390
mai/19	527	248,45	309	158,07	22950
jun/19	474	205,98	310	159,18	23500
jul/19	467	209,46	301	156,48	24070
ago/19	476	179,47	361	195,92	24710
set/19	465	169,81	365	199	25270
out/19	559	247,15	365	199,52	26010
nov/19	552	268,48	326	177,21	26610
dez/19	568	218,67	413	226,3	27350
jan/20	612	263,04	403	214	28080
fev/20	555	225,34	386	202,89	28700
mar/20	525	171,91	425	219,98	29550
abr/20	592	178,42	492	254,66	30390
mai/20	386	157,63	286	148,02	31210

jun/20	415	160,27	315	163,04	31630
jul/20	424	160,73	324	166,68	32180
ago/20	391	155,28	291	149,21	32830
TOTAL	25458	9.661,03	19.002	9.216,11	

TABELA 15 – Dados das faturas de energia em kwh com valores de produção acumulada no período posterior à implantação do sistema fotovoltaico, período de julho/2016 à agosto/2020 na residência.

A Tabela 15 apresenta os dados de geração no período compreendido entre 15 de junho de 2016 e 12 de agosto de 2020, correspondente a 50 meses, denotando a produção total do período em 32.830 kwh. Cabe ressaltar que foi utilizado diretamente na residência, sem injeção na rede da concessionária o montante de 6.456 kwh.

A energia injetada na rede da concessionária no período foi de 26.374 kwh (energia total gerada – energia consumida diretamente na residência sem injeção na rede), ou seja, 32.830 kwh – 6.456 kwh = 26.374 kwh. O consumo total gasto na residência no período foi de 25.458 kwh, sendo compensado 19.002 kwh e a energia excedente injetada na rede da concessionária como crédito para utilização futura (próximos 5 anos) foi de 7.372 kwh.

11.1.1 Payback do Sistema fotovoltaico instalado na residência

O Payback no sistema fotovoltaico consiste de uma forma de mensurar o tempo para o retorno do investimento inicial empregado, onde esse indicador aponta a viabilidade econômica do investimento realizado. No cálculo para o sistema fotovoltaico é feito o abatimento mensal e/ou anual da economia projetando uma expectativa de liquidação do valor investido e a rentabilidade futura (BARBOSA, 2021).

ANO	Investido	Valor compensado
2016	-38.000,00	958,93
2017	-37.041,07	2.161,24
2018	-34.879,83	2.436,91
2019	-32.442,92	2.140,55
2020	-30.302,37	2.211,86
2021	-28.090,51	2.399,88
2022	-25.690,63	2.603,86
2023	-23.086,77	2.825,19
2024	-20.261,58	3.065,33
2025	-17.196,24	3.325,89
2026	-13.870,36	3.608,59
2027	-10.261,77	3.915,32
2028	-6.346,45	4.248,12

2029	-2.098,33	4.609,21
2030	2.510,88	

TABELA 16: Estimativa do Payback na residência.

Utilizando-se o valor compensado (Tabela 15), realizou-se os cálculos para a estimativa do payback (Tabela 16) onde projeta-se o tempo necessário para o retorno do investimento realizado pelo proprietário da residência, para o seu sistema fotovoltaico implantado no ano de 2016. Observa-se que o tempo para seu investimento “se pagar” levará em torno de 15 anos, ocorrendo o payback no ano de 2030.

ANO	Investido/rentabilidade	Economia
2016	-38.000,00	958,93
2017	-37.041,07	2.161,24
2018	-34.879,83	2.436,91
2019	-32.442,92	2.140,55
2020	-30.302,37	2.211,86
2021	-28.090,51	2.399,88
2022	-25.690,63	2.603,86
2023	-23.086,77	2.825,19
2024	-20.261,58	3065,33
2025	-17.196,24	3.325,89
2026	-13.870,36	3.608,59
2027	-10.261,77	3.915,32
2028	-6.346,45	4.248,12
2029	-2.098,33	4.609,21
2030	2.510,88	5.000,99
2031	7.511,87	5.426,08
2032	12937,95	5.887,29
2033	18825,24	6.387,71
2034	25.212,95	6.930,67
2035	32.143,62	7.519,78
2036	39.663,40	8.158,96
2037	47.822,35	8.852,47
2038	56.674,82	9.604,93
2039	66.279,75	10.421,35
2040	76.701,10	

TABELA 17: Planilha da Rentabilidade do sistema no período de 25 anos.

A Tabela 17 apresenta o valor investido, a economia no período e a rentabilidade. O payback para o sistema implantado no ano de 2016 na residência se dará no ano de 2030. Considerando a garantia do sistema e sua vida útil de 25 anos, a rentabilidade prevista para o ano de 2040 será em torno de R\$ 76.701,10.

Valor futuro de um capital	
Simule o valor futuro de um capital	
Número de meses	<input type="text" value="300"/>
Taxa de juros mensal	<input type="text" value="0,364000"/> %
Capital atual (depósito realizado no início do mês)	<input type="text" value="38.000,00"/>
Valor obtido ao final	<input type="text" value="113.024,38"/>

FIGURA 09 – Análise comparativa de investimento em poupança para a residência.

Fonte: Simulador banco central, calculadora cidadão, 2021.

Na Figura 09, simulou-se o valor investido na aquisição e implantação do sistema fotovoltaico no ano de 2016 na residência, através do Simulador do Banco Central, com a taxa de juros média de 0,364% ao mês, para o período de 25 anos, sendo obtido o montante de R\$ 113.024,38.

Por fim, conclui-se nesse caso específico dessa residência, que o sistema fotovoltaico implantado pagar-se-á em 14 anos e terá uma rentabilidade nos 11 anos subsequentes, de um total de R\$ 76.701,10, enquanto que, caso o proprietário da residência, tivesse optado em aplicação financeira do montante investido na data de 2016, teria uma rentabilidade no período de 25 anos de aproximadamente R\$ 113.024,38 denotando dessa forma a aplicação financeira seria mais vantajosa que a implantação do sistema fotovoltaico.

11.2 DISCUSSÃO E RESULTADOS DO ESTUDO NA PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIPÁ - PR

Detalha-se a seguir a discussão e os resultados, com o passo a passo, desde o início da implantação do sistema fotovoltaico até a operação dos equipamentos, demonstrando o processo licitatório, contratação e execução dos projetos, análise entre o payback do sistema instalado e outros índices econômicos da viabilidade econômica.

11.2.1 Do processo licitatório

No processo licitatório de instalação do sistema fotovoltaico foram selecionadas 04 (quatro) empresas (Tabela 18), as quais apresentaram os seguintes valores em seus respectivos orçamentos:

EMPRESAS	RAZÃO SOCIAL	VALOR
EMPRESA 01	DUOSOLAR ENERGIAS RENOVÁVEIS LTDA	R\$ 188.941,07
EMPRESA 02	ENGENHARIA SOFT SOLAR LTDA	R\$ 198.200,00
EMPRESA 03	BSE ENERGIAS RENOVÁVEIS	R\$ 156.627,00
EMPRESA 04	3G ENERGY BRASIL – ECO SOLUTION	R\$ 199.258,00

TABELA 18 – Relação de empresas que participaram do processo licitatório.
Fonte: Município de Maripá, 2021.

A empresa vencedora da licitação foi a DUOSOLAR ENERGIAS RENOVÁVEIS LTDA, em razão das normas do sistema licitatório, levando em conta aspectos técnicos e o preço.

O objeto foi licitado em um só processo licitatório. A ITAIPU efetuou o repasse de R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais) para o objeto. Como o valor total do processo licitatório resultou em valor superior à R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais), o município arcou com a diferença, com o limite de R\$ 40.000,00 (quarenta mil reais).

Os custos adicionais referem-se as demais obras de adequação do estacionamento como calçadas, meios fios, acesso etc.

A Tabela 19 demonstra a quantidade de itens utilizados com o preço unitário e quantidade orçada de cada item com preço unitário e total.

Item	DISCRIMINAÇÃO	PREÇO PROPOSTO			
		UNID.	QUANT.	PU C/ BDI	TOTAL PESO
	SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO 54,00 KWp EM ESTRUTURA MISTA (CONCRETO E METÁLICA) DE ESTACIONAMENTO (45,00 X 6,00 M) - PAÇO MUNICIPAL – SEDE				
1	SERVIÇOS PRELIMINARES				
	PLACA DE OBRA COM DIMENSÕES				
1.1	200X100CM EM CHAPA METÁLICA COM ADESIVO INFORMATIVO	m²	2,00	351,55	703,10
1.2	LOCAÇÃO DA OBRA, LOCAÇÃO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TABUAS CORRIDAS PONTALETADAS, COM REAPROVEITAMENTO	m	102,00	13,43	1.369,86
ITEM 1 COM BDI 25%					2.072,96 1,11%

2 INFRAESTRUTURA					
2.1	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE ESTACA, COM ATÉ 60CM DE DIÂMETRO, ATÉ 2 M DE PROFUNDIDADE	m	34,20	18,96	648,43
2.2	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L	m³	7,92	285,19	2.258,70
ITEM 2 COM BDI 25%				2.907,13	1,54%
3 SUPRAESTRUTURA E ESTRUTURA METÁLICA					
3.1	PILAR PRÉ-FABRICADO EM CONCRETO ARMADO, DIMENSÕES MÍNIMAS DE 20X25 CM, ALTURA LIVRE 240 CM, INSTALADO, EXCLUINDO ESCAVAÇÃO E FUNDAÇÃO	ud	18,00	461,36	8.304,48
3.2	ESTRUTURA METÁLICA PARA COBERTURA (270,00 m²), CONTENDO TESOURA (PERFIL U 100X40 #11), TRELIÇAS (PERFIL U 100X40 #11), TERÇAS (PERFIL U 100X40 #11), CONTRAVENTAMENTO (AÇO MECÂNICO 3/8). PINTURA DE FUNDO ANTICORROSIVO E 02 DEMÃOS DE ESMALTE SINTÉTICO	ud	1,00	18.841,50	18.841,50
ITEM 3 COM BDI 25%				27.145,98	14,36%
4 SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO 54,00 KWp (ON-GRID):					
4.1	SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO, COM POTÊNCIA INSTALADA DE NO MÍNIMO 54,00 KWp, COMPOSTO POR 135 PLACAS FOTOVOLTAICAS DE 400 W, INSTALADO EM ESTRUTURA DE ESTACIONAMENTO; INVERSOR SOLAR 50,0/70,0 KW, TRIFÁSICO 380 COM CAIXA DE JUNÇÃO - STRING BOX (QUADROS DE PROTEÇÃO CA), HOMOLOGADO PELA COPEL, COM MONITORAMENTO WI-FI; CABO SOLAR 1,8 KVCC FLEX. 6,0 MM² (VERMELHO E PRETO) CLASSE 5 NBR NM 280; CONECTORES ELÉTRICOS (MACHO E FÊMEA) 54A 4,0-6,0 MM² 1500 VCC PV-PLUG; TRANSFORMADOR REBAIXADOR 75 KVA 380/220 VCA C/ CAIXA IP-23; MONITORAMENTO P/ INVERSOR 12/36/60 KW; PROJETO E DOCUMENTAÇÃO DO SISTEMA PARA LIBERAÇÃO DA INSTALAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO DO ACESSO A REDE DA CONCESSIONÁRIA DE ENREGIA LOCAL; ATERRAMENTO ADEQUADO CONFORME NORMAS VIGENTES; SE NECESSÁRIO, DEVERÃO SER FEITAS TODAS AS ADEQUAÇÕES AO PADRÃO DE ENTRADA DE ENERGIA	ud	1,00	156.420,00	156.420,00
ITEM 4 COM BDI 25%				156.420,00	82,78%
5 SERVIÇOS FINAIS					
5.1	LIMPEZA GERAL E FINAL DA OBRA	ud	1,00	395,00	395,00
ITEM 5 COM BDI 25%				395,00	0,21%
TOTAL				188.941,07	100,00%

TABELA 19 – Composição dos custos da implantação do sistema fotovoltaico no Paço Municipal.**Fonte:** Município de Maripá, 2021.

Na Tabela 19 relata a somatória dos valores dos itens na composição total dos custos para a implantação do sistema, bem como o valor da mão de obra necessária. Resultando o total de R\$ 188.941,07 como orçamento aprovado.

11.2.2 Etapas da execução

O sistema contou com as seguintes etapas da execução (Tabela 16):

- a) Elaboração de Projetos Técnicos e Especificações Técnicas dos Serviços, com emissão de ARTs;
- b) Autorização Ambiental ou Licenciamento Ambiental, quando aplicável;
- c) Definição do local a ser construído o estacionamento com sistema fotovoltaico;
- d) Licitação dos Serviços em conformidade com a lei 8666/93;
- e) Implantação do sistema de geração de energia com painéis fotovoltaicos com estrutura para estacionamento:

ETAPA 1 - Construção do estacionamento;

ETAPA 2 - Instalação do sistema fotovoltaico e homologação pela concessionária.

Etapas da Execução	Meses/2020											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Elaboração de Projetos e Especificações Técnicas	x	x	x	x								
Autorização Ambiental ou Licenciamento Ambiental	x	x	x	x								
Definição do Local	x	x	x	x	x							
Licitação dos Serviços	x	x	x	x	x	x						
Construção do estacionamento e instalação do sistema fotovoltaico							x	x	x	x	x	x
Estacionamento construído							x	x	x			
Sistema fotovoltaico instalado e homologado pela concessionária										x	x	x

TABELA 20 – Cronograma físico da implantação do sistema fotovoltaico no Paço Municipal de Maripá – PR.**Fonte:** Município de Maripá, 2021.

11.2.3 Execução do sistema solar fotovoltaico no paço municipal

O Sistema Solar Fotovoltaico de 54,00 Kwp implantado, foi constituído de Estrutura Mista (Concreto e Metálica) de Estacionamento (45,00 X 6,00 M) no Paço Municipal do município de Maripá, sendo uma área coberta, aberta, com estrutura em concreto armado pré-fabricada, e cobertura metálica, com área de 270,00 m², localizado na Rua Luiz de Camões, 437, na sede do município de Maripá.

11.2.4 Infraestrutura

A locação da edificação e as fundações foram iniciadas após limpeza do local, sendo executadas por profissionais habilitados, atentando para o esquadro geral da edificação e alinhamento deste com as divisas, respeitando os recuos especificados nos projetos.

As fundações foram executadas pela Empresa fornecedora da Estrutura Pré-fabricada, condizentes com o tipo e forma das fundações características para este tipo de empreendimento, a quem coube zelar pela boa execução das mesmas e adotar critérios de segurança e solidez especificados em normas.

A concretagem da fundação, executada “in loco” foram precedidas de especiais cuidados quanto às condições dos furos, presença de água, resistência do concreto e instalação das armaduras.

11.2.5 Supraestrutura e estrutura metálica

A supraestrutura é constituída por pórticos alinhados, compostos por pilares pré-fabricados de concreto armado fixados ao solo e uma tesoura metálica perfilada, fixada na parte superior das colunas.

A estrutura com dimensões de 45,00 x 6,00 m. O conjunto foi solidarizado por parafusos e chapas metálicas e teve sua rigidez garantida por tirantes de aço. Para concretagem das peças, o concreto utilizado foi o mais uniforme possível e teve uma resistência mínima igual a 20 MPA.

A estrutura que suporta a cobertura e oitões laterais é composta por tesouras executadas em perfis de aço conforme projeto geométrico fornecido e dimensionadas

estruturalmente para suportar as cargas de trabalho conforme padrão da Empresa Contratada, com responsabilidade total da mesma sobre a solidez do conjunto.

A altura da estrutura permite o estacionamento de veículos como vans e camionetes.

11.2.6 Sistema de geração de energia solar fotovoltaica (ON-GRID) instalado no Paço Municipal de Maripá – PR.

O sistema tem a potência instalada de 54,00 KWp e é composto por:

- 135 placas fotovoltaicas policristalinas de 400 W, instaladas na estrutura do estacionamento, J-Box: IP68, garantia de 25 anos com produtividade de 80% da capacidade. Certificação IEC 61215 e Inmetro;
- 01 inversor com potência de 50,0/70,0 kw, com caixa de junção com quadros de proteção CA, homologado pela Copel e certificados previstos: ABNT NBR 16149, ABNT NBR IEC 62116;
- 01 transformador rebaixador 75 KVA 380/220 VCA com caixa IP-23;
- 01 sistema de monitoramento;
- Sistema de aterramento adequado, conforme normas vigentes.
- Cabos e conectores necessários para a instalação e em conformidade com a NBR 5410/2008 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão).

TABELA 21 – Componentes do sistema fotovoltaico instalado no paço municipal.

Fonte: Município de Maripá, 2021.

Todos os equipamentos foram instalados e montados juntamente com a estrutura do estacionamento.

O projeto foi conectado ao sistema da Concessionária de Energia do local da instalação (Copel), seguindo o conceito de Microgeração Distribuída, conforme resolução da ANEEL 482/2012 (Alteração RN-687/2015).

Os materiais de composição do sistema são equipamentos certificados pelo Inmetro, com “Classificação A” e homologados pela Concessionária de Energia.

O sistema de monitoramento é compatível com os inversores, que captura e armazena as informações da planta fotovoltaica e automaticamente transmite para o servidor via internet, sendo possível visualizar os resultados no computador, notebook ou celular.

Garantias:

- 25 anos de produção de energia;

- 10 anos contra defeito de fabricação nos módulos fotovoltaicos;

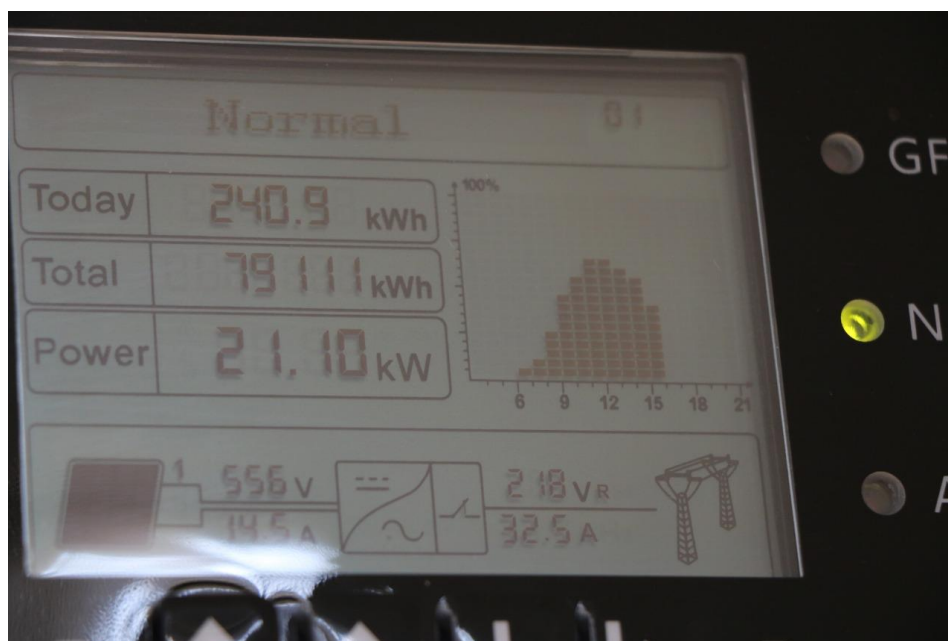


FIGURA 10 - Sistema de controle de geração de energia instalado.
Fonte: Cedida pelo Município de Maripá – PR.

Para o cálculo da potência de pico dos painéis fotovoltaicos, pode-se utilizar a equação abaixo:

$$P_{FV} = \frac{\frac{E}{TD}}{HSP_{MA}}$$

Onde:

P_{FV} : Potência do Sistema [kWp]

E: Média do consumo diário [kWh]

HSP_{MA} : Média diária das HSP incidente no painel FV

O cálculo da potência de pico dos painéis fotovoltaicos, deve-se levar em consideração o consumo de pelo menos um ano.

A partir dos dados dispostos na Planilha de dimensionamento abaixo, com dados referente ao consumo de energia do Paço Municipal no ano de 2020, é possível determinar a necessidade para implantação do sistema fotovoltaico.

De acordo com os dados das faturas de consumo de energia mensal (Tabela 22), o consumo mensal em kwh no Paço Municipal de Maripá foi de 4898 kwh. Visando um aumento futuro de 20% no consumo mensal, a municipalidade optou por implantar um sistema com capacidade de geração de até 6000 kwh.

DADOS DA FATURA DE ENERGIA EM kWh			
Janeiro	5233	Julho	4564
Fevereiro	6942	Agosto	4681
Março	7650	Setembro	4507
Abril	7835	Outubro	4035
Maio	4572	Novembro	3332
Junho	1732	Dezembro	3691
CONSUMO ANUAL TOTAL (kWh):		58.774	
MÉDIA CONSUMO ANUAL (kWh):		4.898	
TENSÃO DA REDE: 127/220 V		Nº FASES:	3
TAXA MÍNIMA (kWh)		100	

TABELA 22 – Dados da fatura de energia em kwh no ano de 2020 do Paço Municipal.

Fonte: Município de Maripá, 2021.

A Tabela 23 apresenta os dados técnicos dos componentes do sistema fotovoltaico do Paço Municipal, utilizados para o dimensionamento da necessidade de geração pretendida.

Ângulo	<i>20°</i>
Azimute	<i>Norte</i>
Potência do módulo (Wp)	<i>400</i>
Superfície de instalação	<i>solo</i>
Performance ratio	<i>78,00%</i>
Geração anual / Módulo (kWh)	<i>513</i>
Geração mensal / Módulo (kWh)	<i>43</i>
Quantidade de módulos	<i>135</i>
Potência Total (kWp)	<i>54,0</i>

TABELA 23 – Dados da base de geração solar fotovoltaica do Paço Municipal.

Fonte: Município de Maripá, 2021.

A Tabela 24 apresenta a capacidade de irradiação mensal no município de Maripá – PR., com base técnica informado no Atlas Irradiação do Paraná, no ano de 2020, informação esta, que pode ser utilizada para a determinação do dimensionamento da necessidade de geração pretendida.

Fonte de Dados de Irradiação	Atlas PR	Município	Maripá	Irradiação Média		4813 wh/m²	Ano: 2020	Número dias/ano:		366		
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Irrad	6286	5649	5237	4358	3423	3008	3221	4213	4459	5281	6115	6506
Dias	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

TABELA 24 – Dados sobre a irradiação mensal no município de Maripá – PR., no ano de 2020.
Fonte: Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná, 2021

A Tabela 25 apresenta a geração mensal do sistema fotovoltaico, o qual totalizou um montante de 57963 kw durante o ano de 2020 e informa também a geração média por módulo fotovoltaico mensalmente.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
G*	6413	5392	5343	4303	3492	2970	3286	4298	4402	5388	6038	6638
Gm*	61,6	51,8	51,3	41,3	33,5	28,6	31,6	41,3	42,3	51,8	58,0	63,8

TABELA 25 – Dados sobre a geração total de energia e quantidade de energia gerada por módulo, durante o ano de 2020.

G* = Geração mensal; Gm* = Geração por módulo

Fonte: Autor, Planilha de cálculos excel, 2021.

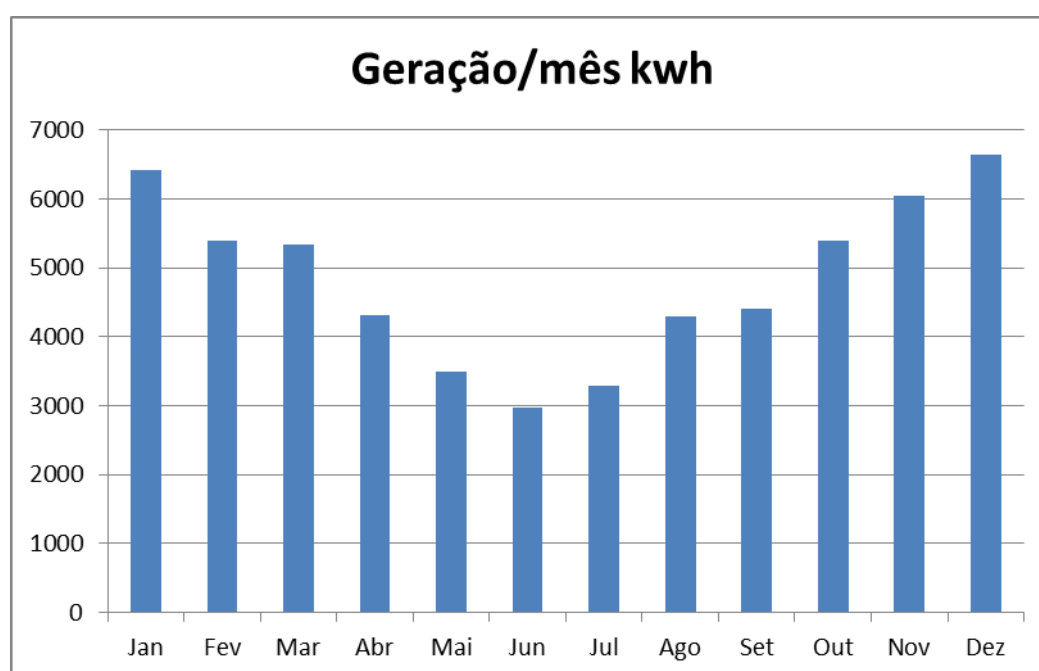


FIGURA 11 – Geração de energia em kwh mensal, no município de Maripá – PR., durante o ano de 2020.

Na Figura 11 é possível visualizar a geração de energia fotovoltaica, produzidas em kWh, no ano de 2020 no Paço Municipal de Maripá – PR. Destaca-se os meses de dezembro e janeiro como de maior produção e os meses de junho e julho com o menor desempenho na geração de energia em kWh.

11.2.7 Payback do sistema fotovoltaico instalado no Paço Municipal

Nas Tabelas 26 à 31 estão demonstrados o consumo de energia do Paço Municipal de Maripá – PR., com detalhamento de consumos mensais em kWh e os respectivos valores pagos, anterior à instalação do sistema fotovoltaico, durante o uso do sistema e o cálculo do payback comparativamente.

Mês	Kwh	Valor R\$
12/2019	7642	6404,78
01/2020	5233	4265,62
02/2020	6942	5632,96
03/2020	7650	5087,14
04/2020	7835	6223,34
05/2020	4572	3619,11
06/2020	1732	1366,59
07/2020	4564	3567,66
08/2020	4681	3530,68
09/2020	4507	3313,33
10/2020	4035	2077,14
11/2020	3332	1943,36
Média de Consumo	5227	3919,30

TABELA 26 – Histórico de consumo dos últimos 12 meses no Paço Municipal de Maripá – PR., anterior à instalação do sistema fotovoltaico. **Fonte:** Município de Maripá, 2021.

Mês	Kwh	Valor R\$
12/2020	3691	447,14
01/2021	3144	394,75
02/2021	2785	353,50
03/2021	3161	391,61
04/2021	3904	467,33
05/2021	2450	319,53

06/2021	2215	298,99
07/2021	2388	335,50
08/2021	2144	332,76
Média de Consumo	2875	371,23

TABELA 27 – Histórico do consumo no período de 09 (nove) meses no Paço Municipal de Maripá – PR., após a instalação do sistema fotovoltaico. **Fonte:** Município de Maripá, 2021.

Descrição	Unid	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	ICMS
Energia elétrica Consumo	kwh	100	0,387000	38,70	29,00%
Energia elétrica Uso no sistema	kwh	100	0,370500	37,05	29,00%
Energia Tribut Diferenciada TE	kwh	3591	0,261908	940,51	0,00%
Energia Tribut Diferenciada TUSD	kwh	3591	0,353319	1268,77	29,00%
Energia consumida B. Vermelha P2	kwh			3,45	29,00%
Energia tributada dif bandeira VM P2	kwh			84,06	0,00%
Informações suplementares					
Energia elétrica consumo			0,512770		
Compensação consumo micro/mini geração	kwh	3591		1925,40	
Base de Cálculo do ICMS	Valor ICMS				
1347,97	390,90	TOTAL DA FATURA		447,14	

TABELA 28 – Fatura referente ao mês 12/2020 do Paço municipal de Maripá – PR.

Fonte: Município de Maripá, 2021.

Descrição	Unid	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	ICMS
Energia elétrica Consumo	kwh	100	0,426000	42,60	29,00%
Energia elétrica Uso no sistema	kwh	100	0,398100	39,81	29,00%
Energia Tribut Diferenciada TE	kwh	2144	0,288899	619,40	0,00%
Energia Tribut Diferenciada TUSD	kwh	2144	0,380149	815,04	29,00%
Energia consumida B. Vermelha P2	kwh			13,99	29,00%
Energia tributada dif bandeira VM P2	kwh			203,50	0,00%
Informações suplementares					
Energia elétrica consumo			0,558810		
Compensação consumo micro/mini geração	kwh	2144		1401,58	
Base de Cálculo do ICMS	Valor ICMS				
911,44	264,30	TOTAL DA FATURA		332,76	

TABELA 29 – Fatura referente ao mês 08/2021 do Paço municipal de Maripá – PR.

Fonte: Município de Maripá, 2021.

Mês	Consumo kwh	Valor com sistema em R\$	Valor sem sistema em R\$	Economia R\$
dez/20	3691	447,14	2768,25	2321,11
jan/21	3144	394,75	2358	1963,25
fev/21	2785	353,5	2088,75	1735,25
mar/21	3161	391,61	2370,75	1979,14
abr/21	3904	467,33	2928	2460,67
mai/21	2450	319,53	1837,5	1517,97
jun/21	2215	298,99	1661,25	1362,26
jul/21	2388	335,5	1791	1455,5
ago/21	2144	332,76	1608	1275,24
		3341,11	19411,50	16070,39

TABELA 30 - Demonstrativo de despesas nos 09 (nove) meses subsequentes à implantação do sistema fotovoltaico versus economia no mesmo período com a utilização do sistema.
Fonte: Município de Maripá, 2021.

Mês	Consumo kwh	Valor com sistema em R\$	Valor sem sistema em R\$	Economia R\$
jan/21	3144	394,75	2358	1.963,25
fev/21	2785	353,50	2088,75	1.735,25
mar/21	3161	391,61	2370,75	1.979,14
abr/21	3904	467,33	2928	2.460,67
mai/21	2450	319,53	1837,5	1.517,97
jun/21	2215	298,99	1661,25	1.362,26
jul/21	2388	335,50	1791	1.455,50
ago/21	2144	332,76	1608	1.275,24
set/21	2875	446,22	2156,25	1.710,03
out/21	2875	446,22	2156,25	1.710,03
nov/21	2875	446,22	2156,25	1.710,03
dez/21	2875	446,22	2156,25	1.710,03
		4678,83	25268,25	20589,42

TABELA 31 - Estimativa de economia para os 12 (doze) meses subsequentes à implantação do sistema fotovoltaico versus economia no mesmo período com a utilização do sistema.

MESES – ANO 2020	PRODUZIDO	CONSUMIDO
Janeiro	7832,3	3144
Fevereiro	6584,5	2785
Março	6525,2	3161
Abril	5254,9	3904
Maio	4265,0	2450
Junho	3627,0	2215
Julho	4013,3	2388
Agosto	5249,3	2144

Setembro	5376,6	2875
Outubro	6580,1	2875
Novembro	7373,4	2875
Dezembro	8106,4	2875
TOTAL	70788,1 kwh	33691 kwh

TABELA 32 - Estimativa de produção e consumo de energia no ano de 2020.

Na Tabela 32, demonstra que o sistema fotovoltaico implantado de 54 KWP possui uma capacidade de geração de 70188,10 kwh, porém com a redução de consumo utilizou 33691 kwh, sendo o excedente injetado na rede de energia elétrica da COPEL, para compensação nos 05 (cinco) anos subsequentes.

Na Tabela 33, projetou-se o tempo necessário para o retorno do investimento realizado no Paço Municipal de Maripá, para o seu sistema fotovoltaico implantado no mês de dezembro de 2020.

ANO	Investido	Economia
2021	-188.941,07	20.589,42
2022	-168.351,65	22.288,05
2023	-146.063,60	24.126,81
2024	-121.936,79	28.271,94
2025	-93.664,85	30.604,37
2026	-63.060,48	33.129,23
2027	-27.198,09	35.862,39
2028	8.664,30	

TABELA 33 - Estimativa do Payback do sistema fotovoltaico do paço municipal baseada na Taxa SELIC de 8,5% ano.

Observa-se na Tabela 34, que o tempo para o investimento “se pagar” levará em torno de 7 anos.

ANOS	Rentabilidade	Economia
2021	-188.941,07	20.589,42
2022	-168.351,65	22.288,05
2023	-146.063,60	24.126,81
2024	-121.936,79	28.271,94
2025	-93.664,85	30.604,37
2026	-63.060,48	33.129,23
2027	-27.198,09	35.862,39
2028	8.664,30	38.821,04
2029	47.485,34	42.023,77
2030	89.509,11	45.490,73
2031	134.999,84	49.243,71

2032	184.243,55	53.306,31
2033	237.549,86	57.704,08
2034	295.253,94	62.464,67
2035	357.718,61	67.618,00
2036	425.336,61	73.196,48
2037	498.533,09	79.235,19
2038	577.768,28	85.772,09
2039	663.540,37	92.848,29
2040	756.388,66	100.508,27
2041	856.896,93	108.800,20
2042	974.673,15	117.776,22
2043	1.092.449,37	127.492,76
2044	1.219.942,13	138.010,91
2045	1.357.953,04	

TABELA 34: Planilha da Rentabilidade do sistema no período de 25 anos do Paço Municipal.

Considerando que, basicamente todos os sistemas de geração fotovoltaicas possuem uma vida útil e também uma garantia de 25 anos, a (Tabela 34), demonstra o cálculo projetando a expectativa de liquidação do valor investido e a rentabilidade futura, que no ano que expira a garantia do sistema, no ano de 2045, haverá um ganho estimado em torno de R\$ 1.357.953,04.

Valor futuro de um capital

Simule o valor futuro de um capital

Número de meses	<input type="text" value="300"/>
Taxa de juros mensal	<input type="text" value="0,364000"/> %
Capital atual (depósito realizado no início do mês)	<input type="text" value="200.000,00"/>
Valor obtido ao final	<input type="text" value="594.865,15"/>

FIGURA 12 – Análise comparativa de investimento em poupança para o Paço Municipal.

Fonte: Simulador banco central, calculadora cidadão, 2021.

Na Figura 12, simulou-se o valor investido na aquisição e implantação do sistema fotovoltaico no mês de dezembro de 2020 no Paço Municipal de Maripá, através do Simulador do Banco Central, com a taxa de juros média de 0,364% ao mês, para o período de 25 anos, sendo obtido o montante de R\$ 594.865,15.

12 ESTUDO DO IMPACTO AMBIENTAL COM A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Em relação aos impactos ambientais ocasionados na geração de energia elétrica, nessa pesquisa, aborda-se especificamente os impactos ocasionados pela utilização de sistemas fotovoltaicos na residência e paço municipal objeto do estudo.

OLIVEIRA (2017), em dissertação de mestrado com o tema Avaliação de Impactos Ambientais do Módulo Fotovoltaico descreve que um dos principais impactos ambientais decorre da manufatura dos componentes dos módulos fotovoltaicos, devido sua constituição de vidro e alumínio.

No relatório de estudo de análise dos impactos ambientais na produção de energia realizado por INATOMI, *et. al.*, (2005), o mesmo aponta que vem sendo discutido mundialmente a conscientização da gravidade dos impactos gerados para a produção de energia. Destaca ainda, que na ocasião da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, com a criação do Protocolo de Kyoto foram estabelecidas medidas para a redução das concentrações de emissões de gases de efeito estufa pelos países signatários, buscando a sustentabilidade e inserção de novas fontes de energia renováveis buscando minimizar os impactos ao meio ambiente.

Os impactos ambientais conhecidos como ações antropogênicas em se tratando da produção de energia, interferem consideravelmente no desenvolvimento sustentável, sendo necessário seu entendimento para a implementação de projetos de produção com cunho sustentável (INATOMI, *et. Al.*, 2005).

É notório a existência de diversas fontes que podem ser usadas para a produção de energia elétrica, das quais podemos citar: energia hidráulica, energia do petróleo, do carvão, biomassa, termelétrica, eólica, energia solar entre outras, das quais cada sistema de produção de energia causam efeitos positivos e/ou negativos ao meio ambiente. A dimensão dos impactos depende, entre vários fatores, da localização do empreendimento, do porte, entre outros que poderão ser minimizados com medidas mitigatórias e compensatórias.

CAMPOS (2017), explica que para a realização do cálculo de emissão de CO₂ evitadas, através da utilização de sistemas fotovoltaicos, deve-se levar em conta a utilização do fator de emissão de CO₂, que é calculado a partir dos registros de geração das usinas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e do Sistema Interligado Nacional (SIN), referenciada no método reconhecido em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A metodologia relaciona a

congruência do fator de emissão da margem de operação, o qual quantifica as emissões associadas à energia despachada no SIN, e também do fator da margem de construção, relacionando as emissões associadas às novas usinas implantadas.

Fator Médio Anual (tCO₂/MWh)	
2016	0,0817
2017	0,0927
2018	0,0740
2019	0,0750
2020	0,0617

TABELA 35: Dados fornecidos pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação, 2021.

Os países signatários do Protocolo de Quioto (UNFCCC, 2016), comprometeram-se a reduzir a emissão de gases de efeito estufa, com ações que estão previstas nos projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que dentre os quais encontra-se o cálculo para quantificação das emissões (CO₂).

Neste trabalho, calculou-se a quantidade de emissões evitadas através da utilização do sistema fotovoltaico, na residência e no Paço Municipal, através da equação abaixo, adaptada por Sanquetta (2017).

$$ECO_2 = E * Fe$$

Sendo:

ECO₂ = emissões anuais de dióxido de carbono evitadas (tCO₂);

E = energia gerada durante o ano (GWh.ano⁻¹);

Fe = fator de emissão (tCO₂) da energia elétrica do Sistema Interligado Nacional - SIN.

Para realizar a comparação do resultado das Emissões de CO₂ evitadas nos sistemas fotovoltaicos, selecionados alguns artigos de outros autores que tratam do tema, e calculou-se a média ponderada, conforme a Tabela 36.

Autor	Bioma	Neutralização tCO₂/árvore
DOS SANTOS, <i>et al.</i> , 2015	Mata Atlântica	0,15
OLIVEIRA, <i>et al.</i> (2013)	Mata Atlântica	0,13
FALCHETTI, <i>et al.</i> (2014)	Mata Atlântica	0,16
Média de tCO₂/árvore		0,14

TABELA 36: Média de neutralização de tCO₂/árvore.

A Tabela 37 apresenta o cálculo da quantidade de emissões evitadas através da utilização do sistema fotovoltaico na residência.

Ano	Fator médio de Emissão Anual (tCO₂/MWh)	Energia Gerada (mwh/ano)	Emissões (tCO₂/ano)
2016	0,0817	3,311	0,270
2017	0,0927	7,889	0,731
2018	0,0740	8,016	0,593
2019	0,0750	7,908	0,593
2020	0,0617	8,223	0,507
Total		35,347	2,694

TABELA 37: Emissões de CO₂ evitadas nos sistemas fotovoltaicos na residência.

Somando-se as emissões de CO₂ evitadas na residência no período compreendido entre jun/2016 a dezembro de 2020, correspondente a 2,694 tCO₂, e utilizando a média ponderada da Tabela 36, temos que a unidade fotovoltaica equivale a 19 árvores para compensação nesse período. Levando-se em consideração a vida útil do sistema fotovoltaico em 25 anos, soma-se o equivalente a 106 árvores compensados.

A Tabela 38 apresenta o cálculo da quantidade de emissões evitadas através da utilização do sistema fotovoltaico no Paço Municipal.

Ano	Fator médio de Emissão Anual (tCO₂/MWh)	Energia Gerada (mwh/ano)	Emissões (tCO₂/ano)
2020	0,0617	57,96	3,5761

TABELA 38: Emissões de CO₂ evitadas nos sistemas fotovoltaicos no Paço Municipal

Assim, com base nas emissões de CO₂ evitadas no paço municipal de Maripá, no ano de 2020, correspondente a 3,5761 tCO₂, e utilizando a média ponderada (Tabela 38),

temos que a unidade fotovoltaica equivale a 25 árvores/ano para compensação. Levando-se em consideração a vida útil do sistema fotovoltaico em 25 anos, soma-se o equivalente a 625 árvores.

De acordo com o SENAR PR/FAEP (2021) no Estado do Paraná já existem 1901 usinas fotovoltaicas instaladas em diferentes segmentos que recebem crédito como unidades consumidoras, onde se beneficiam de energia solar, atingindo 300 municípios atingindo uma potência instalada total de 42.834 kw.

Com base nessa potência instalada de 42.834 kw no Estado do Paraná, estima-se um montante de aproximadamente 1.902.858 árvores necessárias para compensação nos casos de produção de energia elétrica nos modelos convencionais.

Desta forma, o sistema fotovoltaico tem demonstrado na fase de produção de energia, que há ganho ambiental, ou seja, o modelo produz um impacto ambiental positivo. Vale lembrar que não apurou-se o mesmo impacto na fase de manufatura dos equipamentos que geram impactos negativos.

13 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Estado do Paraná, vem crescendo a implantação do sistema fotovoltaico em todos os segmentos seja para atender o comércio, indústria, entre outros, inclusive em órgãos públicos, como exemplo, o Município de Maripá que instalou no mês de dezembro de 2020 o sistema fotovoltaico para atender a demanda do prédio da Prefeitura Municipal (ABSOLAR, 2020). Nesse crescimento os usuários residenciais procuram atender a legislação e normas da ANEEL e COPEL e vem instalando em suas residências urbanas para uso doméstico.

Na última década é notório o aumento das instalações de sistemas fotovoltaicos em residências para diminuir o custo do consumo de energia elétrica, e também, em passos mais lentos em órgãos públicos, devido a fatores burocráticos que essas instituições públicas enfrentam.

Buscou-se com esse trabalho apresentar uma revisão bibliográfica de tecnologias fotovoltaicas apresentando as normativas legais vigentes, o aproveitamento da energia solar em residências urbanas e órgão público municipal, com destaque em equipamentos que integram o sistema solar fotovoltaico, com uma visão do desenvolvimento mundial, do Brasil, do Estado do Paraná, bem como de órgãos estaduais e federais que normatizam a implantação e regulamentação do uso da energia solar.

Desenvolveu-se de forma analítica em trabalho de campo a avaliação da viabilidade econômica do sistema fotovoltaico em dois locais distintos, sendo em uma residência localizada no município de Toledo para uso doméstico e no Paço Municipal de Maripá para uso em prédio público.

Numa análise comparativa econômica, em relação ao montante investido no sistema instalado na residência, conforme os dados apurados, conclui-se que caso o investidor optasse por uma aplicação financeira teria um retorno superior ao investimento do sistema fotovoltaico implantado. O cálculo projetando a expectativa de liquidação do valor investido e a rentabilidade futura, que no ano que expira a garantia do sistema, no ano de 2040, haverá um ganho estimado em torno de R\$ 76.701,10 enquanto que, se o valor investido na aquisição e implantação do sistema fotovoltaico no ano de 2016 da residência, através do Simulador do Banco Central, com a taxa de juros média de 0,364% ao mês, para o período de 25 anos, obteria-se o montante de R\$ 113.024,38

O Município de Maripá, como um dos pioneiros em implantação de sistema fotovoltaico tem uma história própria na captação do recurso que proporcionou a implantação do sistema de geração de energia solar, com economia ao município e

servindo como paradigma para outros municípios que pretendem buscar essa alternativa visando a diminuição de custos de energia elétrica.

No estudo do caso específico do paço municipal de Maripá, comparando o investimento para a implantação do sistema fotovoltaico conforme os dados apurados na de simulação de capitalização futura *payback*, denota-se que a aplicação financeira teria uma rentabilidade no período de 25 anos, quando expira a garantia do sistema solar, de um valor estimado total de aproximadamente R\$ 1.357.953,04 enquanto que, caso o município optasse por uma aplicação financeira, obteria no mesmo período o montante de R\$ 594.865,15.

A análise da avaliação nos dois sistemas distintos instalados, não deve servir como paradigma para outras residências, tendo em vista a razão da particularidade do custo do sistema no ano de 2016 ser diferente do custo desse sistema no ano de 2021, primeiro em razão das inovações tecnológicas, diminuição de custos de aparatos agora fabricados no Brasil, localização do empreendimento entre outros. No entanto, no caso da municipalidade, o sistema instalado em dezembro de 2019, já possui a tecnologia moderna e de acordo com a análise de viabilidade econômica, demonstrou-se satisfatória.

Em estudos realizados pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IDR em 2021 demonstrou que existe a viabilidade econômica na implantação em granjas agropecuárias, à exemplo de suinocultura, avicultura, aquicultura (IDR, 2021).

Desta forma, não podemos na atualidade afirmar que em todos os casos instalados, que os sistemas possuem viabilidade econômica, visto as particularidades de cada empreendimento. Por isso, deve-se buscar profissionais altamente habilitados e qualificados para a elaboração de um projeto técnico previamente ao ato de contratação do sistema fotovoltaico.

14 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Prefeitura de Maripá implanta 1º Projeto para produção de energia solar. Disponível: <http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/prefeitura-de-maripa-implanta-1o-projeto-para-producao-de-energia-solar.html>. Acesso em 01/10/2020.

ALMEIDA, Ana Paula Rocha de. Avaliação técnico-econômica da geração de energia fotovoltaica em unidades geradoras na região Oeste do Paraná. 2020. 84 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2020.

ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Disponível: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> , Data: 31/07/2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS SUPERMERCADOS. Pesquisa consumidor 1992: estudo qualitativo. s.l.: EMZ Gráfica e Editora Ltda., 25p., 1992.

ASPECTOS GERAIS E INDICADORES DE VIABILIDADE ECONOMICA. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 463, 11 nov. 2014.

BADESCU, Viorel. Optimal control of flow in solar collector systems with fully mixed water storage tanks. Energy Conversion and Management, v. 49, n. 2, p. 169-184, 2008.

Banco Central do Brasil.

<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>. Data: 29/09/2020.

BARBOSA, Lorivaldo Rodrigues et al., Viabilidade para instalação de energia fotovoltaica “on-grid” em residência: Payback estimado em diversos sistemas econômicos. “Revista Cubana da Ingenieria, v-12, n. 3, p. e289-e289, 2021.

BARONI, Margaret. Ambigüidades e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável. Rev. adm. empres., São Paulo, v. 32, n. 2, p. 14-24, June 1992.

BARROS, Leonardo Lehmann. Requisitos para fornecimento de energia elétrica para recarga de veículo elétrico em Curitiba através de sistemas fotovoltaicos e concessionária de energia. 2013.

BECKERMAN, W. Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment. World Development, v.20, p.481-496, 1992.

BIGSUN. Disponível: <https://www.bigsun.com.br/energia-solar-fotovoltaica-como-funciona/>. Data: 03/08/2020.

CAIRNCROSS, Frances. Meio Ambiente: custos e benefícios. São Paulo: Nobel, 1992.

CALDAS, Helder Henri Silva e; MOISÉS, Antonio Luiz Silva. GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA: estudo de caso para consumidores residenciais de salvador – BA: ESTUDO DE CASO PARA CONSUMIDORES RESIDENCIAIS DE SALVADOR - BA. Revista Brasileira de Energias Renováveis, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 164-180, 30 mar. 2016.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2012.

CAMARGO, Renata Freitas de. Entenda sobre a Taxa Mínima de Atratividade: o que é, quando usar e por que pensar em TMA na hora de investir. 2017.

CAMPOS, Elisandra Tolentino de. Estudo de viabilidade da implantação da microgeração de energia elétrica por sistema de painéis fotovoltaicos em residência de Taubaté/SP. 2017.

CARVALHO, Terciane Sabadini; ALMEIDA, Eduardo. A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. Estudos Econômicos (São Paulo), [s.l.], v. 40, n. 3, p.587-615, set. 2010.

CARLI, Roberto Luiz de et al. Análise de viabilidade econômica para a implantação de um sistema fotovoltaico em uma célula urbana rural. 2016.

CEBADA, Juan Diego Peres. Tierra Devastada: Historia De La contaminación Minera: (En Las Grandes Cuencas De Minerales No Ferrosos Hasta 1945). Madrid: Editorial Síntesis, 2014.

CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Manual De Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos, CEPEL-CRESESB, 2018.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988

COPEL. NORMAS TÉCNICAS COPEL, NTC 905200. ACESSO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA AO SISTEMA DA COPEL. (com compensação de energia elétrica). Fonte: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-distribuicao/poder-publico/micro-e-mini-geracao/>. Acesso em 30 de julho de 2020.

CUNHA, Rafael Bittencourt Aguiar. Proposta de sistema fotovoltaico monofásico conectado à rede elétrica. 2016.

DANTAS, Stefano Giacomazzi e POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos na o Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico. IPEA. Texto para Discussão 2388. 2018.

DE OLIVEIRA SILVEIRA, Camila; JUNIOR, Jair Urbanetz. Estimativa de Desempenho de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede em diferentes regiões no Paraná. 2021.

DOS SANTOS, Lucas Leonardo Vieira et al. Neutralização das Emissões de Carbono da Logística do Estaleiro SchaeferYachts no Rio Boat Show. ANAIS COMPLETO, p. 6. 2015.

FALCHETTI, D. et al. Projeto de Neutralização de Emissões de CO2 Equivalente do Carnaval Vila Isabel 2013 In: Congresso Brasileiro Sobre Gestão Pelo Ciclo de Vida, 4., 2014, São Bernardo do Campo. Anais... São Bernardo do Campo, p. 158-163, 2014.

FONSECA, Larissa Nacif; RIBEIRO, Eduardo Pontual. Preservação ambiental e crescimento econômico no Brasil. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, VII, 2005.

FIALHO, J.; GOMES, A. L. Photovoltaic System for self-consumption – an economic viability study. 2017.

FORSTER-CARNEIRO, *et al.* Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil. Resources, Conservation And Recycling, [s.l.], v. 77, p. 78-88, ago. 2013.

GOMES, Luiz Eduardo Bueno; HENKES, Jairo Afonso. Análise da energia eólica no cenário elétrico: aspectos gerais e indicadores de viabilidade econômica. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 3, n. 2, p. 463-482, 2014.

GONÇALVES, Isabel Piúma; CUNHA, Eduardo Grala da; RHEINGANTZ, Paulo Afonso. Estudo da relação custo-benefício na implantação de diferentes sistemas fotovoltaicos em um edifício de escritórios na zb 2. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, v.14, 2017.

GUATTARI, F. As três ecologias. Campinas: Papirus, 1990.

IDR. Energia Solar Fotovoltaica. Geração de Energia Renovável no Campo. Sistema FAEP, SENAR, 2021. Disponível em: file:///C:/Users/regional/AppData/Local/Temp/Energia-Solar-Fotovoltaica_web-1.pdf. Acesso em: 28 nov. 2021.

INATOMI, Thais Aya Hassan, and Miguel Edger Morales Udaeta. “Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos.” Brasil Japão. Trabalhos, p. 189-2005, 2005.

IMHOFF, Johninson. Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos. 2007. 146 f. 2007.

INMETRO. Portaria nº. 004 de 04 de janeiro de 2011. Disponível: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/Modulo_Fotovoltaico.asp. Data: 05/08/2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Solar PV grew faster than any other fuel in 2016, opening a new era for solar power. Outubro. 2017.

IPIRANGA, Ana Silva Rocha; GODOY, Arilda Schmidt; BRUNSTEIN, Janette. Introdução. Ram. Revista de Administração Mackenzie, [s.l.], v. 12, n. 3, p.13-20, jun. 2011.

JEAN WESLY. O caso O caso de Maripá (PR): Sustentabilidade em primeiro lugar com geração de energia solar. IDEAAÇÃO – Inovação em gestão pública. Disponível em: <https://blogs.iadb.org/brasil/pt-br/o-caso-de-maripa-pr-sustentabilidade-em-primeiro-lugar-com-geracao-de-energia-solar/>. Data: 31 nov. 2021.

JUNIOR, A. C. V. da F. Estudo de Viabilidade do Uso da Energia solar em veículos elétricos. Varginha, 2019.

MARTINE, George; ALVES, José Eustáquio Diniz. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade? Rev. Bras. Estud. Popul., [online], v. 32, n. 3, p.433-460, nov. 2013.

MILANO, Renata Assunção. Estudo da viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de energia elétrica em uma residência unifamiliar. 2019.

MONLAU, F. et al. New opportunities for agricultural digestate valorization: current situation and perspectives. Energy & Environmental Science, v. 8, n. 9, p. 2600-2621, 2015.

MOTTA, S. L. S.; ROSSI, G. B. A influência do fator ecológico na decisão de compra de bens de conveniência: um estudo exploratório na cidade de São Paulo. Revista de Administração, v. 38, n. 1, p. 46-57, 2003.

MORAES, Jorge Luiz Amaral de. Capital social e políticas públicas para o desenvolvimento regional sustentável. Rev. Cent. Ciênc. Admin., v. 9, n. 2, p.196-204, dez. 2003.

MOSCARDINI JÚNIOR, Ernesto de Freitas et al. A influência do banco de dados solarimétricos e do simulador fotovoltaico no dimensionamento e na economia de combustível em usinas fotovoltaico-diesel. 2020.

OLIVEIRA, Adriana de Souza. Avaliação de impactos ambientais do módulo fotovoltaico: produção e uso como fonte de energia elétrica. 2017.

OLIVEIRA, Allan Alves de. Viabilidade Da Microgeração De Energia fotovoltaica No Brasil, Sua Importância Como solução Socioambiental E Aplicação Em Uma unidade Consumidora Pré-Existente. 2019. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso – UniEvangélica, Anápolis, 2019.

OLIVEIRA, Thiago Cardoso et al. Neutralização dos gases do efeito estufa (GEE): estudo de caso de uma microempresa do ramo alimentício. Revista Agrogeoambiental, v. 1, n. 1, 2013.

PARANÁ. CELEPAR. SEMA. IAP. Portaria IAP nº. 19/2017. Fonte: http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=3561. Data: 30/07/2020.

PESSOA, Viviany Silva et al. Análise do conhecimento e das atitudes frente às fontes renováveis de energia: uma contribuição da Psicologia. 2011.

POLIMENI, J. et al. The Jevons Paradox and the myth of resource efficiency improvements. London: Earthscan, 2008.

PUTNAM, Robert D. Comunidade e democracia: a experiência da Itália moderna. 5 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

RUTHER, Ricardo. Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Editora UFSC, 2004.

REN21 - Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). 2015.

SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. Energia Solar: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG. In: Simpósio de Excelência em Gestão de Tecnologia.13, 2016.

SENAR PR/FAEP. Revista energia solar fotovoltaica – Geração de energia renovável no campo. Edição Departamento de Comunicação do Sistema FAEP/SENAR-PR, 2021.

SEGANFREDO, Milton Antonio; PERIN JUNIOR, V. Dejetos suínos: adubo ou poluente. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005.

SOUZA, Renato Santos de. Entendendo a questão Ambiental: Temas De Economia, política e gestão Do Meio Ambiente. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2000.

SMIL, V. Making the modern world: materials and dematerialization. Sussex: John Wiley & Sons, 2014.

SPEARS, E.E., KASSOUF, A.L. A segurança dos alimentos: uma preocupação crescente. Revista Higiene Alimentar. v.10, n.44, p.18-19. 1996.

SUSTAINABILITY. About sustainability. London, 2008. Disponível em: <<http://www.sustainability.com.br>>. Acesso em: 13 set. 2019.

TAVARES, Jefferson Santos. Consciência e comportamento ambiental de consumidores na escolha do combustível. 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração - Gestão Ambiental e Sustentabilidade, Universidade Nove de Julho - Uninove, São Paulo, 2018.

TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONCALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R. "Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná". 1a Edição. Curitiba: UTFPR, 2017.

VECCHIATTI, Karin. Três fases rumo ao desenvolvimento sustentável: do reducionismo à valorização da cultura. São Paulo em Perspectiva, [s.l.], v. 18, n. 3, p.90-95, set. 2004.

VIANNA, Elen Oliveira. Integração de tecnologia fotovoltaica em edifícios públicos: estudo de caso do Fórum de Palmas-TO. 2010.