



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA**



MAYCON DA SILVA RAIDER

**AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO**

**VITÓRIA
2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA**



MAYCON DA SILVA RAIDER

**AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Gestão Pública da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão Pública.

Orientador: Prof. Dr. José Barrozo de Souza

**VITÓRIA
2020**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas – SIBI/UFES e elaborada pelo autor

R149a Raider, Maycon da Silva, 1986-
Avaliação técnico-econômica para implantação de um sistema
fotovoltaico / Maycon da Silva Raider. - 2020.
125 f. : il.

Orientador: José Barrozo de Souza.
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Pública) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências
Jurídicas e Econômicas.

1. Gestão pública. 2. Estudos de viabilidade. 3. Geração de
energia fotovoltaica. 4. Energia solar. I. Souza, José Barrozo de.
II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 35

MAYCON DA SILVA RAIDER

**AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA PARA
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão Pública.

Aprovado em 28 de julho de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

Jose Barrozo de Souza

Data: 31/07/2020 16:48:00 -0300

CPF: 620.740.167-00

Prof. Dr. José Barrozo de Souza
Orientador -PPGGP/UFES

Prof. Dr. Roquemar de Lima Baldam
Membro Interno -PPGGP/UFES

Prof^a. Dr^a. Taciana de Lemos Dias
Membro Interno -PPGGP/UFES

Prof. Dr. Sergio Luiz Kyrillos
Membro Externo - PPGE/UNIP



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
ROQUEMAR DE LIMA BALDAM - SIAPE 270336
Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento Institucional - PROPLAN
Em 30/07/2020 às 10:52

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/43404?tipoArquivo=O>

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradecer a Deus, que me permitiu chegar até aqui, guiando e iluminando meus passos com sua infinita sabedoria.

A meus pais e irmãos pelo apoio incondicional em todas as etapas de minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Barrozo de Souza, por ter aceitado me conduzir nesse processo, com paciência, comprometimento, dedicação e sabedoria.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Roquemar Lima Baldan, Prof.^a Dr.^a Taciana de Lemos Dias, Prof. Me. Nilson Santos Marcellos e Prof. Dr. Sérgio Luiz Kyrillos, por aceitarem compor a banca de avaliação, enriquecendo este trabalho com seus profundos conhecimentos e experiências nas respectivas áreas de atuação.

Ao Instituto Federal no Espírito Santo por oportunizar a realização deste mestrado.

Aos amigos do Campus Ibatiba, por suas contribuições e comprometimento.

Aos colegas do mestrado que, direta ou indiretamente, contribuíram, através dos momentos vividos e experiências compartilhadas, com esta formação.

À Universidade Federal do Espírito Santo por ofertar o Mestrado em Gestão Pública, estendendo os agradecimentos aos servidores técnico administrativos, e aos professores, que disseminando seus conhecimentos e experiências fazem dessa Pós-graduação uma excelência.

Antes de começar, é preciso um plano,
depois de planejar, é preciso execução
imediate (frase atribuída a Sêneca).

RESUMO

Introdução: A Rede Federal de Educação tem vivenciado uma grande expansão nos últimos anos. De mesmo modo, o Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) tem acompanhado este crescimento, seguindo padrões de planejamento, economicidade e eficiência. **Problema:** Todavia, contingenciamentos orçamentários têm trazido incertezas e desafios para o gestor público, principalmente no processo de tomada de decisão quanto a possíveis investimentos a serem realizados. Assim, conhecer aspectos técnicos e econômicos de um projeto, permitirá uma decisão segura. O **objetivo principal** foi estudar a viabilidade técnico-econômica para implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica no Ifes - Campus Ibatiba. Em **termos teóricos**, a pesquisa traz uma apresentação dos principais conceitos e particularidades utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Quanto aos **Métodos e Procedimentos**, foi utilizada uma abordagem quantitativa, na qual se utilizou de documentos para coleta dos dados, posteriormente tabulados em planilhas e tratados estatisticamente. A análise considerou a implantação de um sistema de geração para pleno atendimento do consumo energético médio mensal, e utilizou-se dos índices de análise de viabilidade econômica: *payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), subsidiado pela Simulação ou Método Monte Carlo para cálculo das incertezas. Para realização dos cálculos, foi estabelecida uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 3,75%, igual à taxa Selic do mês de abril de 2020. Os **resultados** apontaram que o retorno do investimento inicial, *payback*, pode ser alcançado em 42 meses, obtendo, a partir de então, uma Taxa Interna de Retorno de 25,39%, com um VPL de R\$ 1.847.340,82. A implantação de uma usina de minigeração de energia fotovoltaica mostra-se economicamente atrativa, uma vez que a TIR se apresenta maior que a TMA, e viável, pois a análise do VPL demonstra que o retorno obtido no projeto será maior que o investimento inicial. A partir dos resultados, como **Produto Tecnológico**, foi elaborado um relatório com os resultados obtidos a ser entregue aos gestores do instituto. Esta pesquisa foi desenvolvida dentro da Linha 2 - Tecnologia, inovação e operações no setor público e encontra-se inserida no Projeto Estruturante 4 - Transformação e inovação organizacional.

Palavras chave: Energia solar. Usina solar. Gestão pública. Método Monte Carlo. Viabilidade técnico-econômica.

ABSTRACT

Introduction: The Federal Education Network has experienced a great expansion in recent years. Likewise, the Federal Institute of Espírito Santo (Ifes) has been following this growth, following standards of planning, economy and efficiency.

Problem: However, budget constraints have brought uncertainties and challenges to the public manager, especially in the decision-making process regarding possible investments to be made. Thus, knowing technical and economic aspects of a project, will allow a safe decision. The **main objective** was to study the technical and economic feasibility for implementing a photovoltaic power generation system at Ifes - Campus Ibatiba. In **theoretical terms**, the research presents a presentation of the main concepts and particularities used for the development of the work. As for the **Methods and Procedures**, a quantitative approach was used, in which documents were used for data collection, later tabulated in spreadsheets and treated statistically. The analysis considered the implementation of a generation system to fully meet the average monthly energy consumption, and used the economic viability analysis indices: payback, Net Present Value (NPV) and the Subsidized Internal Rate of Return (IRR) by Monte Carlo Simulation or Method to calculate uncertainties. To perform the calculations, a Minimum Attractiveness Rate (MAR) of 3.75% was established, equal to the Selic rate for April 2020. The **results** showed that the return on the initial investment, payback, can be achieved in 42 months, obtaining, from then on, an Internal Rate of Return of 25,39%, with an NPV of R\$ 1.847.340,82. The implementation of a mini-generation photovoltaic power plant is economically attractive, since the IRR is higher than the MAR, and feasible, since the NPV analysis shows that the return obtained on the project will be greater than the initial investment. From the results, as a **Technological Product**, a report was prepared with the results obtained to be delivered to the managers of the institute. This research was developed within Line 2 - Technology, innovation and operations in the public sector and is part of Structural Project 4 - Transformation and organizational innovation.

Keywords: Solar energy. Solar power plant. Public management. Monte Carlo Method. Technical-economic feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Unidades da Rede Federal de Educação Profissional	25
Figura 2 - Campi do Ifes	26
Figura 3 - Ifes - Campus Ibatiba	27
Figura 4 - Total diário de irradiação global: média anual	40
Figura 5 - Estrutura de uma célula fotovoltaica	43
Figura 6 - Cadeia de produção das células de silício	45
Figura 7 - Células solar de silício amorfo	48
Figura 8 - Célula sensibilizada por corante	50
Figura 9 - Sistema fotovoltaico autônomo	51
Figura 10 - Esquema de um sistema fotovoltaico <i>on-Grid</i>	52
Figura 11 - Medição utilizando um medidor bidirecional e com dois medidores unidirecionais	54
Figura 12 - Fatores de Perdas em um sistema <i>on-grid</i>	56
Figura 13 - Fluxograma da metodologia de análise técnica	61
Figura 14 - Fluxograma da metodologia de análise de viabilidade econômica	62
Figura 15 - Locais disponíveis para instalação	72
Figura 16 - Área próximo à creche municipal	72
Figura 17 - Área do projeto: vista aérea do Ifes - Campus Ibatiba	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Poder Público: Novas conexões com geração distribuída.....	21
Gráfico 2 - Orçamento do Ifes - Campus Ibatiba 2012-2019.....	28
Gráfico 3 - As 10 maiores despesas do Ifes - Campus Ibatiba em 2019.....	31
Gráfico 4 - Geração de eletricidade por combustível e cenário, 2018-2040.....	33
Gráfico 5 - Participação das fontes renováveis na matriz elétrica nacional.....	34
Gráfico 6 - Matriz elétrica brasileira em 2018.....	34
Gráfico 7 - Micro e minigeração distribuídas	42
Gráfico 8 - Produção fotovoltaico por tecnologia.....	46
Gráfico 9 - Eficiências de células solares de laboratório	47
Gráfico 10 - Irradiação solar no plano horizontal para Ibatiba-ES.....	70
Gráfico 11 - TMA x VPL	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Bandeiras tarifárias vigentes de janeiro 2015 a dezembro 2019.	36
Quadro 2 - Trabalhos que utilizaram a taxa Selic para análise de viabilidade econômica	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorias de inversores fotovoltaicos com base na capacidade de energia.....	53
Tabela 2 - Valores praticados no mercado.....	74
Tabela 3 - Fluxo de caixa projetado em 25 anos.....	75
Tabela 4 - Indicadores de desempenho	76

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energias Elétricas
BEN	Balanço Energético Nacional
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEAD	Centro de Educação a Distância
Cefetes	Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo
Cefor	Centro de Referência em Formação e Educação a Distância
CGH	Centrais Geradoras Hidrelétricas
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
CIGS	Célula solar de Seleneto de Cobre, Índio e Gálio
CGAO	Coordenadoria Geral de Administração, Orçamento e Finanças
COPOM	Comitê de Política Monetária
DGS	<i>German Solar Energy Society</i> (Sociedade Alemã de Energia Solar)
DIAPL	Diretoria de Administração e Planejamento
EDP	Energias de Portugal
EPT	Educação Profissional e Tecnológica
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas

FV	Fotovoltaico
FDP	Função de Densidade de Distribuição de Probabilidade
FIC	Formação Inicial Continuada
IEA	<i>International Energy Agency</i> (Agência Internacional de Energia)
IF	Institutos Federais
Ifes	Instituto Federal do Espírito Santo
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Energéticas
LOA	Lei Orçamentária Anual
LRF	Lei de Responsabilidade Fiscal
MEC	Ministério da Educação
MMC	Método Monte Carlo
MME	Ministério de Minas e Energias
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracker</i> (Rastreador de Ponto de Potência Máximo)
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
PGLS	Plano de Gestão de Logística Sustentável
Proinfa	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico)
Setec	Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
SIAFI	Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal
SIASG	Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais

TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
Selic	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
Ufes	Universidade Federal do Espírito Santo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

a-Si.H	Silício Amorfo Hidrogenado
Al	Alumínio
As	Arsênio
B	Boro
c-Si	Silício Cristalino
Cd	Cádmio
CdTe	Telureto de Cádmio
CO₂	Gás Carbônico
Ga	Gálio
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt hora
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt hora
kWh/m²	Quilowatt metro quadrado
kWh/m².ano	Quilowatt metro quadrado ao ano
kWh/m².dia	Quilowatt metro quadrado ao dia
kWp	Quilowatt pico
kV	Quilovolt
mono-Si	Silício Monocristalino
M²	Metro quadrado
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
P	Fósforo

pc-Si	Silício Policristalino
Si	Silício
Si-p	Silício Policristalino
Sb	Antimônio
SnO₂	Óxido de Estanho
Te	Telúrio
TiO₂	Dióxido de Titânio
TWh	Terawatt hora
Wh/m².dia	Watt hora metro quadrado ao dia

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
1.1	TEMPORALIDADES	18
1.2	INTRODUÇÃO	19
1.3	O CONTEXTO E O PROBLEMA	22
1.4.1	Objetivo geral	23
1.4.2	Objetivos específicos	23
1.4.3	Produto técnico elaborado	24
1.5	DELIMITAÇÃO	24
1.6	JUSTIFICATIVA	29
2	APORTE TEÓRICO	32
2.1	PANORAMA BRASILEIRO DA GERAÇÃO ELÉTRICA.....	32
2.1.1	Energia hidroelétrica	35
2.1.2	Energia eólica	37
2.1.3	Energia da biomassa	38
2.1.4	Energia solar	39
2.2	TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS.....	42
2.2.1	Células de silício mono e policristalino	44
2.2.2	Células de filme fino (<i>Thin-Films</i>)	47
2.2.3	Células orgânicas e células sensibilizadas por corantes	49
2.3	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	50
2.3.1	Componentes dos sistemas fotovoltaicos	52
2.3.2	Perdas e manutenção	55
2.3.3	Planejamento e dimensionamento do sistema fotovoltaico	58

3	MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	60
3.1	ABORDAGEM METODOLÓGICA	60
3.2	FONTES E PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS	60
3.2.1	Metodologia da análise técnica	60
3.2.2	Metodologia da análise econômica	62
3.2.2.1	Payback	67
3.2.2.2	Taxa interna de retorno (TIR).....	68
3.2.2.3	Valor presente líquido (VPL)	69
3.3	FORMA DE TRATAMENTO DOS DADOS	69
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
4.1	DA VIABILIDADE TÉCNICA.....	70
4.2	DA VIABILIDADE ECONÔMICA.....	74
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
5.1	CONCLUSÕES	78
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	80
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A – HISTÓRICO DE CONSUMO: JANEIRO DE 2015 A DEZEMBRO DE 2019	94
	APÊNDICE B – RELATÓRIO TÉCNICO RESULTANTE DA DISSERTAÇÃO	99
	ANEXO I – RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012	116

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente capítulo tem como objetivo apresentar as temporalidades que levaram à escolha do tema de pesquisa, a contextualização do problema, os objetivos que nortearam o trabalho, a justificativa e a relevância de estudar o tema.

1.1 TEMPORALIDADES

Iniciei minha vida acadêmica no ano 2005 cursando o curso de Enfermagem na Faculdade do Futuro, situada na cidade de Manhuaçu, Minas Gerais. O curso era ministrado no período noturno, com aulas práticas e estágios durante o dia. Após a conclusão em 2008, direcionei meu foco para concursos públicos. Aprovado em 2011, a nomeação para o cargo de auxiliar em administração no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) ocorreu apenas em setembro de 2013 com lotação no Campus Ibatiba, tendo passado por alguns setores, até que em 2016 fui designado como Coordenador da Coordenadoria Geral de Administração, Orçamento e Finanças (CGAO), setor com atribuição de assessorar a Diretoria de Administração e Planejamento (DIAPL) e demais órgãos do campus em assuntos relativos a licitações, compras, contratos, protocolo, patrimônio, materiais e suprimentos, transportes e serviços gerais através de unidades subordinadas. Ainda no período de implantação o Campus Ibatiba vivenciara cortes orçamentários e incertezas, sendo necessário a gestão adequada dos recursos para continuidade do crescimento e qualidade na oferta dos cursos ali ministrados. Na CGAO tomei conhecimento do Plano de Gestão e Logística Sustentável (PGLS), nele estavam algumas medidas, de fácil implementação, que foram logo colocadas em prática, porém, outras ações deveriam ser avaliadas, através da elaboração de estudos e relatórios, dentre elas: a elaboração de um relatório de viabilidade para utilização de energia solar, um investimento que poderia levar ao campus a geração de economia, e teoricamente a um cenário de maior estabilidade orçamentária. Foi então que surgiu a intenção de elaborar o estudo tema desta pesquisa, possibilitado pelo meu ingresso no Mestrado em Gestão Pública no ano de 2018, vindo a servir

aos propósitos desta dissertação e também à Direção-geral do campus, como subsídio para a tomada de uma decisão segura.

1.2 INTRODUÇÃO

A consciência da energia renovável é algo que tem tomado uma elevada importância. Muitos governos têm explorado soluções para lidar com a falta de fornecimento de energia, buscando o desenvolvimento de estruturas políticas para promover a inserção de fontes renováveis, aumentando, assim, a segurança energética, que cada vez mais tem estado ameaçada pelo esgotamento dos combustíveis fósseis convencionais, somado à necessidade de mitigar as emissões de gases poluentes para limitar as mudanças climáticas (KIM, 2014; CAPELLÁN-PÉREZ, 2017).

O consumo global de energia aumentou de forma consistente, impulsionado pelo aumento da população global e pela melhoria da qualidade de vida, grande parte devido à industrialização e ao rápido crescimento do setor de transporte (RAD, 2020).

De acordo com a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) e a *International Energy Agency* (IEA), como resultado, os custos de energia e questões ambientais relacionadas estão na vanguarda do debate nacional em muitos países (OECD; IEA, 2014).

De acordo com a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) a matriz elétrica mundial é constituída predominantemente por combustíveis fósseis (EPE, 2019, p. 36), um recurso finito, que na taxa atual de consumo, projeta-se, que estejam esgotadas em menos de 50 anos (RAD, 2020).

Apesar da queima de recursos como carvão e petróleo, oferecer um alto valor energético, ela é altamente poluidora, gera os mais altos níveis de emissões de gases de efeito estufa, que por sua vez leva a um aumento de poluentes como óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre e metais pesados, no ar. Conseqüentemente, chuva ácida, aquecimento global, buracos na camada de

ozônio, poluição do ar e mudanças climáticas são alguns exemplos de fenômenos que são exacerbados por essa tendência econômica (RAD, 2020).

No Brasil, a matriz elétrica é, em grande parte, renovável se comparada a matriz elétrica mundial, 66,6% da energia aqui produzida é gerada por usinas hidrelétricas, o que a torna singular em relação a aspectos de impactos ambientais e emissões de Gases de Efeito Estufa. Para produzir 1MWh, o setor elétrico brasileiro, emite 2,9 vezes menos gás carbônico (CO₂) que o europeu, 3,7 vezes menos do que o setor elétrico americano e 5,8 menos que o chinês (EPE, 2019, p. 50).

Na busca por novas fontes capazes de gerar energia de forma não poluidora, as chamadas fontes renováveis, ora chamadas de energias verdes, ora energias limpas, observamos no início deste século, um aumento no uso e incentivo dessas fontes, um esforço para alcançar a sustentabilidade. Dentre as muitas existentes têm se destacado a energia solar fotovoltaica, que demonstra um grande potencial, uma vez que o sol envia ao planeta terra em uma hora, mais energia do que o planeta terra consome em um ano (MACHADO, 2015, p. 126).

O potencial brasileiro para a energia solar é enorme. Segundo Pereira *et al.* (2017), a irradiação média anual brasileira varia entre 1.200 e 2.400 kWh/m²/ano, apresentando níveis bastante elevados de irradiação solar com uma variabilidade mensal muito mais baixa se confrontado com países como Alemanha, Itália, Portugal e França.

A geração da energia solar, há alguns anos, era considerada cara, se comparada aos gastos com tecnologia e manutenção. Destaca-se, porém, o incentivo recebido com a publicação pela Agência Nacional de Energias Elétricas (ANEEL), da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, possibilitando ao consumidor geração de energia elétrica através da micro ou minigeração distribuídas (ANEEL, 2012; ANEEL, 2016). Desta forma,

[...] a queda acentuada dos preços dos geradores solares fotovoltaicos nos últimos anos, sua adoção por todo o território brasileiro é crescente e atingiu crescimento exponencial a partir do final de 2016. Gerar eletricidade solar no telhado de uma residência é cada vez mais competitivo com os preços e tarifas de energia elétrica convencionais e cada vez mais as distribuidoras de energia vêm reconhecendo a tecnologia solar fotovoltaica muito mais como uma oportunidade do que como um risco (perda de receita). (PEREIRA *et al.*, 2017, p. 58).

Embora, ainda incipiente os incentivos, a implementação de usinas de geração distribuída por parte de órgãos públicos tem crescido. De acordo com ANEEL (2020), das 230.308 unidades consumidoras com geração distribuída, apenas 966 são unidades do poder público, contudo esses números são crescentes nos últimos anos, conforme nos mostra o gráfico abaixo.

Gráfico 1 - Poder Público: Novas conexões com geração distribuída



Fonte: ANEEL (2020).

Diante da oportunidade, buscando o desenvolvimento de ações que tenham como objetivo a “construção de um novo modelo de cultura institucional visando à inserção de critérios de sustentabilidade nas atividades da Administração Pública” (BRASIL, 2012) – preocupação presente na Instrução Normativa nº 10, de 12 de novembro de 2012 – o Ifes publicou em 2013 o seu Plano de Gestão e Logística Sustentável, uma ferramenta

[...] de planejamento com objetivos e responsabilidades definidas, ações, metas, prazos de execução e mecanismos de monitoramento e avaliação, que permite ao órgão ou entidade estabelecer práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos e processos na Administração Pública. (BRASIL, 2012).

Trouxe este documento, propostas para melhoria de diversos indicadores, apresentando em seu item 3.4, ações para redução do consumo de energia elétrica, como a proposta de “elaborar relatório de viabilidade para utilização de energia solar e outras formas limpas de geração de energia.” (IFES, 2013, p. 7).

Assim, surgiu o interesse em desenvolver esta pesquisa, buscando elaborar um estudo de viabilidade técnico-econômica para a implantação de um sistema

fotovoltaico no Ifes - Campus Ibatiba, que contribuirá para diminuição dos impactos ambientais, através da redução do consumo da energia e dos gastos com energia elétrica, além oportunizar à instituição, num momento de crise econômica e contingenciamentos orçamentários, com a geração de economia, o investimento em outras áreas.

1.3 O CONTEXTO E O PROBLEMA

No Brasil, os gastos e as receitas do governo federal são previstos na Lei Orçamentária Anual (LOA). Nela constam as previsões de receitas e gastos para os doze meses do ano, podendo se cumprir a maior ou menor, a depender do desempenho econômico.

Temos acompanhado nos últimos anos, um baixo crescimento, ou desaceleração da economia brasileira. O governo, na busca da retomada do crescimento, implementou ajustes fiscais, principalmente pelo lado das despesas públicas, utilizando-se de contingenciamentos orçamentários. Assim, na medida em que a situação econômica se deteriora e o desempenho das receitas diminui, o governo federal implementa ações para reduzir suas despesas e atender a legislação fiscal.” (PAULA, 2017).

Nesse sentido, se insere a Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF), Lei Complementar nº 101, de 04 de maio de 2000, que regulamenta os arts. 163 e 169 da Constituição. As contingências, previstas na LRF, são um bloqueio feito pelo governo, impedindo gastos por falta de receita suficiente, em outras palavras, arrecadação de impostos menor que o previsto. Inicialmente temporário, o contingenciamento só pode ser realizado junto às despesas de caráter discricionário como água, luz, serviços terceirizados, obras, equipamentos e realização de pesquisas (BRASIL, 2000). Vejamos o que diz a Lei:

art. 9º Se verificado, ao final de um bimestre que a realização da receita poderá não comportar o cumprimento das metas de resultado primário ou nominal estabelecidas no Anexo de Metas Fiscais, os Poderes e o Ministério Público promoverão, por ato próprio e nos montantes necessários, nos trinta dias subsequentes, limitação de empenho e movimentação financeira, segundo os critérios fixados pela lei de diretrizes orçamentárias.

§ 1º No caso de restabelecimento da receita prevista, ainda que parcial, a recomposição das dotações cujos empenhos foram limitados dar-se-á de forma proporcional às reduções efetivadas. (BRASIL, 2000).

O contingenciamento orçamentário impacta o planejamento de um orçamento já comprometido, cerca de 80% do previsto, com serviços de natureza continuada.

Deste modo, imprimindo esforços que buscam a racionalização de gastos, elaborou-se e implementou-se o PGLS. Todavia, embora previsto no tema energia elétrica, a elaboração de um relatório de viabilidade para uso da energia solar, ainda não foi realizado. A energia solar tem se mostrado promissora nos últimos anos, podendo sua implantação ser estratégica para permitir um melhor planejamento orçamentário, reduzindo impacto orçamentário causado por um contingenciamento.

Assim, buscando atender previsão trazida no PGLS, e também, mitigar eventuais impactos no planejamento econômico causado pelas contingências orçamentárias, pautamos esse estudo no seguinte problema de pesquisa:

- **É viável a implantação de um sistema fotovoltaico no Ifes - Campus Ibatiba?**

Para responder a este questionamento, estabelecemos alguns objetivos.

1.4 OBJETIVOS E PRODUTO TÉCNICO ELABORADO

1.4.1 Objetivo geral

Realizar um estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de um sistema fotovoltaico no Ifes - Campus Ibatiba.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analisar o perfil de consumo da instituição para determinar a demanda;

- Avaliar os espaços físicos disponíveis na instituição, buscando identificar alternativas para a instalação da planta solar, e assim, determinar a viabilidade técnica para implantação de um projeto;
- Utilizar de indicadores econômicos para analisar e determinar a viabilidade econômica do investimento.

1.4.3 Produto técnico elaborado

O produto técnico elaborado (Apêndice B) é um relatório técnico conclusivo em que expõe um conjunto de informações que permitirá a definição da melhor estratégia de investimento pela instituição. O relatório apresenta um fluxo de caixa estimativo para os próximos 25 anos, com projeção do investimento e custos de manutenção do sistema para atendimento total da demanda média calculada. Indicadores como o prazo para recuperação do investimento, a taxa interna de retorno e valor presente líquido, foram utilizados para determinar a viabilidade econômica do projeto. Uma análise dos espaços disponíveis para a instalação da planta solar também é apresentada.

O produto técnico foi entregue à Diretoria-geral (Apêndice C), tendo sido recebido com o Atestado de Recebimento e Execução de Produto Técnico (Apêndice D).

1.5 DELIMITAÇÃO

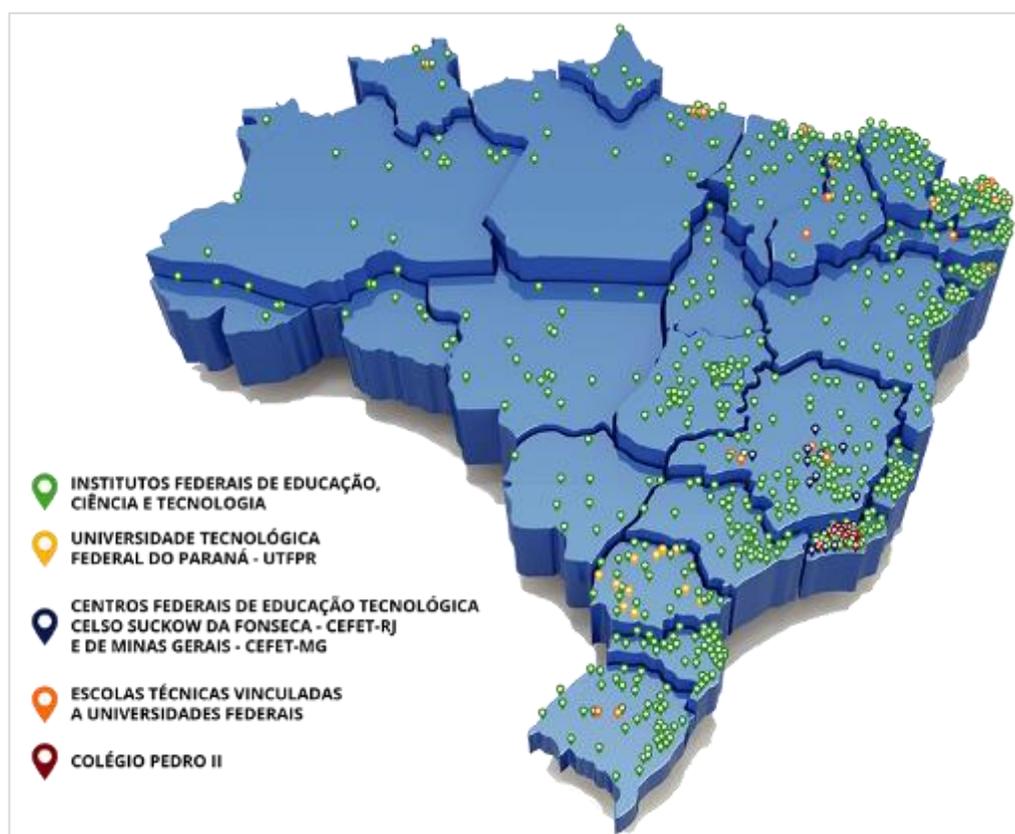
A Rede Federal de Educação nasceu da união de um conjunto de instituições voltadas para a educação profissional e tecnológica em nível médio e superior.

Em 2008, foi sancionada a Lei Federal nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, instituindo a Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica e criando os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, ou apenas Institutos Federais (IF), definindo-os como “instituições de educação superior, básica e profissional, pluricurriculares e multicampi, especializados na oferta de educação profissional e tecnológica nas diferentes modalidades de ensino” (BRASIL, 2008),

buscando unir conhecimentos técnicos e tecnológicos. Acrescenta-se a isso, uma “proposta orçamentária anual identificada para cada Campus e a reitoria, exceto no que diz respeito a pessoal, encargos sociais e benefícios aos servidores.” (BRASIL, 2008).

Como resultado da integração e da expansão e interiorização das instituições federais de Educação Profissional e Tecnológica (EPT), partiu, em 2006, de um total de 144 unidades chegando, em 2019, a 661 unidades em todo o país (vide Figura 1). A ampliação representou a construção de mais de 500 novas unidades, acarretando de forma expressiva a expansão da Rede Federal de Educação Profissional nos últimos anos (BRASIL, 2018).

Figura 1 - Unidades da Rede Federal de Educação Profissional



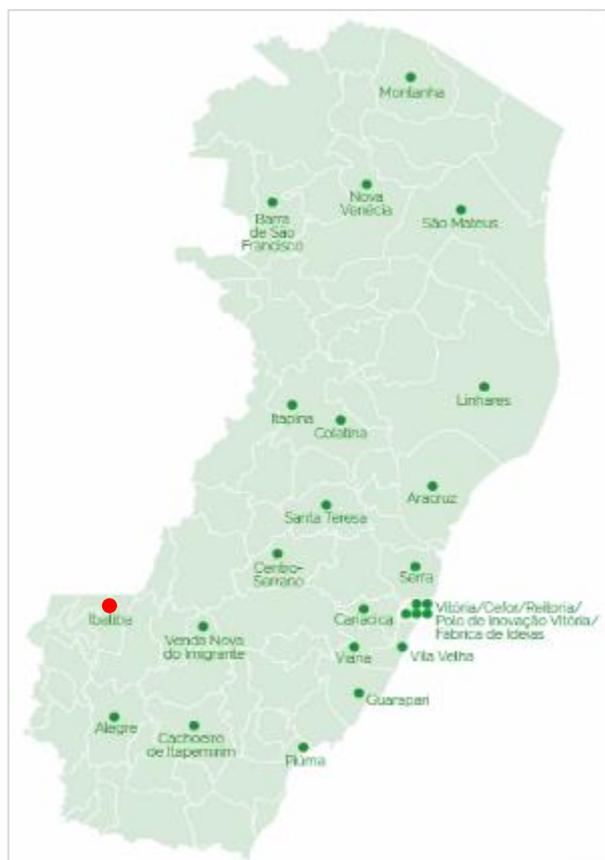
Fonte: Brasil (2018).

No ano de sua criação, em 2008, o Instituto Federal do Espírito Santo já contava com 12 unidades. Os campi Aracruz, Cachoeiro de Itapemirim, Cariacica, Colatina, Linhares, Nova Venécia, São Mateus, Serra e Vitória, que eram unidades do Centro

Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (Cefetes), somaram-se aos campi de Alegre, Itapina e Santa Teresa, originalmente Escolas Agrotécnicas. Além disso, já fazia parte do Instituto, o Centro de Educação a Distância (CEAD), atual Centro de Referência em Formação e Educação a Distância (Cefor) (IFES, 2019a).

O Ifes ampliou a sua rede e a sua oferta de educação profissional e tecnológica. No ano de 2010, quando foram inaugurados os campi Guarapari, Ibatiba, Piúma, Venda Nova do Imigrante e Vila Velha. Em 2014, iniciaram-se os trabalhos nos campi Barra de São Francisco e Montanha. Um ano mais tarde, em 2015, foram promovidas as inaugurações dos campi Centro Serrano e Viana, além do Polo de Inovação Vitória, que atende à demanda de inovação industrial tecnológica por meio de pesquisa aplicada (IFES, 2019a). A Figura 2 nos mostra a localização de cada unidade no mapa.

Figura 2 - Campi do Ifes



Fonte: Adaptado de Facebook Ifes (2019a).

O Ifes - Campus Ibatiba, localizado a 171 km da capital Vitória, é uma das 22 unidades distribuídas pelas diferentes regiões que compõem o estado do Espírito Santo (IFES, 2016).

Dados do Relatório de Gestão do Campus Ibatiba do Ifes do ano de 2019 (IFES, 2020) apontam que a Instituição possui uma área total territorial de 30.000 metros quadrados (m²). Desses, 2.600 m² são de área ocupada por construção, coberta ou descoberta, e o restante, 27.400 m² representam área sem ocupação, encostas ou reserva florestal.

A Figura 3 nos dá um panorama da área em que está localizado. Compõe a área construída 07 blocos, divididos em: 15 salas de aula; 09 laboratórios: química, física, biologia, ciências florestais, ciências ambientais e informática; biblioteca; auditório; salas administrativas; almoxarifado; cantina/restaurante; dentre outras.

Figura 3 - Ifes - Campus Ibatiba



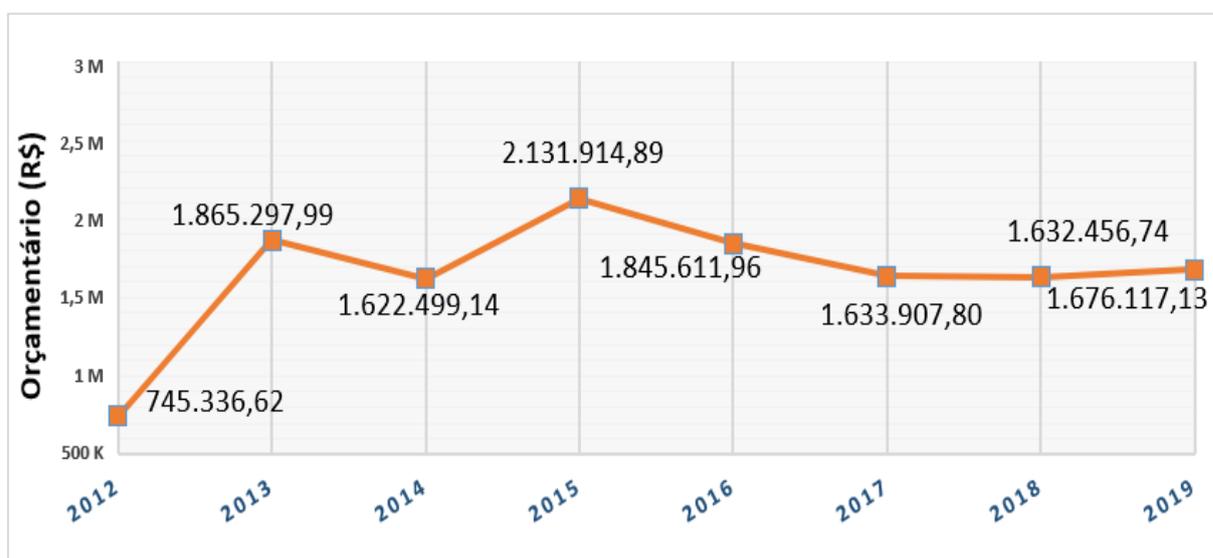
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme previsto na Lei de criação dos Institutos Federais, cada Instituto possui proposta orçamentária anual identificada, sendo detentores de “autonomia **administrativa**, patrimonial, **financeira**, didático-pedagógica e disciplinar”. (BRASIL, 2008, grifo nosso).

Abordando a autonomia financeira, anualmente o Ministério da Educação apresenta, no Orçamento Geral da União, um programa específico para a Educação Profissional e Tecnológica, valores destinados para a manutenção e expansão da Rede Federal. De acordo com os dados coletados na página eletrônica do Senado Federal (SENADO FEDERAL, 2019), no quinquênio 2014 - 2018 foram destinados ao Instituto Federal do Espírito Santo R\$ 2,75 bilhões. No mesmo período, o Ifes - Campus Ibatiba recebeu R\$ 8,86 milhões (IFES, 2019b; SENADO FEDERAL, 2019).

O Gráfico 2 nos mostra a evolução orçamentária do Ifes - Campus Ibatiba, desde 2012 (IFES, 2019b).

Gráfico 2 - Orçamento do Ifes - Campus Ibatiba 2012-2019



Fonte: Ifes (2019b).¹

Ressaltamos que os valores representados no Gráfico 2, referem-se ao orçamento previstos na Lei Orçamentária Anual (LOA), destinando-se às

¹ Dados extraídos do Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI) do Governo Federal. <http://acesso.serpro.gov.br/HOD10/jsp/Carga10E.jsp?luid=AWVAEVZD/SIAFI>

despesas de custeio, que são recursos discricionários como as aquisições de bens de consumo e manutenção de serviços terceirizados, tal como: limpeza e conservação, vigilância patrimonial e manutenção, ou pagamentos de contas de água, luz e telefone por exemplo.

Os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia se organizam em uma estrutura multicampi com territorialidade definida. Embora seu financiamento e manutenção sejam a partir de fonte orçamentária pública, o que representa condição indispensável, sua política pública se estabelece no compromisso de pensar o todo social, consistindo na igualdade da diversidade (social, econômica, geográfica e cultural) e na relação com outras políticas (de desenvolvimento setorial, ambiental, dentre outras).

Este trabalho tem como foco um estudo de viabilidade técnico-econômica para a implantação de um sistema fotovoltaico no Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba.

1.6 JUSTIFICATIVA

Desde o ano de 2017, as contratações públicas devem ser precedidas de estudos preliminares, critérios e práticas sustentáveis, e planejamento, à luz do disposto na Instrução Normativa nº 5, de 26 de maio de 2017 (BRASIL, 2017b).

Também o Decreto nº 9.203/2017, que dispõe sobre a Política de Governança da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, estabeleceu diretrizes das quais abrangeram em seu inciso I, artigo 4º, “direcionar ações para a busca de resultados para a sociedade, encontrando soluções tempestivas e inovadoras para lidar com a limitação de recursos e com as mudanças de prioridades.” (BRASIL, 2017a). E em seu art. 6º dispôs que:

art. 6º Caberá à alta administração dos órgãos e das entidades, observados as normas e os procedimentos específicos aplicáveis, implementar e manter mecanismos, instâncias e práticas de governança em consonância com os princípios e as diretrizes estabelecidas neste Decreto.

Parágrafo único. Os mecanismos, as instâncias e as práticas de governança de que trata o caput incluirão, no mínimo:

I - formas de acompanhamento de resultados;

II - soluções para melhoria do desempenho das organizações; e

III - instrumentos de promoção do processo decisório fundamentado em evidências.

Antecedente a estes dispositivos, já em 2013, buscava o Ifes, através do seu PGLS, o desenvolvimento de ações na busca de soluções para melhoria de seu desempenho organizacional, inserindo à sua cultura institucional critérios de sustentabilidade (IFES, 2013).

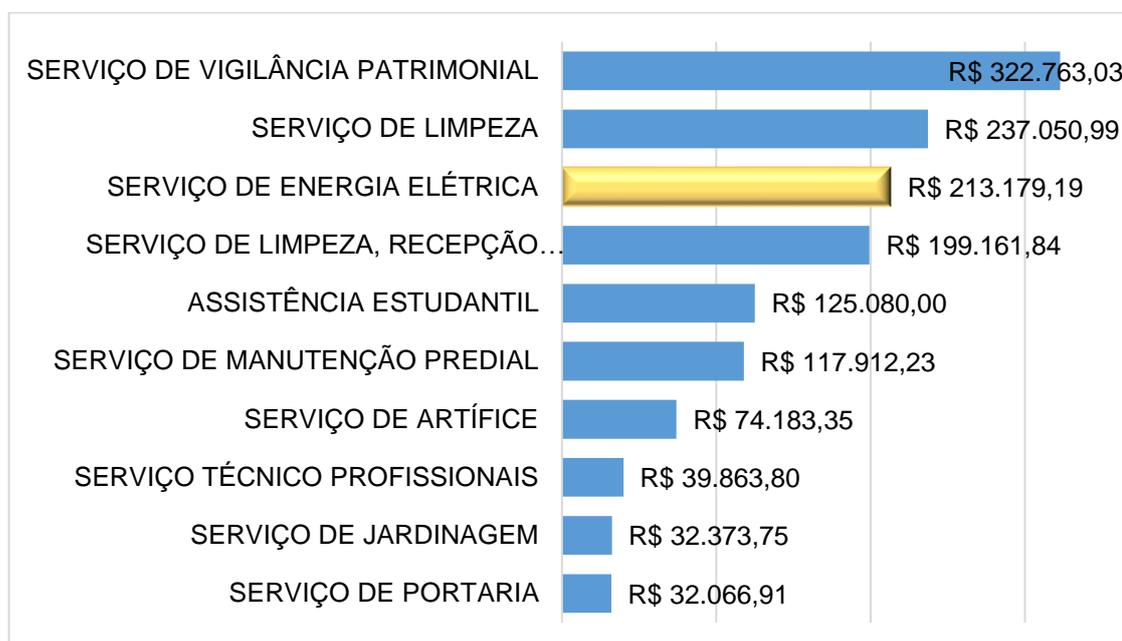
Muitas das ações previstas pelo PGLS foram implementadas, todavia, “elaborar relatório de viabilidade para utilização de energia solar e outras formas limpas de geração de energia” (IFES, 2013), não fora ainda desenvolvido.

O serviço de fornecimento de energia elétrica, objeto de estudo desta pesquisa, corresponde a terceira maior despesa, 13% de todo o orçamento destinado ao custeio no ano de 2019.

Com base no relatório de gestão divulgado pelo Ifes - Campus Ibatiba para o ano de 2019, pode-se constatar, excetuando a despesa de assistência estudantil, que 81% dos gastos foram destinados a manutenção de serviços de natureza contínua, caracterizados por sua essencialidade e habitualidade, que se interrompidos ou delongados comprometem a respectiva função estatal, vindo a acarretar danos. São exemplos: fornecimento de água, energia, telefonia, limpeza, manutenção, dentre outros.

Elaboramos o Gráfico 3 para análise das despesas executadas por meio da fonte orçamentária 8100000000, que se refere a recursos destinados à manutenção e desenvolvimento do ensino, podendo ser utilizada para custear despesas de Investimento e de custeio (IFES, 2020).

Gráfico 3 - As 10 maiores despesas do Ifes - Campus Ibatiba em 2019



Fonte: Ifes (2020).

Dessa forma, considerando já implementadas outras ações previstas pelo PGLS, visando a redução de consumo, o desenvolvimento deste trabalho torna-se importante para o planejamento institucional, considerando o cenário de contingenciamentos orçamentários. Para tanto, é necessário que se conheça a viabilidade técnico-econômica da instalação de uma usina fotovoltaica, buscando antecipar possíveis cenários futuros, considerando aspectos de incertezas.

Ressalta-se ainda, como motivador, afinal, outro não é o objetivo, senão, incentivar as contribuições nas atividades profissionais, de ensino e pesquisa na área de Gestão Pública, o fato de o Programa de Pós-graduação em Gestão Pública da Universidade Federal do Espírito Santo, requerer a elaboração de um produto aplicável às organizações ao final de cada pesquisa.

À vista disso, os dados coletados refletirão uma análise pormenorizada do ambiente em que se está inserido, buscando contribuir com o gestor, ainda que despretensiosamente, na tomada de uma decisão segura, quanto ao investimento.

2 APORTE TEÓRICO

Abordaremos, a seguir, temas referentes à temática, objeto desta pesquisa, de forma a servir de base para a análise e interpretação dos dados, proporcionando, assim, uma melhor compreensão do fenômeno estudado.

2.1 PANORAMA BRASILEIRO DA GERAÇÃO ELÉTRICA

A energia elétrica é uma forma de energia considerada flexível, já que pode ser transmitida desde o ponto de geração até o local de consumo. O ser humano por sua vez, para seu conforto, é inteiramente dependente desta fonte. Este conforto tem o seu custo (VILLALVA, 2015, p. 26).

Existem diversas formas de se obter eletricidade, no entanto, “[...] grande parte da energia elétrica produzida em todo o planeta tem origem na queima de combustíveis fósseis e na energia nuclear. Apenas uma parte tem origem em fonte renováveis.” (VILLALVA, 2015, p. 28).

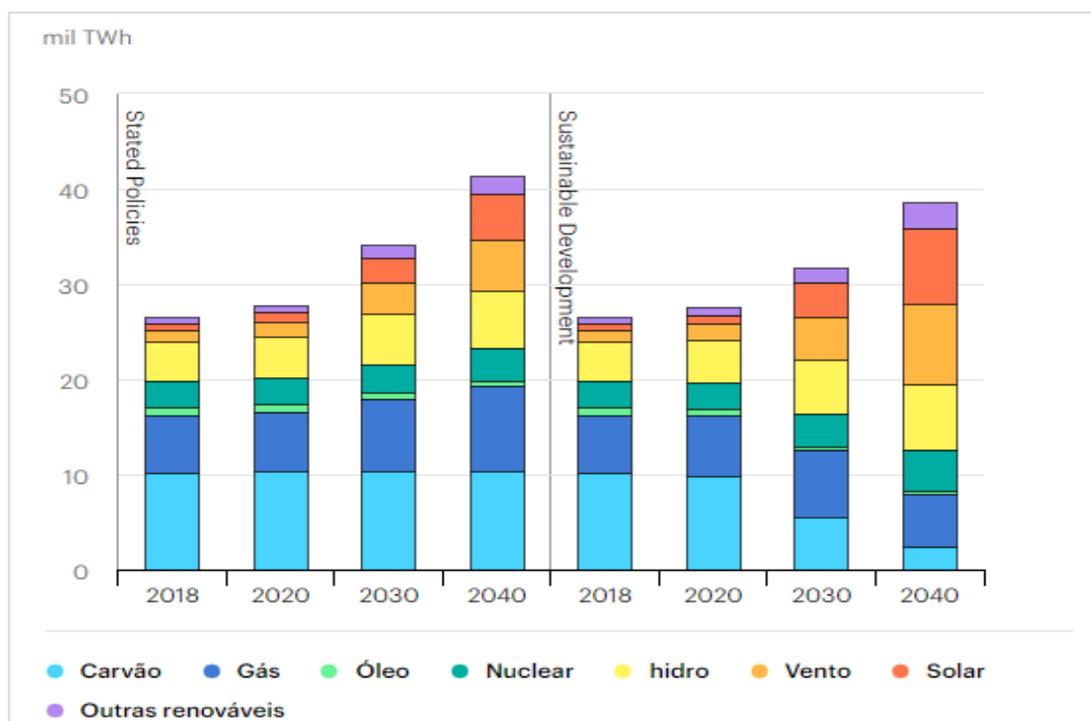
De acordo com a IEA (2019),

o aumento da demanda por eletricidade foi uma das principais razões pelas quais as emissões globais de CO₂ do setor de energia atingiram um recorde em 2018, mas a disponibilidade comercial de um conjunto diversificado de tecnologias de geração de baixas emissões também coloca a eletricidade na vanguarda dos esforços para combater as mudanças climáticas e a poluição.

Segundo previsões da IEA (2019), a demanda global de eletricidade irá crescer 2,1% ao ano até 2040. Embora as fontes renováveis tenham pequena parcela de contribuição na atualidade, acredita-se que em 2040 terá um papel ainda maior, atingindo 31% do consumo final de energia.

A Gráfico 4 nos mostra a geração de eletricidade por fonte, e apresenta um possível cenário a ser observado no período 2018-2040.

Gráfico 4 - Geração de eletricidade por combustível e cenário, 2018-2040



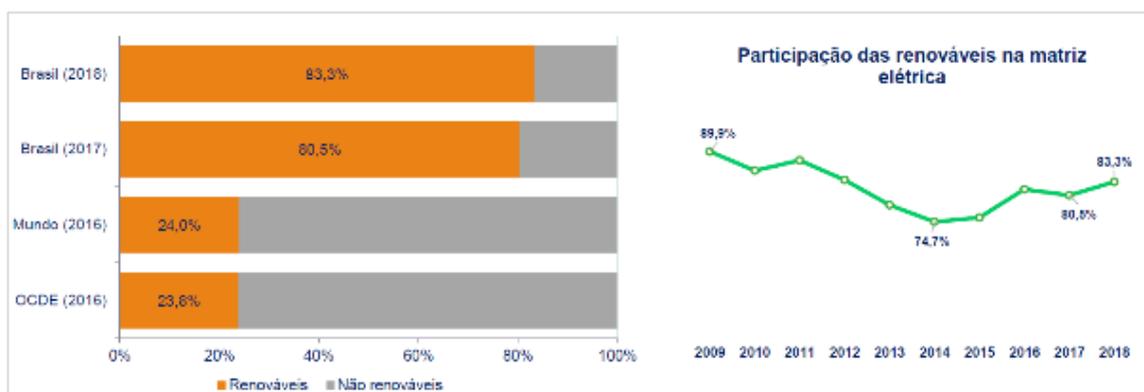
Fonte: Adaptado de IEA (2019).

O Brasil se apresenta como líder mundial no uso de fontes convencionais de energia renovável, tal como a energia hidrelétrica. Contudo, considerando questões como as mudanças climáticas e a segurança energética, princípios de organização para renovação da matriz elétrica têm ganhado prioridade no planejamento energético brasileiro (BONDARIK, 2018, p. 681).

Anualmente, o governo brasileiro, por meio do Ministério de Minas e Energia publica o relatório do Balanço Energético Nacional (BEN). Esse relatório apresenta dados da situação do sistema energético nacional, tanto para o consumo quanto para a geração de energia.

De acordo com o BEN (EPE, 2019), demonstrado no Gráfico 5, o Brasil aumentou a sua participação em fontes renováveis na sua matriz elétrica, passando de 80,5% no ano de 2017, para 83,3% em 2018, compondo-se em sua grande parte pela geração hidráulica, seguida pela geração da biomassa e geração eólica.

Gráfico 5 - Participação das fontes renováveis na matriz elétrica nacional



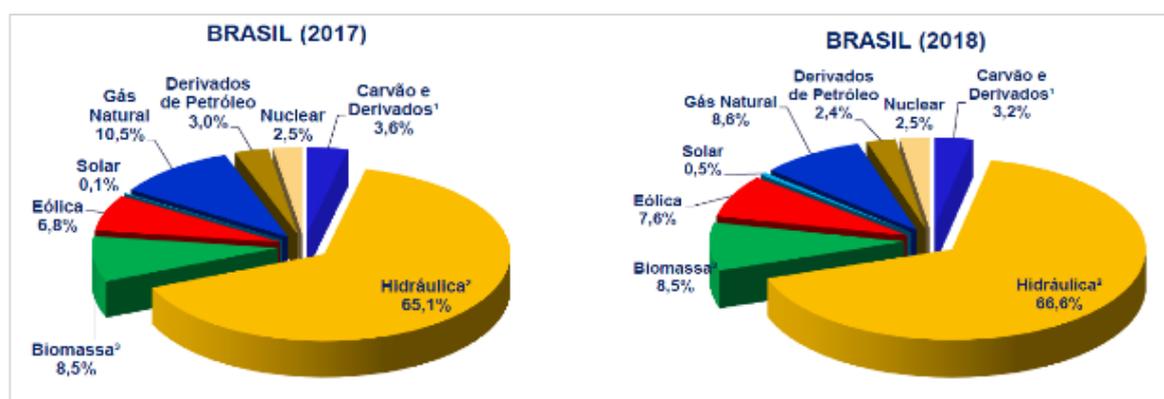
Fonte: EPE (2019, p. 36).

A composição da matriz elétrica brasileira é bem diversificada, sendo a hidráulica a responsável por mais da metade da geração. Segundo Bondarik (2018, p. 681),

o Brasil possui abundantes fontes naturais de energia renovável, como energia eólica e solar, hidráulica, carvão e gás natural, biomassa, além de etanol e biodiesel. Essas fontes fazem parte da estratégia brasileira visando satisfazer a demanda de 6300 MW de capacidade por ano, decorrente do crescimento econômico projetado de 5,1% ao ano nos próximos 10 anos.

Pode-se observar no Gráfico 6, que a principal fonte de geração de eletricidade no Brasil é baseada em um sistema hidrotérmico, com forte predominância da geração hidráulica (RIBEIRO, 2016), que corresponde a 66,6%, seguido pelas termelétricas 8,6%.

Gráfico 6 - Matriz elétrica brasileira em 2018



Fonte: EPE (2019, p. 35).

2.1.1 Energia hidroelétrica

A geração hidrelétrica constitui a principal fonte de eletricidade no Brasil, com a marca de 100 mil megawatts (MW) de potência fiscalizada em usinas hidrelétricas. O país conta ainda com outras 1.138 usinas hidrelétricas de menor porte, em operação, sendo o segundo maior produtor de energia hidrelétrica do mundo, atrás apenas da China. As usinas que mais geram energia são (PEREIRA *et al.*, 2012; ANEEL, 2019b; EPE, 2019):

- Usina Hidrelétrica de Belo Monte – Pará – 11.233 MW;
- Usina Hidrelétrica de Tucuruí – Pará – 8.370 MW;
- Usina Hidrelétrica de Itaipu – Paraná – 7.000 MW.

Uma usina hidrelétrica gera energia em razão da vazão de água. Composta por um reservatório, canal, duto, turbina, gerador, casa de força e linhas de transmissão. A água represada escoar por um duto, transformando a energia potencial da água armazenada em energia cinética. O movimento da água faz girar uma turbina que aciona um gerador elétrico, e a eletricidade gerada é conduzida para um transformador elétrico que despachada para consumo através das linhas de transmissão. Após esse processo, a água é devolvida ao meio ambiente (VILLALVA, 2015).

Se por um lado o país é um dos maiores produtores de eletricidade hidroelétrica, por outro lado, a hidrogenação depende das entradas de água diretamente afetadas pelas mudanças climáticas que, conseqüentemente, afetam a produção de eletricidade. Assim, a produção predominante de energia hidrelétrica do Brasil deve ser cada vez mais complementada pela geração térmica para enfrentar o rápido crescimento da demanda, o lento planejamento e construção de novas usinas hidráulicas, redução proporcional da possível energia armazenada nos reservatórios e períodos de seca maiores. (BONDARIK, 2018).

Com a complementação pela geração termoelétrica, o custo de geração aumenta. Assim, o governo brasileiro iniciou em 2015, através da Resolução Normativa nº 547, de 16 de abril de 2013, um esquema de variação de preços para dar maior flexibilidade ao custo da eletricidade, com intenção de pagar os custos mais altos

resultantes da geração térmica. Foram criados quatro níveis diferentes de tarifas (HUNT, 2018; ANEEL, 2019a):

- **Bandeira verde**: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- **Bandeira amarela**: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,015 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;
- **Bandeira vermelha** - patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,040 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;
- **Bandeira vermelha** - patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,060 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.

No Quadro 1 apresentamos quais bandeiras estiveram em vigor, mês a mês, até dezembro de 2019.

Quadro 1 - Bandeiras tarifárias vigentes de janeiro 2015 a dezembro 2019

PERÍODO	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro		Patamar 1			
Fevereiro					
Março					
Abril			Patamar 1		
Maiο			Patamar 1		
Junho				Patamar 2	
Julho				Patamar 2	
Agosto			Patamar 1	Patamar 2	Patamar 1
Setembro				Patamar 2	Patamar 1
Outubro			Patamar 2	Patamar 2	
Novembro			Patamar 2		Patamar 1
Dezembro			Patamar 1		

Fonte: EDP (2019).

2.1.2 Energia eólica

A energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (ventos). Sua exploração ocorre por meio da transformação da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, utilizando-se de turbinas eólicas, também chamadas de aerogeradores, acopladas a geradores elétricos para a produção da eletricidade (ANEEL, 2005).

O mercado eólico nos últimos anos tem crescido de forma considerável. Destaque para países como Alemanha, EUA, Dinamarca e Espanha, onde a potência adicionada anualmente supera 3.000 MW (ANEEL, 2005).

Para Villalva (2015), “o Brasil vem explorando com sucesso a energia eólica para geração de eletricidade”, e destaca o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), criado pela Lei nº 10.438/2002, que visa o aumento da participação de fontes alternativas renováveis, dentre elas a eólica, na matriz elétrica brasileira (BRASIL, 2002).

Programas como o Proinfa foram fundamentais para o desenvolvimento da geração de energia eólica no Brasil. Foi por meio de incentivos como o Proinfa e de uma série de ações institucionais adotadas, que a implementação de novos projetos cresceu rapidamente, aumentando a participação da energia eólica na matriz elétrica do Brasil, chegando a 7,6% em 2019 (PINTO, 2017; EPE, 2019).

Os primeiros projetos de energia eólica foram implementados na década de 90. O primeiro aerogerador foi instalado no Brasil em 1992 no arquipélago de Fernando de Noronha. Dados recentes mostram que o Brasil tem 619 parques eólicos com capacidade instalada de 15,4 GW. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) (2020), os cinco estados brasileiros que lideram a geração de energia eólica, são:

- Rio Grande do Norte – 151 usinas – 4.053 MW;
- Bahia – 153 usinas – 3.990 MW;
- Ceará – 79 usinas – 1.936 MW;
- Rio Grande do Sul – 80 usinas – 1.774 MW;

- Piauí – 60 usinas – 1.594 MW.

2.1.3 Energia da biomassa

A energia da biomassa é obtida a partir da queima de compostos orgânicos de origem vegetal ou animal.

Hunt, *et al* (2018), destaca o potencial de geração de eletricidade baseado em resíduos agrícolas, além do bagaço ele cita o eucalipto como alternativa, uma vez que pode ser queimado na mesma caldeira durante os meses de entressafra da cana-de-açúcar da cana. Essa alternativa, geração híbrida, pode trazer um ganho geral de 12,6 TWh por ano.

De acordo com Couto e Muller (2013 *apud* Ribeiro, 2017, p. 606) a energia de biomassa florestal no Brasil é constituída, em grande parte, pela produção do carvão vegetal (carbonização) e consumo direto da lenha, cavaco e resíduos florestais (combustão).

A biomassa já foi a fonte energética mais antiga utilizada pelo homem, principalmente pelo uso da lenha, mas dejetos agrícolas, cana de açúcar e milho são exemplos de biomassa renovável, uma vez que pode ser reconstituída pelo plantio (VILLALVA, 2015; SILVA, 2018).

Embora não seja um dos países pioneiros na torrefação de biomassa, o Brasil tem um grande potencial para implantação em larga escala neste setor devido à disponibilidade de biomassa agroflorestal em quantidade e diversidade (BONDARIK, 2018; SILVA, 2018).

Silva, *et al* (2018) e Hunt, *et al* (2018) relatam que a produção de biomassa brasileira apresenta um grande potencial, com condições favoráveis para uma expansão sustentável, ainda que, já sendo uma das maiores do mundo. Todavia, relatório divulgado pela EPE (2019) mostra não haver crescimento, do ano 2017 para o ano 2018, na produção de energia por biomassa, permanecendo sua participação na matriz elétrica nacional em 8,5%.

2.1.4 Energia solar

A demanda e o consumo globais de energia aumentaram exponencialmente. Diante de uma demanda alta, e cada vez maior por energia, a humanidade ainda depende fortemente de combustíveis fósseis relativamente baratos, como carvão, petróleo e gás natural (LOUKIL, 2020).

Contudo, as energias renováveis representam uma solução alternativa para enfrentar a crescente demanda, e uma das tecnologias de energia renovável mais adotada é o sistema de energia solar, dada sua satisfação econômica e ambiental (GUIDARA, 2020).

No período de 2012 a 2018, a energia solar despontou como uma das fontes de energia renovável mais promissora, tendo aumentado três vezes e meia sua capacidade, tornando-se a energia renovável mais amplamente utilizada (DOBREVA, 2020; RAD, 2020; RIAHI, 2020).

Conceituada por Varejão-Silva (2006, p. 165), como “a energia que se propaga sem necessidade da presença de um meio material”, a energia proveniente da radiação da luz e do calor do sol, pode ser aproveitada e utilizada transversalmente por meio de diferentes tecnologias.

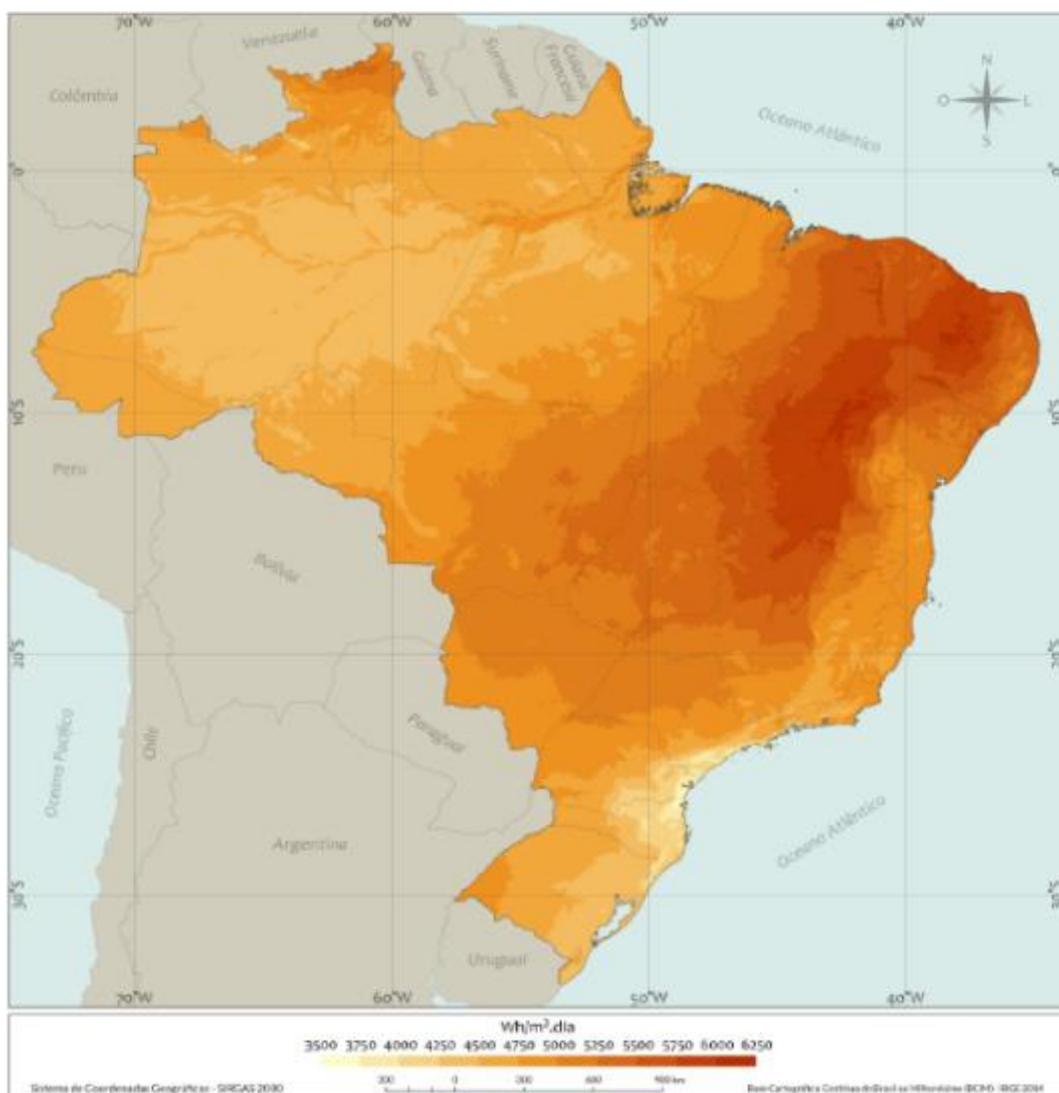
A energia do sol pode ser utilizada para produzir eletricidade graças ao efeito fotovoltaico, um fenômeno que transforma a radiação solar, utilizando-se de células compostas por materiais semicondutores específicos, em energia elétrica (VILLALVA, 2015).

Para caracterizar esse processo de transferência da energia solar, o termo radiação é uniformemente utilizado (VAREJÃO, 2006). Já a irradiação solar, consiste na quantidade de radiação que incide em uma superfície no decorrer de um certo período de tempo (BRAUN-GRANBOLLE, 2010).

A irradiação solar varia de acordo com a localidade, altura, relevo e demais características ambientais. Assim, dois locais com a mesma área e formato, mas em locais diferentes, ou dois locais com formato e área diferente, mas com a mesma localização, dificilmente tem o mesmo potencial energético. (RIBEIRO, 2016).

O mapa apresentado na Figura 4 apresenta uma perspectiva panorâmica da média anual do total diário de irradiação solar global incidente sobre o território brasileiro, expressando a medida de Wh/m².dia. Observa-se que por sua localização intertropical, constata-se que a irradiação global média anual apresenta boa uniformidade, com médias relativamente altas em todo país (FERREIRA, 2020).

Figura 4 - Total diário de irradiação global: média anual



Fonte: Pereira *et al.* (2017, p. 36).

Isto posto, qualquer região do território brasileiro apresenta uma quantidade de irradiação solar global entre 1200-2400 kWh/m², concentrações superiores aos da maioria dos países europeus, como Alemanha (900-1250 kWh/m²), França (900-1650 kWh/m²) e Espanha (1200-1850 kWh/m²), nos quais projetos para

aproveitamento de recursos solares, alguns contando com fortes incentivos governamentais, são amplamente disseminados (PEREIRA *et al.*, 2017).

Entre os maiores incentivos à geração de energia solar no Brasil está a norma editada pela ANEEL em 2012, regulamentando, através da Resolução Normativa nº 482, condições gerais permitindo a geração autônoma de energia (RIBEIRO, 2016).

A resolução estabelece a estrutura regulatória para acesso à

[...] microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

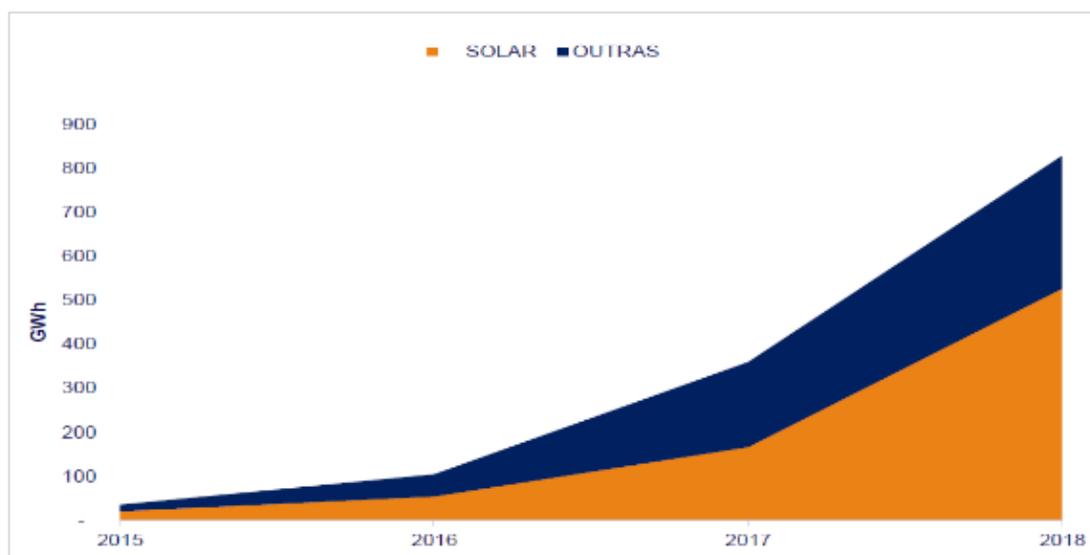
[...] minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras[...]. (ANEEL, 2012).

Embora, segundo Ferreira (2020), esta energia tenha uma participação incipiente na matriz energética brasileira, e que incentivo ainda é muito modesto para aumentar sua participação na matriz energética nacional, de acordo com Aneel (2019c), existem um quadro crescente, com mais de 82 mil usinas geradoras no país.

A fonte mais utilizada pelos consumidores brasileiros para geração solar é a fotovoltaica, através da micro e minigeração distribuída, com 82,6 mil micro e mini usinas e cerca de 870 megawatts (MW) de potência instalada. Em segundo lugar em potência instalada está a produção por centrais geradoras hidrelétricas (CGHs), com 86 usinas e 81,3 MW de potência. (ANEEL, 2019c).

No ano de 2017 a capacidade de geração na micro e minigeração distribuída (Gráfico 7) era de 359,1 GWh, passando em 2018 a 828,1 GWh, um aumento de 131%. A energia solar participa dessa estatística com 562 MW de potência instalada, correspondendo a 63,5% (EPE, 2019).

Gráfico 7 - Micro e minigeração distribuídas



Fonte: EPE (2019, p. 42).

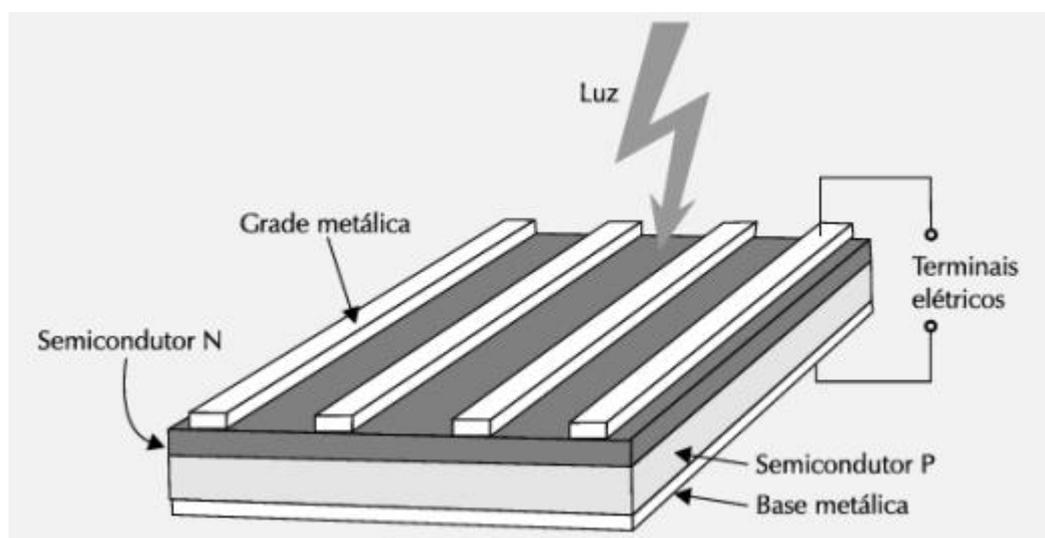
A ABSOLAR (2020) apresenta um *ranking* por potência instalada, e os cinco estados que mais geram energia, através da energia solar são:

- Minas Gerais – 512,3 MW;
- Rio Grande do Sul – 360,9 MW;
- São Paulo – 318,9 MW;
- Paraná – 259,2 MW;
- Mato Grosso – 148,4 MW.

2.2 TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS

As primeiras experiências com dispositivos fotovoltaicos remontam a 1939, quando Edmond Becquerel observou a conversão da energia solar em energia elétrica pela primeira vez ao expor uma estrutura de material semicondutor à luz, notando haver em seus extremos uma diferença de potencial. De acordo com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) (2008) e Villalva (2015), esse efeito denominado fotovoltaico, dá-se em materiais semicondutores, sendo utilizados para o fabrico das células fotovoltaicas (Figura 5).

Figura 5 - Estrutura de uma célula fotovoltaica



Fonte: Villalva (2015, p. 65).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) 10899:2013, uma célula fotovoltaica pode ser definida como um “dispositivo elementar especificamente desenvolvido para realizar a conversão direta de energia solar em energia elétrica” a partir do efeito fotovoltaico. (CHANDER, 2015).

As inovações mais importantes que utilizam energia solar são as células fotovoltaicas (AL-WAELI, 2020), e podem ser divididas em três gerações (CORCELLI *et al*, 2018):

- **Primeira geração** – Também denominadas como tecnologias tradicionais, traz os sistemas baseados em células de silício cristalino, como o Silício monocristalino e o Silício policristalino.
- **Segunda geração** – Com o processo dispendioso e custoso para obtenção do silício grau solar, buscou-se alternativas mais baratas. Os materiais como o Telureto de Cádmio (CdTe), o Silício Amorfo (a-Si) e o Disseleneto de Cobre-Índio-Gálio (CIGS) apresentam custos de produção menores, além de possuir maleabilidade e flexibilidade. Os filmes finos (*Thin-films*) permitem a redução de sua espessura para valores perto do micrão (aproximadamente duzentas vezes inferior à célula de silício).

- **Terceira geração** – Encontram-se em fase de desenvolvimento e investigação, possuindo um elevado potencial de comercialização. São exemplos: Células orgânicas e a Células sensibilizadas por corantes.

2.2.1 Células de silício mono e policristalino

O silício é o material semicondutor mais utilizado para fabricação das células, sendo extraído do mineral quartzo. Em 1918, o cientista polonês Czochralski desenvolveu um método para fabricar cristais de silício, hoje, “base da indústria de semicondutores para componentes eletrônicos e células fotovoltaicas.” (VILLALVA, 2015).

De acordo com a *German Solar Energy Society* (DGS), ao derreter o Silício Policristalino, forma-se o lingote de Silício. Durante esse processo, o cristal cresce em um monocristal cilíndrico com até 30 cm de diâmetro e vários metros de comprimento, sendo posteriormente cortados para formar barras semi-redondas ou quadradas, formando os *wafers* com cerca de 0,3 mm (DGS, 2013, p. 24). Para cada centímetro de lingote fatiado, obtém-se uma média de 20 a 30 unidades de *wafers* (20 a 30 *Wafer/cm*), que depois serão interligados formando os painéis fotovoltaicos.

O silício cristalino (c-Si) foi estabelecido como a principal fonte de matéria-prima, de acordo com a robustez e a confiabilidade. Essas células podem ser de dois tipos: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si) (FERREIRA, 2020).

O método para produzir o silício monocristalino (mono-Si) é mais trabalhoso e custoso, e por isso as células monocristalinas possuem valor financeiro maior do que as células policristalinas. Mesmo assim, a célula de silício monocristalino é a tecnologia mais tradicional (RÜTHER, 2004; VILLALVA, 2015).

Apresenta as seguintes características:

- a) Técnica de obtenção: Czochralski;
- b) Lingote cilíndrico;
- c) Célula rígida e quebradiça;
- d) Alto custo de produção;

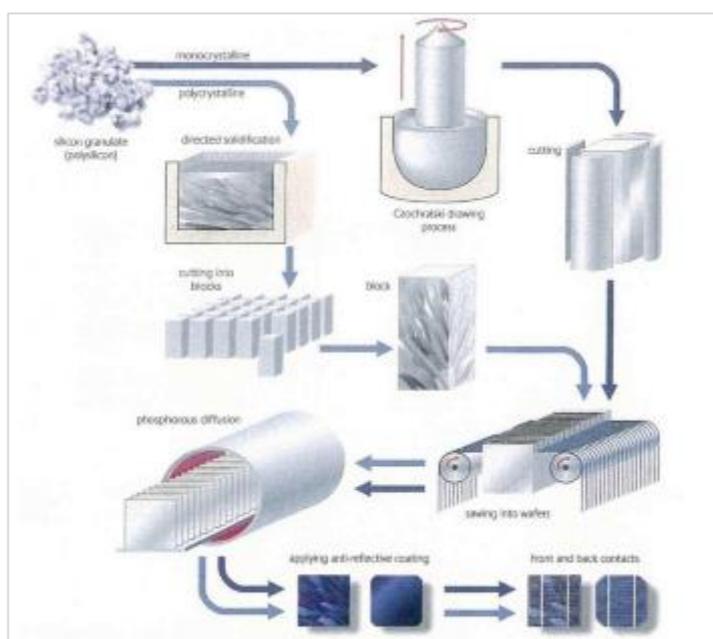
- e) Alta eficiência de conversão;
- f) Organização molecular homogênea. O que lhe confere aspecto brilhante e uniforme;
- g) Cor azul escuro ou preto. Podendo assumir coloração diferente a depender do tratamento antirreflexivo que receber.

A célula policristalina (Si-p), como o próprio nome sugere, é uma célula formada por múltiplos cristais de silício. Seu processo de fabricação é menos rigoroso que o da célula monocristalina (RÜTHER, 2004; VILLALVA, 2015).

O silício é derretido em um cadinho de quartzo e fundido na forma de um cubo. Esse processo ocorre através de aquecimento e resfriamento controlados, o bloco fundido resfria uniformemente formando um grande número de cristais homogêneos de silício, com granulometria entre alguns milímetros a vários centímetros. Na fundição, grandes blocos de silício ou lingotes são criados. Os lingotes geralmente são serrados em barras usando uma serra de fita e depois cortada em *wafers* com aproximadamente 0,3 mm de espessura utilizando de uma serra fio (DGS, 2013).

A Figura 6 nos mostra a cadeia de produção de um painel fotovoltaico, desde a purificação do silício, até a formação da célula.

Figura 6 - Cadeia de produção das células de silício



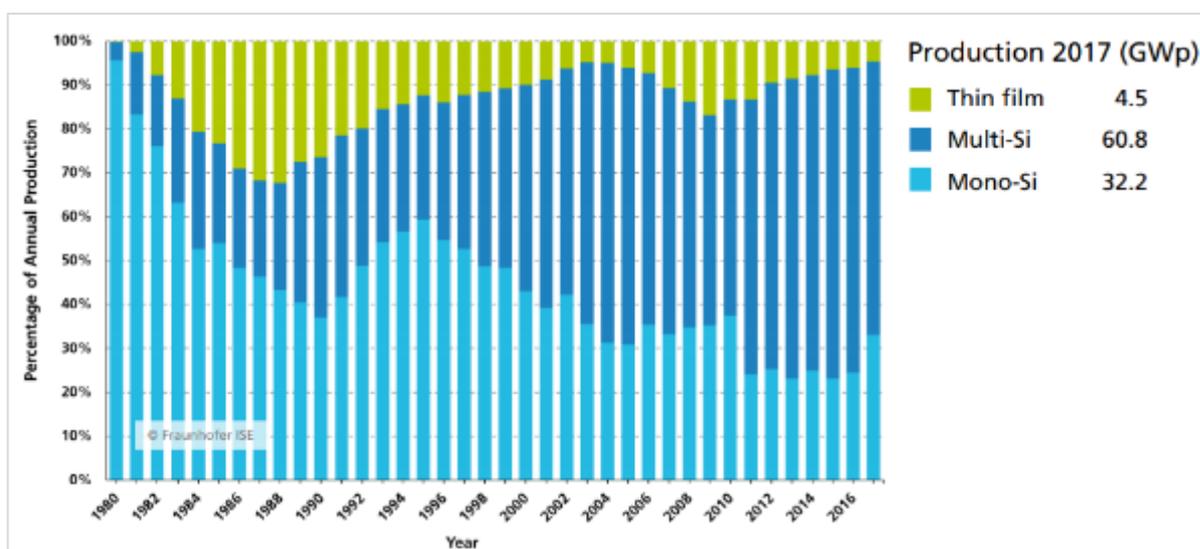
Fonte: DGS (2013).

Apresenta as seguintes características:

- a) Técnica de obtenção: Aquecimento em forma; Fundição de polisilício;
- b) Lingote quadrado;
- c) Célula rígida e quebradiça;
- d) Menor eficiência de conversão;
- e) Baixo custo, uma vez que sua perfeição cristalina é menor;
- f) Organização molecular heterogênea;
- g) Cor azul. Podendo assumir coloração diferente a depender do tratamento antirreflexivo que receber.

O Gráfico 8 apresenta o resultado de um estudo sobre a produção mundial de módulos fotovoltaicos por tipo até 2017.

Gráfico 8 - Produção fotovoltaico por tecnologia



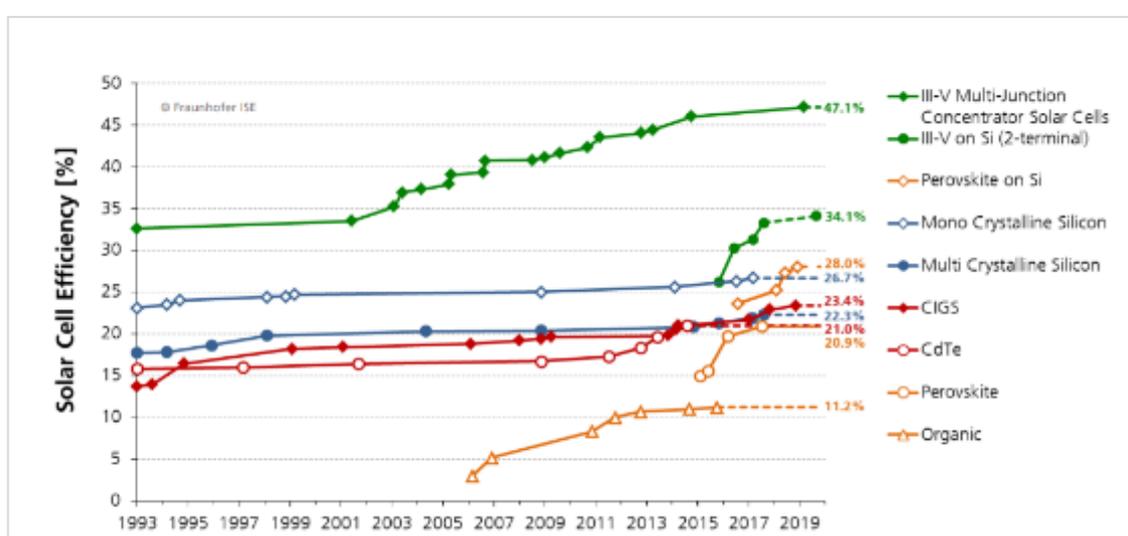
Fonte: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE) (2019).

Podemos observar que no início da década de 2000 a produção dos módulos mono e policristalinos estavam relativamente equilibradas. Entretanto, a partir do ano de 2012 a produção do silício policristalino começou a predominar, reduzindo a

participação do monocristalino no mercado. Em 2017, conforme mostra o gráfico a produção foi de cerca de 4,5%, 60,8% e 32,2% para as células de filmes finos, de silício monocristalino e policristalino, respectivamente (ISE, 2019).

Quanto a eficiência de conversão, em estudos realizados em laboratório, as células de silício monocristalino chegaram à eficiência de conversão superior a 25%, enquanto as policristalinas superaram os 22%, conforme Gráfico 9 (ISE, 2019).

Gráfico 9 - Eficiências de células solares de laboratório



Fonte: ISE (2019).

2.2.2 Células de filme fino (*Thin-Films*)

Como alternativa à tecnologia fotovoltaica baseada em silício, a tecnologia fotovoltaica de película fina se torna atraente no campo da energia sustentável. Os três materiais que dominam o mercado de células solares de filmes finos são: silício amorfo (a-Si), telureto de cádmio (CdTe) e disseleneto de cobre índio e gálio (CIGS) (CHEN, 2019).

Os filmes de CIGS podem ser obtidos por várias técnicas de deposição. A mais utilizada em células de alta eficiência é a co-evaporação em três estágios. Em cada estágio o controle da temperatura é fundamental para promover a mudança de fase e a cristalização. A maior vantagem das células de CIGS é a sua adaptação para fabricação em substratos flexíveis (VILLALVA, 2015; LIMA *et al*, 2017).

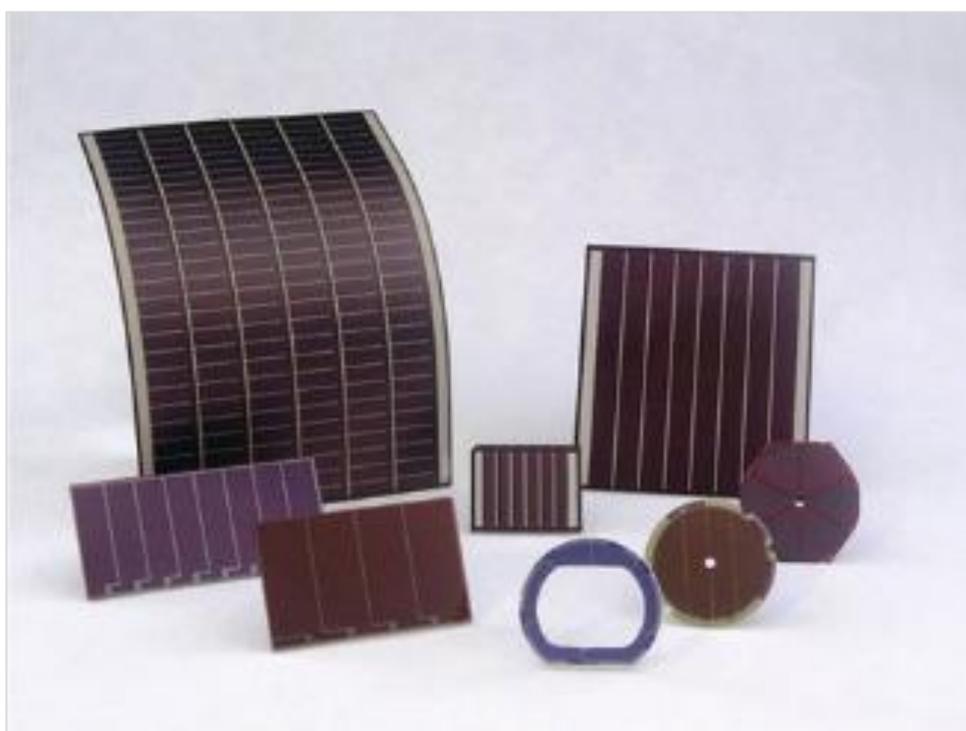
A eficiência das células de CIGS vem aumentando nos últimos anos, tendo sido certificada em 22,3%, o que o torna uma das opções mais populares. No entanto recursos limitados de índio na crosta terrestre e seu uso em outras aplicações podem limitar a produção. (PANDEY, 2016; GRENET, 2017).

O silício amorfo foi empregado em células solares ainda na década de 70, despontando como tecnologia para uso em calculadoras, relógios e outros produtos de baixo consumo elétrico. Seu processo de produção ocorre em temperaturas relativamente baixas, o que possibilita sua aplicação em substrato de baixo custo, como o vidro, a aço inox e até mesmo alguns plásticos (Figura 7).

Apresenta como características (RÜTHER, 2004):

- Flexibilidade;
- Baixa eficiência – 5 a 8%;
- Leve;
- Semitransparente;
- Aplicabilidade em superfícies curvas.

Figura 7 - Células solar de silício amorfo



Fonte: Panasonic Electric Works Europe (2018).

O silício amorfo, sendo a forma de estrutura não cristalina e desordenada do silício, apresenta uma taxa de absorção de luz 40 vezes maior em comparação com o silício monocristalino (PANDEY, 2016).

Por sua vez, a tecnologia CdTe obteve maior sucesso dentre as tecnologias de filmes finos baseadas em metal, isso devido a uma combinação de baixos custos de fabricação, com eficiência de conversão de energia relativamente alta, na ordem de 11%. Contudo, o cádmio (Cd) é um material tóxico, existindo grande preocupação com o descarte futuro deste material (CYRS, 2014; CHEN, 2019).

O outro problema em potencial é a disponibilidade de Telúrio, material raro, que pode causar algumas restrições de matéria-prima que afetarão o custo dos módulos (CHAAR, 2011).

2.2.3 Células orgânicas e células sensibilizadas por corantes

As células solares fotovoltaicas orgânicas visam fornecer uma solução fotovoltaica, que embora abundante na Terra, tem sido pouco utilizada. Essa tecnologia tem o potencial, teoricamente, de fornecer eletricidade a um custo menor do que as tecnologias solares de primeira e segunda geração.

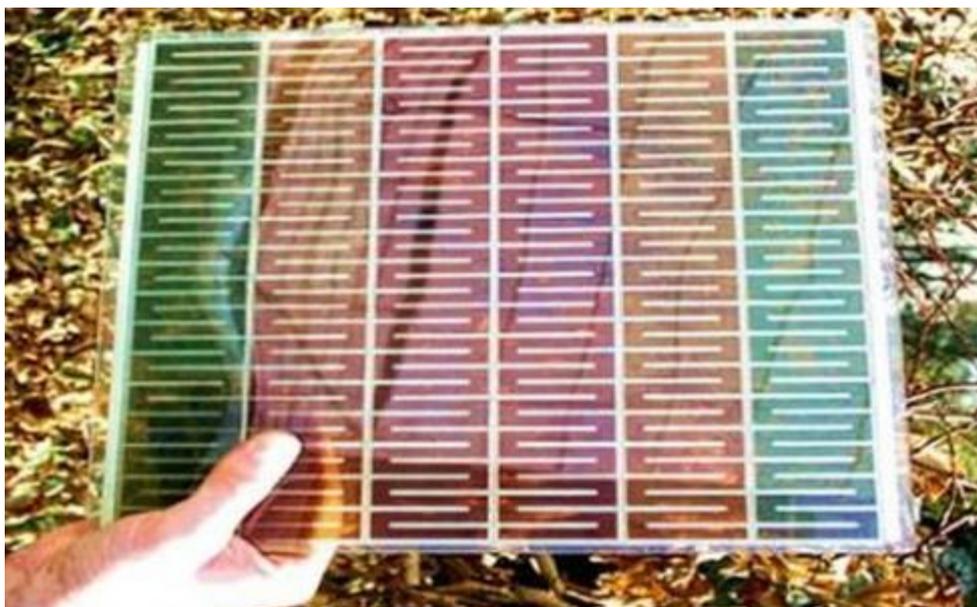
Como vários materiais podem ser usados para criar as células orgânicas, ela apresenta células coloridas ou semitransparentes, leves e flexíveis, o que a torna particularmente atraente dada sua gama de aplicações em detrimento das gerações anteriores (FERREIRA, 2020).

Pandey (2016) e o Ferreira (2020) afirmam que a célula solar orgânica alcançou eficiência perto de 12%, mas as limitações de eficiência e confiabilidade, a longo prazo, continuam sendo barreiras significativas.

As células solares sensibilizadas por corantes (Figura 8) se apresentam como alternativa técnica e econômica aos atuais dispositivos fotovoltaicos. A principal diferença deste tipo de célula, em comparação com células convencionais, é que o elemento funcional, responsável pela absorção de luz, está separado pelo mecanismo de transporte dos portadores de carga (GRATZEL, 2003).

Estas são compostas por um eletrodo de Dióxido de Titânio (TiO_2) com um corante obtido através de um composto metálico de Rutênio ou Ósmio, sobre um vidro coberto por Óxido de Estanho (SnO_2), dopado com Flúor, um eléctrodo de Platina e um eletrólito. Estas células possuem uma produção muito barata, não estando ainda definido o futuro desta tecnologia. (MONTEIRO, 2018, p. 50).

Figura 8 - Célula sensibilizada por corante



Fonte: Monteiro (2018).

2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas fotovoltaicos solares são robustos, de design simples, modulares, exigem pouca manutenção, podendo gerar energia desde microwatts a megawatts (PANDEY, 2016). Atualmente, tem ganhando atenção no mercado comercial devido à sua energia renovável, facilidade de instalação e ausência de gases nocivos ou de efeito estufa (HUSSAIN, 2019).

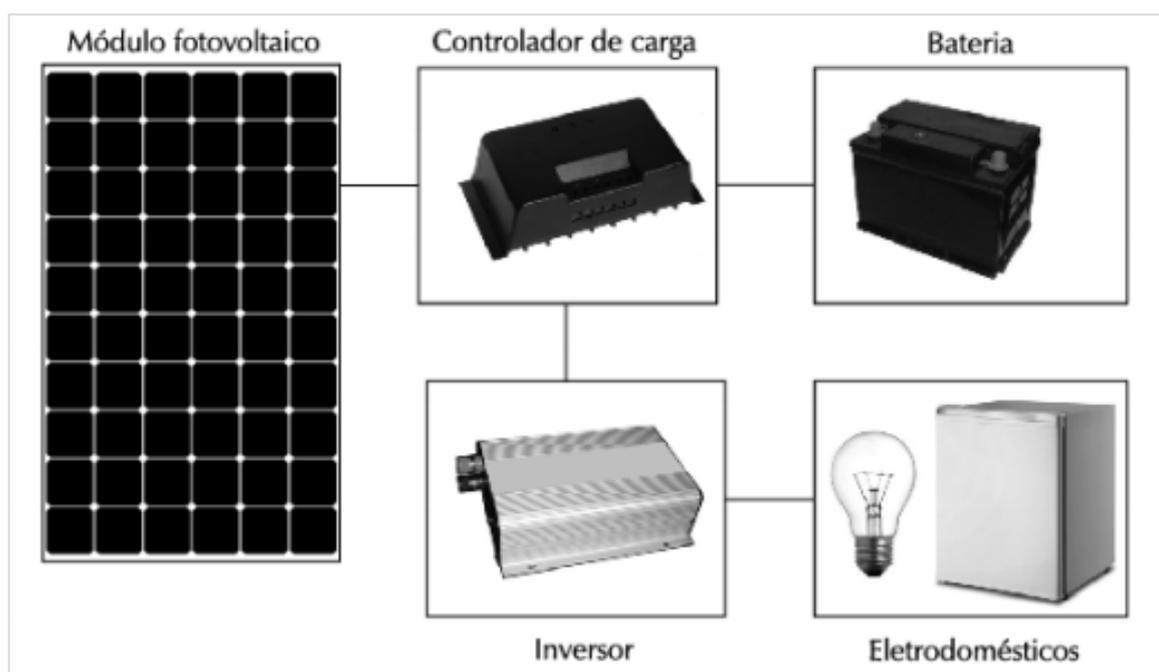
A NBR 11704:2008 classifica os sistemas fotovoltaicos quanto à sua interligação com o sistema público de fornecimento de energia elétrica: isolados ou conectados à rede elétrica (ABNT, 2008; FERREIRA, 2020).

Sistemas autônomos, também chamados de isolados ou *off-grid* (Figura 9), são aqueles que não possuem qualquer conexão com o sistema público de fornecimento de energia pública, armazenando a energia gerada em baterias. Geralmente, são

empregados para atender lugares onde a energia elétrica não está disponível, como, por exemplo, residências na zona rural, bombeamento de água, eletrificação de cercas, de postes de luz, entre outros (CROSSLAND *et al.*, 2015; VILLALVA, 2015).

De acordo com Crossland *et al.* (2015), os sistemas fotovoltaicos fora da rede compreendem painéis solares, controlador de carga, inversor e banco de baterias.

Figura 9 - Sistema fotovoltaico autônomo

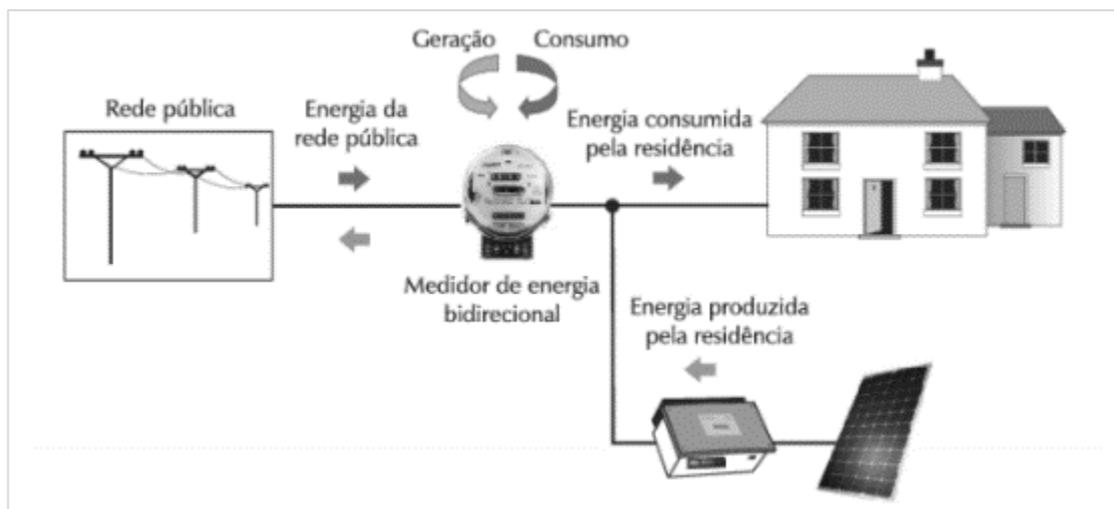


Fonte: Villalva (2015, p. 102).

Sistemas Conectados à rede elétrica ou *on-grid* (Figura 10), são aqueles que operam em paralelo com a rede elétrica, ou seja, estão conectados à rede elétrica. Tem como objetivo reduzir ou eliminar o consumo, ou até mesmo produzir energia excedente (VILLALVA, 2015, p. 149).

De acordo com Villalva (2015), este sistema é composto por painéis solares, cabos de conexão, inversor de corrente alternada CC/AC e medidor de energia bidirecional.

Figura 10 - Esquema de um sistema fotovoltaico *on-Grid*



Fonte: Villalva (2015, p. 157).

2.3.1 Componentes dos sistemas fotovoltaicos

Os sistemas descritos acima são compostos por alguns dos componentes que descreveremos a seguir:

a) Módulo Fotovoltaico

Os painéis fotovoltaicos têm a tarefa de converter energia de feixes de luz em energia utilizável (RAD, 2020).

A ABNT (2013, p. 6), por meio da NBR 10899:2013, define módulo fotovoltaico como sendo uma “unidade básica formada por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar energia elétrica”.

Em qualquer instalação fotovoltaica o módulo solar é componente fundamental, uma vez que é ele o gerador. No entanto, alguns parâmetros podem afetar seu rendimento.

A perda de desempenho na geração é o resultado de um conjunto de fatores intrínsecos ao local de instalação e próprios da tecnologia de fabricação do módulo. Citamos como exemplo: radiação solar, temperatura dos painéis, sombreamento, sujeira. O principal deles é a radiação solar, pois esta depende fundamentalmente da localização geográfica da instalação, bem como de sua inclinação e orientação (RÜTHER, 2004; VILLALVA, 2015).

De acordo com R  ther (2004), “a orientação ideal é a de uma superfície voltada para o equador (norte geográfico para instalações no hemisfério sul e sul geográfico para instalações no hemisfério norte)”.

b) Controlador de carga

Equipamento eletrônico obrigatório em sistemas isolados. É ele que faz a correta conexão entre o painel fotovoltaico e a bateria. Tem por função, monitorar o carregamento e a descarga do banco de baterias, protegendo contra sobrecargas do sistema (ABNT, 2008).

c) Inversor de frequência

Equipamento que converte a eletricidade de tensão e corrente contínua (CC), oriunda do gerador fotovoltaico ou do banco de baterias, em tensão e corrente alternada (CA), para uso doméstico. O Inversor deve ser escolhido de acordo com o tipo de sistema fotovoltaico, seu tamanho e demais componentes (ABNT, 2008).

O inversor pode ser classificado com base na capacidade de manipula o de energia, sendo tipo monofásico ou trifásico (PUSHPAKARAN *et al.*, 2016). Conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Categorias de inversores fotovoltaicos com base na capacidade de energia

Tipo Inversor	Capacidade de energia
Micro inversor	Unidades de 150 a 600 W que se conectam a um único painel solar.
Inversor <i>String</i> / Multi <i>String</i>	Unidades de 1 a 8 kW que se conectam a uma única série de painéis solares. Unidades de 8 a 20 kW que se conectam a várias sequências com rastreador de ponto de potência máximo (MPPT) individual.
Inversor central	Unidades de 20 a 100 kW que podem ser paralelas para atingir o nível de MW.

Fonte: Pushpakaran *et al.* (2016).

d) Bateria

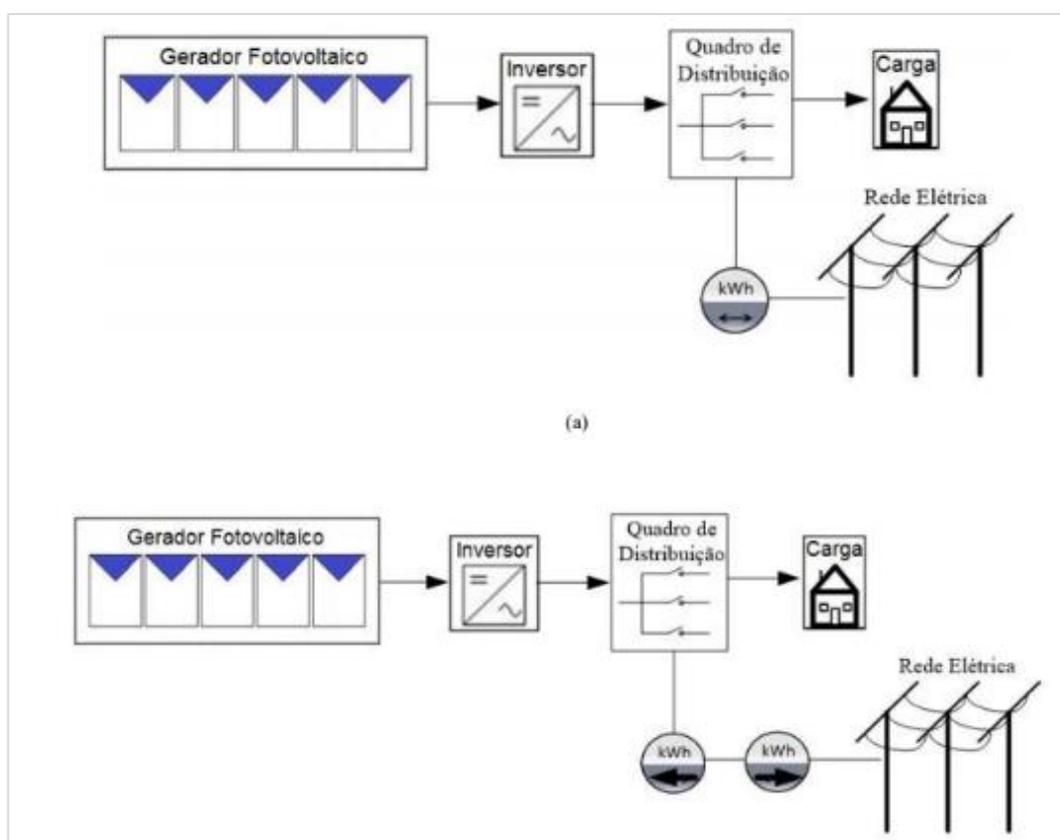
Utilizada nos sistemas aut nomos,   necessária para proporcionar fornecimento constante de energia e evitar o desperdício. Existem muitos tipos de baterias, mas

as de chumbo ácido são as mais conhecidas e utilizadas, devido ao seu custo reduzido. Embora com aspecto semelhante ao de uma bateria automotiva, há diferenças técnicas entre elas, não sendo recomendado o uso da última (VILLALVA, 2015).

e) Relógio Medidor

Utilizado em sistemas *on-grid*, o relógio medidor registra a energia consumida e a energia injetada na rede de distribuição. O modelo bidirecional registra separadamente, mas o uso de dois medidores unidirecionais também possibilita essa medição desde que façam a medição em cada sentido. O medidor bidirecional registra a entrada e a saída de energia elétrica em uma unidade consumidora, enquanto o medidor unidirecional registra a entrada ou a saída, como ilustra a Figura 11 (PINHO, 2014).

Figura 11 - Medição utilizando um medidor bidirecional e com dois medidores unidirecionais



Fonte: Pinho (2014).

2.3.2 Perdas e manutenção

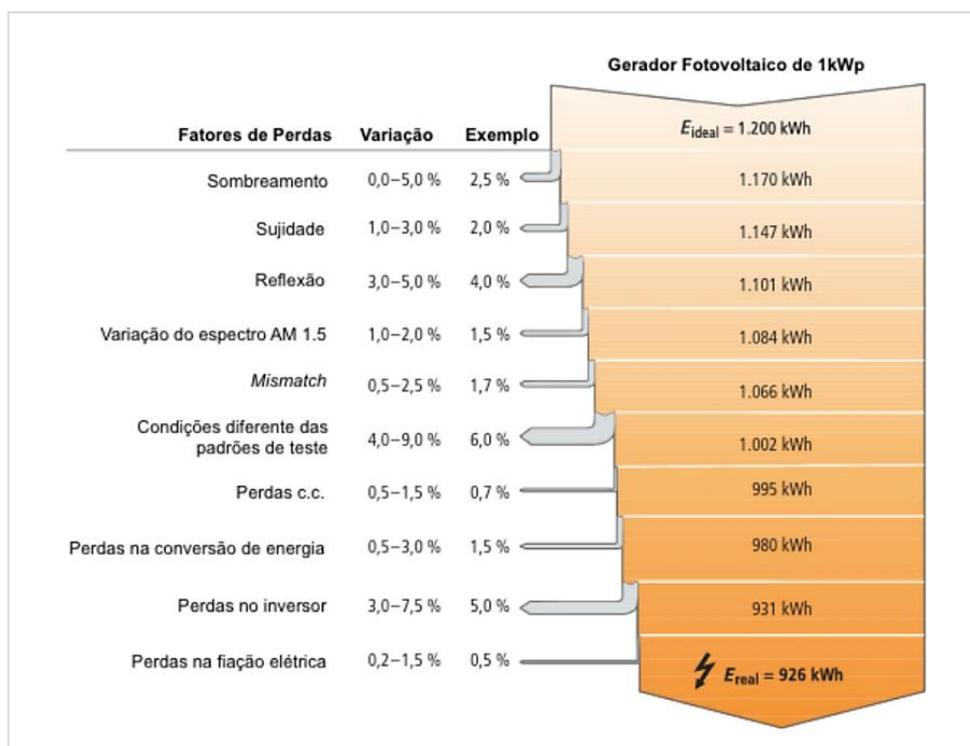
Todo sistema fotovoltaico deve passar por inspeção e manutenção, a fim de se evitar perdas de geração e danos aos equipamentos. Estima-se que o custo anual de manutenção e operação de um sistema fotovoltaico é de 1% do valor do investimento inicial (ANEEL, 2012; RAD, 2020).

Alguns procedimentos de manutenção preventiva podem ser realizados pelo próprio usuário, sendo relativamente rápido e simples. Recomenda-se a elaboração de um plano de operação e manutenção, seguindo as orientações dos fabricantes dos equipamentos (PINHO, 2014).

Embora a tecnologia fotovoltaica tenha se desenvolvido significativamente, os sistemas fotovoltaicos têm limitações que causam problemas de diminuição da geração nos módulos fotovoltaicos. De acordo com Loukil (2020, p. 320),

a diminuição é causada em grande parte pelos efeitos de sombras, nuvens, poeira, folhas caindo, etc. Como resultado, a potência total da cadeia de painéis fotovoltaicos diminui quando um único painel fotovoltaico é afetado por qualquer um desses fatores impeditivos.

Um estudo realizado pela Sociedade Alemã de Energia Solar (DGS, 2013), representado na Figura 12, elenca os principais fatores de perdas em sistemas fotovoltaicos *on-grid*, quais foram: Sombreamento; Sujidade; Reflexão; Variação do espectro AM 1.5; *Mismatch* (descasamento); Condições diferentes dos padrões de teste; Perdas c.c; Perdas na conversão de energia; Perdas no inversor e Perdas na fiação elétrica.

Figura 12 - Fatores de Perdas em um sistema *on-grid*

Fonte: Araújo (2016).

Segundo a DGS (2013 *apud* Araújo, 2016, p. 34)

em áreas industriais, com grande tráfego de automóveis, ou com clima seco, por exemplo, ocorre maior acúmulo de sujeira nos painéis fotovoltaicos. O efeito do acúmulo de sujeira é menor quando o módulo é limpo com a água da chuva. Uma angulação de pelo menos 10° é normalmente suficiente para que isto ocorra. Quanto maior a inclinação do módulo, mais fácil para que esta autolimpeza aconteça. Além disso, o *design* do painel pode ajudar a promover um maior acúmulo de sujeira, quando este contém bordas elevadas. Se o sistema estiver localizado em áreas com muito acúmulo de poeira, uma limpeza regular vai aumentar significativamente o desempenho do sistema. (ARAÚJO, 2016, p. 34).

A chuva pode até contribuir para a limpeza dos painéis, mas para Pereira *et al.* (2017) ela também afeta a geração de energia, isso devido ao sombreamento provocado pela nebulosidade que causa a diminuição dos níveis de irradiação.

O sombreamento pode ser um fator significativo, uma vez que a irradiância pode apresentar mudança drástica em questão de segundo, causando perda de geração. O sombreamento pode ser previsível e parcial, que são aqueles provocados por

árvores, edificações, postes, passagem de nuvens, folhas e sujeiras depositadas na superfície do módulo (PINHO, 2014).

Muitas pesquisas tem investigado o impacto da sujidade acumulada nos módulos na redução da eficiência.

Dastoori (2016) observou-se que o acúmulo de poeira na superfície do módulo fotovoltaico depende principalmente do nível de carga das partículas de poeira.

Zorrilla-Casanova *et al.* (2011), em estudo realizado na Universidade de Málaga, Espanha, concluíram que o acúmulo de poeira causa perda média diária de 4,4% de energia produzida por um módulo fotovoltaico, enquanto em períodos sem chuva pode chegar a até 20%.

Pavan *et al.* (2013) em sua pesquisa constataram que o desempenho da eficiência fotovoltaica dos painéis fotovoltaicos de silício policristalino diminuiu 5% devido à poluição por poeira após a exposição de um ano.

Pinho (2014) relata que perdas de até 10% já foram verificadas no Brasil, em regiões de muita poeira.

Para Gaio e Campos (2017), o acúmulo de poeira pode levar a uma queda de até 15% na produção de energia.

O acúmulo de sujeira nos painéis solares pode ter um impacto significativo no desempenho do sistema fotovoltaico, porém, muitas das informações disponíveis são aplicáveis apenas ao local específico em que o estudo foi realizado (PAVAN *et al.*, 2013).

Outro fator que interfere no rendimento de um sistema fotovoltaico é a temperatura. Os painéis fotovoltaicos normalmente não são mais de 20% eficientes na geração de eletricidade. O restante dos raios solares absorvidos é convertido em calor. O calor gerado aumenta a temperatura do painel, resultando em uma diminuição de sua eficiência elétrica (OBALANLEGE, 2020). De acordo com Al-Waeli (2020), “isso ocorre devido a perdas dentro da célula e ao efeito do clima circundante. Um aumento na temperatura da célula leva a uma diminuição na tensão em circuito aberto e, portanto, na energia elétrica produzida”.

Para Almeida (2012, p. 86),

esse efeito é mais acentuado no verão e normalmente é agravado em sistemas integrados à edificação, pois pode haver uma redução na ventilação. Dessa forma, células com coeficiente de temperatura pequeno para a tensão apresentam perdas menores nesse aspecto. Como regra geral, a potência do gerador fotovoltaico cai entre 0,3 e 0,4% a cada aumento de 1°C.

O inversor também pode gerar perdas, sobretudo aqueles

com baixa eficiência são responsáveis por grande parte das perdas de um sistema fotovoltaico. Além disso, mesmo inversores eficientes apresentam baixo rendimento quando operam com frações pequenas da potência nominal. Inversores modernos normalmente possuem perdas menores, pois apresentam eficiência elevada para uma grande faixa de operação. (ALMEIDA, 2012, p. 91).

Para ANEEL (2012), ao final de cada dez anos de operação é necessária a substituição dos inversores.

2.3.3 Planejamento e dimensionamento do sistema fotovoltaico

A seleção dos critérios de avaliação para projetar um sistema fotovoltaico é um dos trabalhos mais importantes para se obter um projeto fotovoltaico ideal (KHATIB, 2016). No entanto, “vários profissionais, utilizando o mesmo software de modelagem, para o mesmo sistema fotovoltaico, chegaram a modelos bastante diferentes, com variações significativas na produção de energia prevista.” (DOBREVA, 2020).

Como a produção fotovoltaica é afetada por vários fatores, os mais significativos são o ciclo diurno do sol e as condições climáticas continuamente variáveis, a modelagem precisa desses sistemas torna-se uma tarefa desafiadora (BÖÖK, 2020; DOBREVA, 2020).

Ao dimensionarmos um sistema fotovoltaico, algumas características devem ser levadas em consideração, como: a orientação, inclinação, radiação solar, área

disponível para instalação, local de montagem, sombreamento, comprimento do cabo, localização do inversor. De posse dessas informações, pode-se determinar a potência geral aproximada do sistema fotovoltaico e o número de módulos que podem ser acomodados na área (DGS, 2013, p. 151).

Ainda de acordo com DGS (2013), para instalação sobre o telhado a distância entre os módulos e a borda do telhado, deve ser de três vezes a distância vertical entre a superfície do módulo e o telhado, além de ser considerada uma folga de expansão entre os módulos, geralmente entre 6 mm e 10 mm.

3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Nesta seção abordaremos acerca das ações metodológicas adotadas para a realização desta pesquisa, com o propósito de atingir os objetivos geral e específicos. Sendo assim, a abordagem metodológica, as fontes e procedimentos da coleta de dados e o tratamento dos dados serão apresentados a seguir.

3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A presente pesquisa apresenta uma abordagem quantitativa, a qual Prodanov (2013) define como tudo o que pode ser quantificável, traduzindo em números opiniões e informações, de modo a classificá-las e analisá-las através do uso de técnicas estatísticas, apresentando interpretações das particularidades, buscando contribuir com a criação, mudança ou formação de opiniões.

3.2 FONTES E PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS

Inicialmente será realizado um levantamento dos dados técnicos que permitirão dimensionar e analisar a viabilidade de implantação da planta solar nos espaços disponíveis.

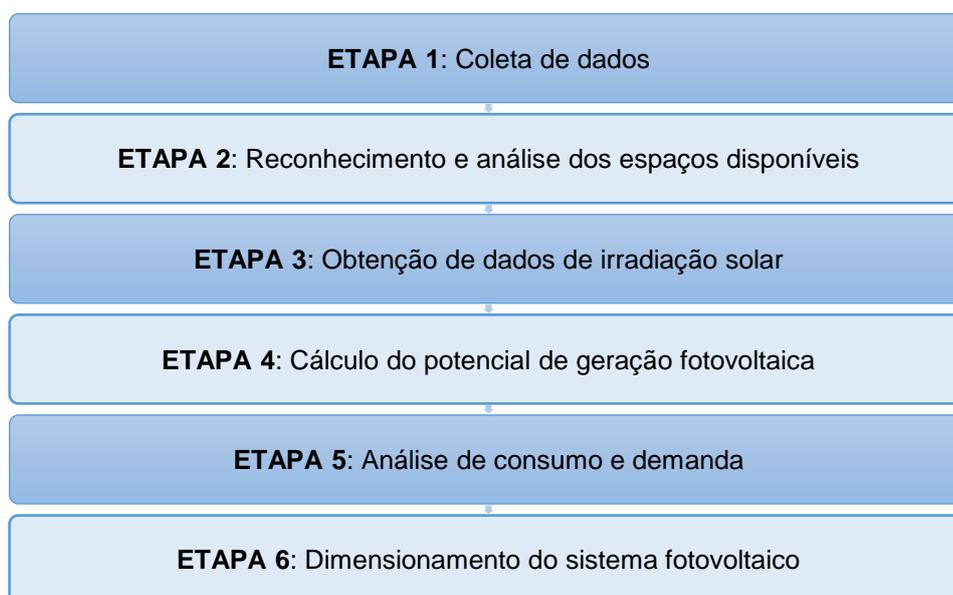
A partir do dimensionamento será realizada a análise econômica do projeto.

A seguir, será apresentada a metodologia definida para a realização da análise técnica e da viabilidade econômica.

3.2.1 Metodologia da análise técnica

Para análise técnica seguimos as seguintes etapas detalhadas a seguir na Figura 13.

Figura 13 - Fluxograma da metodologia de análise técnica



Fonte: Elaborado pelo autor.

A coleta de dados será realizada por meio de visita aos locais disponíveis, medições em campo, registro fotográfico e levantamento de informações no setor de engenharia e manutenção e na Coordenadoria Geral de Administração, Orçamento e Finanças (CGAO).

Por conseguinte, será necessária a definição de um módulo fotovoltaico. Informações como tamanho do módulo e sua potência, permitirão calcular a quantidade de placas, o espaço necessário para sua alocação e o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Os dados de irradiação solar local serão gerados por meio do programa SunData V 3.0, disponibilizado pelo Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, destinado ao cálculo da irradiação solar em qualquer parte do território brasileiro, a partir da inserção da localização geográfica (CRESESB, 2018).

Particularidades como altitude, pressão atmosférica, correntes marítimas, massas de ar e relevo fazem de cada região única. Assim, locais com mesma latitude não apresentam exatamente mesmo clima, apresentando rendimentos diferenciados para a tecnologia fotovoltaica (MIRANDA, 2013).

Na etapa 4, a análise de consumo e demanda será realizada através das informações contidas nas faturas de energia elétrica dos últimos 5 (cinco) anos.

Assim, a necessidade de consumo de energia elétrica será conhecida, possibilitando dimensionar o sistema fotovoltaico para atendimento da demanda da instituição, a fim de se obter como resultado uma conta “positiva” ou NULA = R\$ 0,00, não considerando recolhimentos legais.

Através dos dados da irradiação solar média diária da localidade e potência de conversão do módulo, é possível estimar a energia que será produzida pelo sistema. Utilizaremos a fórmula:

$$\text{Energia} = \text{Potência} \times \text{Tempo} \times (\text{rendimento}) \quad (1)$$

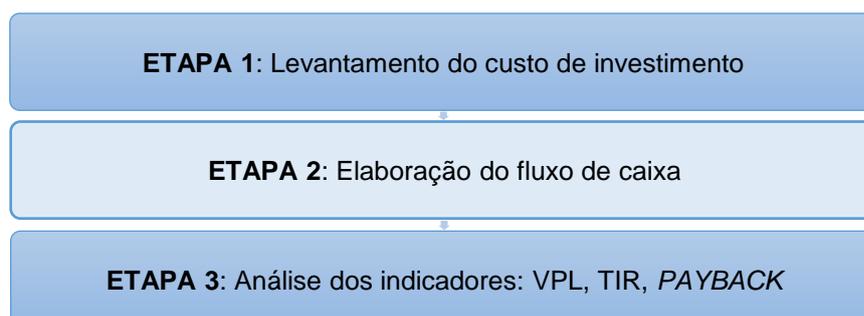
A fórmula acima estima a energia produzida por um módulo em um dia. Contudo, pode ser também estimada uma média mensal ou anual, bastando multiplicar o valor obtido por 30 ou 365, respectivamente.

A definição da estrutura de fixação e da quantidade máxima de módulos que podem ser instalados deve ser feita a partir do estudo da capacidade de carga do telhado, o que foge ao escopo deste trabalho.

3.2.2 Metodologia da análise econômica

Para análise econômica seguimos as seguintes etapas detalhadas a seguir na Figura 14:

Figura 14 - Fluxograma da metodologia de análise de viabilidade econômica



Fonte: Elaborado pelo autor.

O empreendimento, objeto do estudo de viabilidade que se está elaborando, requer o uso de um determinado montante de recursos para a sua implantação, no qual é denominado investimento.

A pesquisa para determinar o custo do investimento para instalação do sistema fotovoltaico será realizada junto ao Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais (SIASG), que é o sistema onde são realizadas as operações de compras governamentais, em licitações realizadas no ano de 2019 com características semelhantes à desta pesquisa.

Para a elaboração do fluxo de caixa, utilizaremos o Método de Monte Carlo (MMC). Este método foi idealizado em 1946, pelo matemático polonês Stanislaw Ulam, durante um jogo de 52 cartas, quando tentou calcular as probabilidades de sucesso de uma determinada jogada utilizando da análise combinatória, porém, percebeu haver uma alternativa mais prática que seria simplesmente simular inúmeras jogadas, por exemplo, cem ou mil, contando quantas vezes cada resultado ocorria (METROPOLIS, 1987).

A utilização do método de simulação de Monte Carlo na análise de investimentos é recomendada quando não há certeza de acontecimentos futuros, mas são sabidos, em intervalo de confiança, quais os limites de variação dos elementos envolvidos no estudo.

Hoje, a técnica Monte Carlo é aplicada em diversas áreas da pesquisa e tornou-se uma ferramenta matemática comumente utilizada para simular problemas que podem ser representados por processos estocásticos (YORIYAZ, 2009).

O MMC consiste basicamente na geração de números aleatórios² associados a técnicas probabilísticas e é utilizado para solução de problemas não convencionais, cuja solução por métodos determinísticos seria muito trabalhosa, quando não inviável (MACHADO, 2012).

Machado (2012, p. 225) afirma que

² A geração de números aleatórios geralmente utiliza combinações e resultados de operações matemáticas das mais variadas formas. Assim, os números na verdade são gerados de forma determinística. Desta forma, A saída da maioria dos geradores de números aleatórios não é verdadeiramente aleatória, ela somente aproxima algumas das propriedades dos números aleatórios. Portanto, seria mais adequado chamá-los de pseudoaleatórios.

[...] por método determinístico entenda-se aquele baseado em discretizações numéricas das variáveis das funções que descrevem o processo em análise. A simulação estocástica utiliza variáveis aleatórias como entrada e através de algoritmos computacionais baseados nas leis da probabilidade e estatística, geram saídas que devem ser interpretadas como estimativas estatísticas das características reais do processo em análise.

Na prática, diante de um problema envolvendo incertezas, realizar uma simulação utilizando-se do Método Monte Carlo para aproximar sua solução, consiste em quatro passos padrões:

- Modelar o problema definindo uma função de densidade de distribuição de probabilidade (FDP) para representar o comportamento de cada uma das suas incertezas.
- Gerar valores pseudoaleatórios aderentes à FDP de cada incerteza do problema.
- Calcular o resultado determinístico substituindo as incertezas pelos valores gerados obtendo, assim, uma observação do problema. Repetir os passos B e C até se obter uma amostra com o tamanho desejado de realizações.
- Agregar e manipular os resultados da amostra de forma a obter uma estimativa da solução do problema.

A opção pela simulação, ou método Monte Carlo, se deu pela possibilidade de ver todos os resultados exequíveis de suas decisões, simulando diversos factíveis cenários, e avaliar o impacto em termos de risco, permitindo que se tomem melhores decisões em situações de incerteza.

Neste estudo as incertezas ponderadas são:

- a) Consumo energético médio mensal;
- b) Valor do kW.h;
- c) Norma de bandeiras tarifárias, definida pela Aneel.

Assim, não sabendo com exatidão, mas conhecendo os limites mínimos e máximos que esses elementos podem variar, podemos elaborar um modelo, simular cenários futuros e calcular o resultado econômico de todas as possíveis combinações das variáveis.

Por conseguinte, objetivando analisar a viabilidade econômico-financeira foi necessário definir indicadores econômicos, para a observação, análise e tratamento dos dados levantados. Optou-se por utilizar: *payback*, Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR).

Ressalta-se que, por se tratar de um estudo de viabilidade econômica, no qual cada projeto a ser desenvolvido pode utilizar de diferentes tipos de indicadores de viabilidade para medir ou analisar se um determinado investimento é viável ou não, optou-se pela VPL e a TIR, ambos por considerarem a dimensão do tempo nos valores monetários. A VPL, entretanto, é considerado um método mais robusto para a análise do fluxo de caixa, consistindo na atualização de todos os períodos do fluxo de caixa em valor presente.

Por sua vez, o cálculo do *payback* fez-se necessário para basear a avaliação do gestor sobre a viabilidade do investimento, pois, mesmo que o VPL e a TIR sejam positivos, se o *payback* demorar muito, o investimento pode não se tornar interessante.

Definidos os métodos, foi preciso, ainda, determinar a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que é uma taxa que pode ser estabelecida conforme a política de cada instituição. No entanto, a determinação ou escolha da TMA é de grande importância na decisão de alocação de recursos nos projetos de investimento (SCHROEDER, *et al.*, 2005, p. 35).

Segundo Pilão e Hummel (2003 *apud* Rabuske, 2018, p. 4), a TMA é formada, basicamente, a partir de três componentes: o custo de oportunidade, que representa a remuneração que teríamos pelo capital, a exemplo a remuneração da caderneta de poupança; o risco do negócio, uma vez que o ganho deve remunerar o risco inerente à nova ação; e, a liquidez do negócio, que pode ser descrita como a facilidade, a velocidade de mudar de posição no mercado para assumir outra.

Neste trabalho, optamos por utilizar a TMA igual à taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic), divulgada pelo Comitê de Política Monetária (COPOM), uma vez que a mesma representa a taxa básica de juros da economia brasileira (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2020). Outros trabalhos também recorreram à taxa Selic para a análise de viabilidade econômica, apresentamos alguns destes a seguir no Quadro 2.

Quadro 2 - Trabalhos que utilizaram a taxa Selic para análise de viabilidade econômica

ESTUDO	TAXA
<p>ANZANELLO JUNIOR, J. D.; WERNER, L. Análise de viabilidade econômica da implantação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica na cidade de Porto Alegre. <i>In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO</i>, 8., 2018, Ponta Grossa, PR. Anais [...]. Ponta Grossa, PR: Associação Paranaense de Engenharia de Produção, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329798213_Analise_de_viabilidade_economica_da_implantacao_de_sistemas_de_geracao_de_energia_solar_fotovoltaica_na_cidade_de_Porto_Alegre. Acesso em: 5 mar. 2020.</p>	7,5% a.a
<p>BELLIDO, M. H. <i>et al.</i> Barriers, challenges and opportunities for microgrid implementation: the case of Federal University of Rio de Janeiro. Journal of Cleaner Production, [s. l.], v. 188, p. 203-216, 1 July 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.012. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618306619. Acesso em: 5 mar. 2020.</p>	13,5% a.a
<p>CAMARGO, M. P.; COSTA, C. R. Viabilidade econômica do cultivo de videira Niágara Rosada. Revista Ipecege, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 52-85, abr./jun. 2017. DOI: https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.2.52. Disponível em: https://revista.ipecege.org.br/Revista/article/view/136. Acesso em: 5 mar. 2020.</p>	11,45% a.a
<p>CAMIOTO, F. C.; GOMES, V. P. R. G. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaica nas residências uberabenses. Produção Online: revista científica eletrônica de Engenharia de Produção, Florianópolis, v. 18, n. 4, p. 1159-1180, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v18i4.2649. Disponível em: https://producaonline.org.br/rpo/article/view/2649/1731. Acesso em: 20 jul. 2019.</p>	14,5% a.a
<p>FERREIRA, T. A. <i>et al.</i> Hotel sustentable: viabilidad económica de su implementación a partir de la percepción de los consumidores. Estudios y Perspectivas en Turismo, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 447-469, abr. 2019. Disponível em: https://link.gale.com/apps/doc/A583692935/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=90b21c51. Acesso em: 5 mar. 2020.</p>	8,25% a.a
<p>FREITAS, B. M. R.; HOLLANDA, L. Micro e minigeração no Brasil: viabilidade econômica e entraves do setor. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Bruno_Freitas8/publication/316213109_Micro_e_minigeracao_no_Brasil_viabilidade_economica_e_entraves_do_setor/links/58f62628458515d388dbfea2/Micro-e-minigeracao-no-Brasil-viabilidade-economica-e-entraves-do-setor.pdf. Acesso em: 5 mar. 2020.</p>	12,5% a.a
<p>LUZ, F. C. <i>et al.</i> Techno-economic analysis of municipal solid waste gasification for electricity generation in Brazil. <i>Energy Conversion and Management</i>, [s. l.], v. 103, p. 321-337, Oct. 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.06.074. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890415006226. Acesso em: 5 mar. 2020.</p>	7,5% 10,58% 15% a.a
<p>SILVEIRA, G. F.; VIDIGAL, V. G. Avaliação da viabilidade econômica e do risco de uma unidade produtiva de pequena escala de produção de feijão no Município de Campo Mourão (PR). Acta Scientiarum: Human and Social Sciences, Maringá, v. 36, n. 2, p. 169-175, July/Dec. 2014. DOI: https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v36i2.23500. Disponível em: http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/23500/pdf_30. Acesso em: 5 mar. 2020.</p>	8,28% a.a

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Posto isto, a TMA definida foi de 3,75% a.a., taxa vigente no mês de abril de 2020 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2020).

A seguir apresentaremos características dos métodos escolhidos para a análise de viabilidade econômica.

3.2.2.1 Payback

O *payback* é o período de tempo necessário para que se recupere o capital investido em um projeto, o qual é calculado a partir das entradas de caixa (GITMAN, 2004). Para Bruni e Famá (2007, p. 67) *payback* é um método fácil, simples e direto, que busca estimar o tempo necessário para se recuperar o investimento realizado.

Segundo Gitman (2004, p. 339), quando utilizamos o método *payback* para tomar decisões de concordância ou rejeição, devemos aplicar os seguintes critérios:

- Se o intervalo de tempo do *payback* for inferior ao período máximo aceitável para ressarcimento do investimento, o projeto será aceito.
- Se o intervalo de tempo do *payback* for superior ao período máximo aceitável de ressarcimento do investimento, o projeto será rejeitado.

Para obter o *payback* Simples de um projeto de investimentos, basta verificar o tempo necessário para que o saldo do investimento seja igual a zero. Como o *payback* simples não considera o custo de capital, a soma do saldo do investimento pode ser feita com base nos valores nominais. (BRUNI; FAMÁ, 2007, p. 67).

O método do *payback* descontado, assim como o *payback* simples, busca demonstrar o tempo que será necessário para recuperação do investimento. Contudo, utiliza uma taxa de desconto para verificar a quantidade exata de períodos em que o empreendimento recobra o valor inicial investido (ZANIN, 2012). Frequentemente, tem se utilizado a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

3.2.2.2 Taxa interna de retorno (TIR)

A TIR representa a taxa de juros para a qual o valor presente das entradas de caixa resultantes do projeto iguala o valor presente dos desembolsos do mesmo, uma medida bastante utilizada no orçamento de capital. Caracteriza, desta forma, a taxa de remuneração do capital investido (ZANIN, 2012).

O método TIR é, então, a taxa que “zera” o fluxo de caixa num determinado período, sendo, portanto, necessário conhecer os montantes de dispêndio de capital e dos fluxos de caixa gerados pela decisão (VERGARA, 2017; ZANIN, 2012).

Pode ser calculada por meio da Equação:

$$0 = -i + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (2)$$

Na fórmula:

Σ - Representa a somatória;

FC - Representa um fluxo de caixa;

t - Representa o momento em que o fluxo de caixa ocorreu;

i - Taxa mínima de Atratividade ou taxa de desconto;

n - Período de tempo.

Como resultados poderemos encontrar:

- TIR > TMA - significa que o investimento é economicamente atrativo;
- TIR < TMA - o investimento não é atrativo, há recomendação de rejeição;
- TIR = TMA - o investimento está economicamente numa situação de indiferença.

3.2.2.3 Valor presente líquido (VPL)

O VPL consiste em transferir para o instante atual todas as variações de caixa esperadas, descontá-las a uma determinada taxa de juros, e somá-las algebricamente (PONCIANO, 2004). Assim, o VPL é projeções do fluxo de caixa que consistem em transferir para o instante atual todas as variações de caixa esperadas.

Pode ser calculado por meio da seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{Fc_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

O valor presente líquido se apresentará na seguinte condição (CÂMARA, 2018):

- VPL > 0, positivo, o retorno obtido no projeto será maior que o investimento inicial, aumentando dessa forma o ativo do investidor e demonstrando que o projeto é viável.
- VPL < 0, negativo, o retorno obtido no projeto não pagará o investimento inicial, mostrando que o projeto é inviável.
- VPL = 0, o retorno obtido no projeto será igual à TMA, tornando indiferente implementar ou não o projeto.

3.3 FORMA DE TRATAMENTO DOS DADOS

Dada abordagem quantitativa, utilizou-se de software de planilhas eletrônicas e seus recursos de fórmulas e funções, para construção de tabelas, gráficos e quadros, para análise dos dados obtidos. De acordo com Lakatos e Marconi (2003, p. 169), essa representação auxilia na compreensão e interpretação dos dados.

O Capítulo 4 traz os resultados obtidos nessa pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentaremos os resultados encontrados e os discutiremos. Aqui, busca-se percutir a teoria, oriunda de livros, artigos, legislações e outras publicações, unida à pesquisa documental, com os resultados obtidos no caminho metodológico, objetivando o alcance dos objetivos propostos.

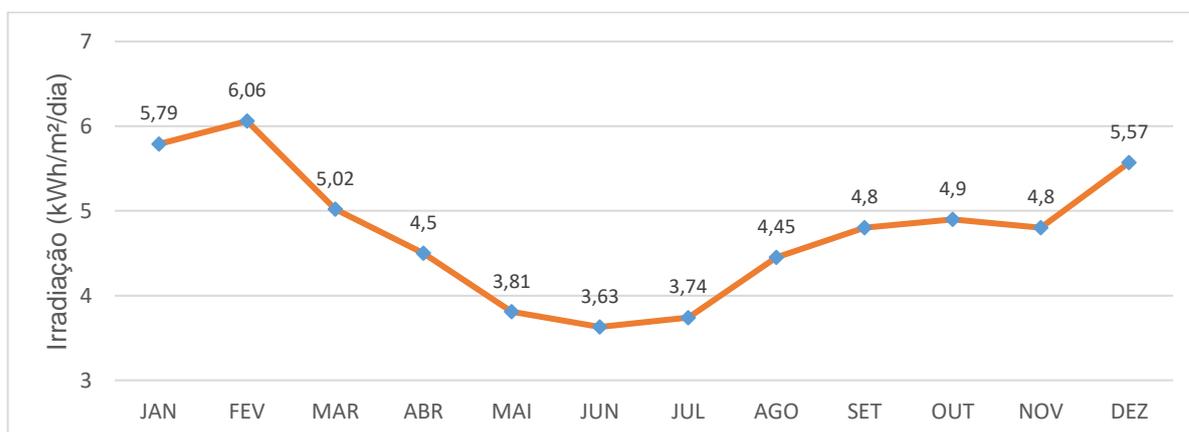
4.1 DA VIABILIDADE TÉCNICA

A análise de viabilidade técnica nesta pesquisa consistiu em examinar se os espaços disponíveis apresentavam características essenciais para a implantação de uma planta solar.

Para efeitos de cálculos no dimensionamento da planta solar necessária para prover a energia elétrica demandada, utilizou-se o índice solarimétrico da CRESESB, que é representado pela grandeza kWh/m²/dia, ou seja, a quantidade de watts que incidem em uma área de 1 m² durante um dia. Através da inserção da localização geográfica no sistema, latitude: 20°14'25''S e longitude: 41°30'22''O, conhecemos que a cidade de Ibatiba recebe uma média de 4,75 kWh/m²/dia (CRESESB, 2018).

No Gráfico 10, a seguir, apresentamos os valores médios de irradiação solar diária retornados pelo sistema para a localidade em estudo.

Gráfico 10 - Irradiação solar no plano horizontal para Ibatiba-ES



Fonte: CRESESB (2018).

A estimativa do potencial de geração de energia fotovoltaica foi feita utilizando a expressão (1). Consideramos para fins de cálculos um módulo de 330W, considerando perdas de rendimento baseado nos dados apresentados no item 2.3.2.

Assim, temos:

$$\text{Energia} = \text{Potência} \times \text{Tempo} \times (\text{rendimento})$$

$$\text{Energia} = 330 \times 4,75 \times 0,80$$

$$\text{Energia} = 1,25 \text{ kWh/dia}$$

$$\text{Energia} = 1,25 \times 30 = 37,5 \text{ kWh/mês}$$

Estudadas as características do consumo de energia elétrica da instituição, informações levantadas através das faturas emitidas pela concessionária no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2019 (vide Apêndice A), obteve-se que o consumo médio anual da instituição é de 13.600 kWh. Assim, a partir da estimativa de potencial de geração de energia fotovoltaica calculada, será necessário a instalação de aproximadamente 362 painéis para suprimento da demanda.

Para que a instalação de um sistema fotovoltaico no Ifes - Campus Ibatiba seja viável tecnicamente, o Ifes deverá dispor de uma área aproximada de 600m², livre de projeção de sombras, com alta incidência solar, possibilitando a instalação na direção noroeste, nordeste ou norte, para maior eficiência.

O Campus Ibatiba é composto por 7 blocos e áreas ainda não construídas. No entanto, dentre estes, apenas duas áreas estão disponíveis e reúnem características que tornam viável a instalação do sistema, uma área sobre o telhado do bloco G, e outra no solo, próximo à divisa com a creche municipal. Foi observado que adjacente a estas áreas não há estruturas capazes de projetar sombra.

O Bloco G é uma quadra poliesportiva (Figura 15) coberta com telhas metálicas apoiadas sobre uma estrutura de aço em arco. Sua projeção horizontal é de aproximadamente 600m², todavia, dada sua característica curva, a face que recebe maior incidência solar, estando voltada para direção nordeste, é de aproximadamente 300m². No entanto, não há impedimento quanto à instalação em sua totalidade.

Figura 15 - Locais disponíveis para instalação



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A outra área, que se localiza próximo à divisa com a creche municipal, onde há atualmente um estacionamento, gramado e viveiro, tem uma área disponível podendo chegar a até 600m² (Figura 16).

Figura 16 - Área próximo à creche municipal



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O sistema proposto, de minigeração distribuída, irá operar em paralelismo com a rede de eletricidade. Desta forma, dado que poderá haver produção excedente de energia, esta será injetada na rede, podendo a instituição quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para abatimento na fatura dos meses seguintes (ANEEL, 2012). Assim, um medidor bidirecional de energia irá registrar a energia injetada na rede, bem como a energia consumida, se necessário, vinda da rede.

Posto que o sistema irá operar em paralelismo com a rede de eletricidade, estudou-se o ponto mais próximo à instalação onde será feita a interligação entre planta solar e rede elétrica.

A unidade consumidora conta com uma subestação, que liga o campus a uma rede trifásica de distribuição primária de 13,8kV. Saindo da subestação existe uma rede já instalada pela instituição que permite a conexão do sistema fotovoltaico à rede de eletricidade. A Figura 17 mostra os espaços vistos de cima, bem como o tracejado que indica as possíveis conexões ao circuito de energia mais próximo, uma vez que os inversores deverão ser conectados à rede existente, já que a pretensão é a implantação de um sistema fotovoltaico *on-grid*.

Figura 17 - Área do projeto: vista aérea do Ifes - Campus Ibatiba



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O circuito de energia mais próximo da área de divisa com a creche municipal, para conexão do inversor, está a aproximadamente 40 metros, localizado em frente ao Bloco E. Para conversão da energia gerada sobre o telhado do bloco G, o ponto mais próximo para conexão do inversor encontra-se ao lado da guarita, a aproximadamente 6 metros.

4.2 DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Sabendo que para suprir a demanda energética da instituição é necessário a implantação de um sistema de 120kWp, foi feita pesquisa com a finalidade de balizar os custos de investimento.

A pesquisa de preços foi realizada junto ao Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais (SIASG), em licitações realizadas no ano de 2019. Apresentamos o resultado a seguir na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores praticados no mercado

DEMANDA	FORNECEDOR	Vlr. (R\$) Un. kWp	Vlr. (R\$) Total
120 kWp	Base Abastecimento da Marinha - UASG 771100 Pregão Nº 31/2017	3.650,00	438.000,00
	Justiça Federal UASG: 90020 Pregão Nº 16/2019	3.978,94	477.472,80
	Instituto Federal do Espírito Santo - UASG: 158422 RDC Nº 01/2018	4.041,01	484.921,20
	Tribunal Superior do Trabalho 24ª Região UASG: 80026 Pregão Nº 41/2018	4.066,66	487.999,20
	Tribunal Superior Eleitoral UASG: 70016 Pregão Nº 29/2019	4.934,55	592.146,00
	Média:		R\$ 496.107,84

Fonte: Portal de Compras - Governo Federal (2019).

De posse dos dados, o próximo passo foi construir o fluxo de caixa. Para realizar as simulações de fluxo de caixa e obter os indicadores de viabilidade econômica foi necessário definir os parâmetros de análise e os fatores específicos que poderão afetar a rentabilidade do investimento ao longo de sua vida útil.

Para a formação do fluxo de caixa, as receitas e despesas foram contabilizadas anualmente. O tempo de vida do projeto foi definido em função da vida útil dos módulos fotovoltaicos, que é de 25 anos.

Considerou-se, ainda, segundo estudo realizado por (EPE, 2012, p. 24), os custos de manutenção igual anual igual a 1% do valor do investimento, e a substituição dos inversores no décimo e no vigésimo ano de operação, devido seu desgaste natural, correspondendo o custo dos inversores a aproximadamente 10% do custo inicial do sistema.

Foram realizadas 300 (trezentas) simulações de possíveis cenários, através do Método Monte Carlo, permitindo assim a construção do fluxo de caixa apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Fluxo de caixa projetado em 25 anos

(continua)

ANO	FLUXO CAIXA (R\$)	CUSTOS MANUTENÇÃO	SUBSTITUIÇÃO INVERSORES	SALDO (R\$)
0	-496.107,84	-	-	-496.107,84
1	141.097,78	4.961,08	-	-359.971,14
2	153.503,19	4.961,08	-	-211.429,03
3	155.449,59	4.961,08	-	-60.940,52
4	161.494,60	4.961,08	-	95.593,01
5	149.876,89	4.961,08	-	240.508,82
6	146.493,17	4.961,08	-	382.040,91
7	156.429,54	4.961,08	-	533.509,37
8	144.346,75	4.961,08	-	672.895,04
9	133.589,96	4.961,08	-	801.523,92
10	163.993,75	4.961,08	24.805,39	910.945,81
11	135.905,72	4.961,08	-	1.041.890,45
12	137.817,56	4.961,08	-	1.174.746,94
13	136.535,41	4.961,08	-	1.306.321,27

ANO	FLUXO CAIXA (R\$)	CUSTOS MANUTENÇÃO	SUBSTITUIÇÃO INVERSORES	SALDO (R\$)
14	147.518,32	4.961,08	-	1.448.878,51
15	143.979,21	4.961,08	-	1.587.896,64
16	140.680,52	4.961,08	-	1.723.616,08
17	144.631,44	4.961,08	-	1.863.286,44
18	144.691,42	4.961,08	-	2.003.016,78
19	142.514,32	4.961,08	-	2.140.570,03
20	142.395,12	4.961,08	24.805,39	2.228.393,28
21	134.619,94	4.961,08	-	2.358.052,15
22	148.633,80	4.961,08	-	2.501.724,87
23	153.241,42	4.961,08	-	2.650.005,21
24	133.790,92	4.961,08	-	2.778.835,05
25	133.506,14	4.961,08	-	2.907.380,11
TOTAL	3.081.017,85	124.026,96	49.610,78	2.907.380,11

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 4 são apresentados os indicadores de desempenho obtidos para o fluxo de caixa do investimento.

Tabela 4 - Indicadores de desempenho

INDICADORES	VALOR OBTIDO
VPL	R\$ 1.847.340,82
TIR	25,39%
<i>Payback</i>	42 meses

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Observando o fluxo de caixa, foi calculado que uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 3,75% a.a., proporciona a recuperação do investimento proposto em um período de 42 meses.

A partir do fluxo do caixa calculamos o VPL, o quanto vale o capital de um investimento no presente. Assim, a título de exemplo, tomamos a entrada do período 16, de R\$ 140.680,52, considerando a TMA de 3,75%, o valor presente seria de R\$

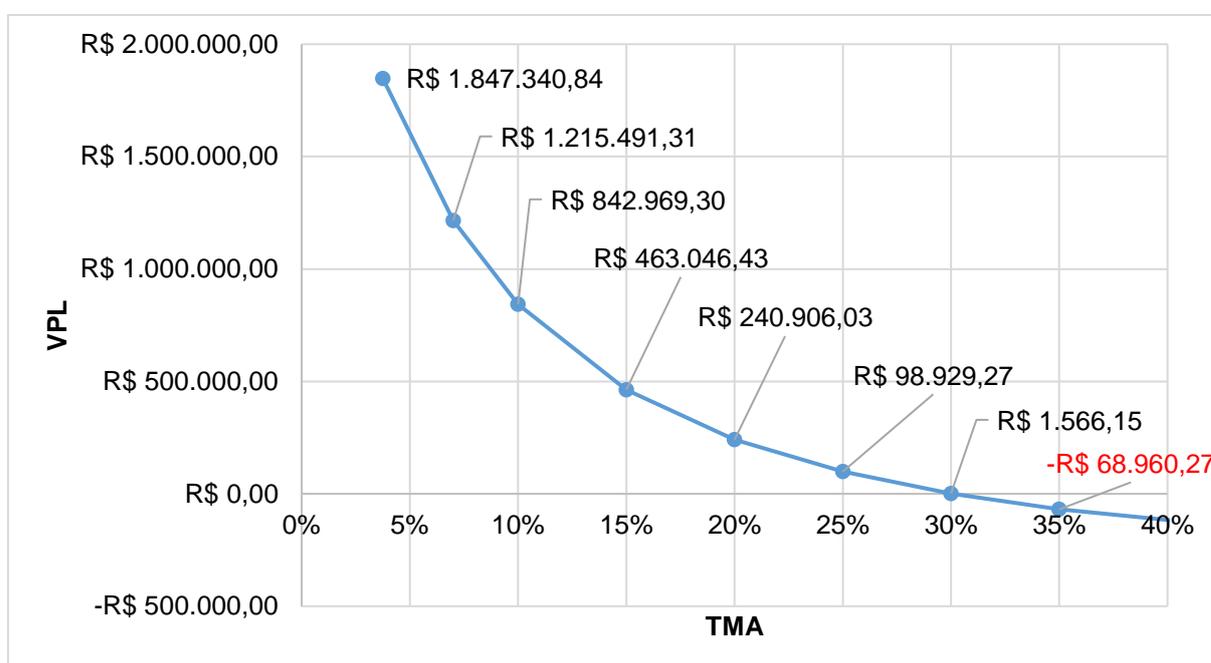
78.059,24, ou seja, o valor investido neste momento vale mais do que se investido daqui a 16 anos.

O resultado do VPL indica um ganho a se obter de R\$ 1.847.340,82 ao final da vida útil do sistema. Por sua vez, a TIR calculada, de 25,39%, se apresenta bem maior que a TMA, um indicador favorável.

Nesse contexto, considerando que TMA é fixada de acordo com características do investidor, procurou-se simular como a variação da TMA influenciaria os indicadores de viabilidade do investimento.

A fim de determinar em que momento o VPL apresentaria um valor negativo, o que tornaria o projeto inviável, elaboramos o Gráfico 11, e nele podemos observar que para inviabilizar o projeto é necessário que a TMA seja superior a 31% a.a, ou seja, o VPL é afetado negativamente com o aumento da TMA.

Gráfico 11 - TMA x VPL



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Vale mencionar que a última vez que a Selic ultrapassou 31% a.a., taxa que inviabilizaria o projeto, foi em abril de 1999, 20 anos atrás (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões que foram obtidas a partir da análise dos resultados técnicos e econômicos, além de sugestão para trabalhos futuros que venham a surgir a partir dele.

5.1 CONCLUSÕES

Muito antes do início de um empreendimento, sua implantação propriamente dita, é necessário planejar, realizar estudos que permitam determinar sua exequibilidade e economicidade, através de ferramentas que permitam antever os resultados, e assim, obter confiabilidade e segurança na tomada de decisão.

Duas situações podiam ser encontradas antes do estudo. A primeira, constantes cortes orçamentários, promovidos pelo governo federal, dificultavam o planejamento orçamentário da instituição, sobretudo para investimento, uma vez que mais de 80% de seu orçamento, definido por lei, estavam comprometidos com serviços de natureza continuada. A segunda, era que apesar de elaborado no ano de 2013, o Plano de Gestão de Logística Sustentável (PGLS), e prever a realização de um relatório de viabilidade para utilização de energia solar e outras formas limpas de geração de energia, este não havia sido ainda elaborado.

Desse modo, o objetivo geral deste trabalho foi realizar um estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de um sistema fotovoltaico no Ifes - Campus Ibatiba, tendo como objetivos específicos a realização do estudo utilizando-se de metodologias, ou indicadores, de viabilidade econômica, e a avaliação dos espaços físicos da instituição para determinar a viabilidade técnica da instalação da planta solar.

Os resultados revelaram que a implantação de uma usina de minigeração de energia fotovoltaica no Ifes - Campus Ibatiba é economicamente atrativa, uma vez que a TIR se apresenta maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). De mesma forma, mostra-se viável, uma vez que o retorno obtido com a implantação do projeto será maior que o investimento inicial.

No cenário econômico, considerando o lapso temporal de 25 anos, tempo de vida média dos painéis fotovoltaicos, este estudo calculou que a recuperação do investimento pode ser alcançada em um período de 42 meses, com a obtenção de um retorno econômico de R\$ 1.847.340,82 ao final do período, uma taxa que remunera o investimento em 25,39%.

A análise dos espaços físicos disponíveis na instituição, para determinar a viabilidade de implantação do sistema, revelou que a instituição dispõe de espaços que possibilita não só implantação, como também a ampliação do sistema no futuro, graças a duas características do sistema fotovoltaico: modular, pois permite através da adição de novos módulos a expansão em função do aumento do consumo energético; e versátil, ao permitir a distribuição das placas fotovoltaicas pelas áreas disponíveis e com irradiação solar satisfatória.

A partir dos resultados, e por apresentar um estudo ainda não existente na instituição, foi gerado um produto técnico ajustado à linha de pesquisa intitulada Tecnologia, Inovação e Operações no Setor Público, dentro do projeto estruturante 4: transformação e inovação organizacional.

Infere-se que este estudo fortalece o poder de decisão dos gestores. Portanto, podemos considerar haver um alto impacto potencial nos ambientes social, econômico e cultural.

O impacto social potencial é por apresentar o compromisso da instituição com a sustentabilidade, optando por um método de geração energética renovável, inesgotável, eficiente e não poluidor. No contexto econômico a ênfase é de que a geração própria de energia levará à redução dos gastos com energia elétrica, a economia, e por sua vez, à disponibilidade de orçamento, permitindo melhor desempenho na gestão dos recursos. Por fim, um impacto cultural potencial, por permitir reafirmar o comprometimento com sua visão, missão e valores, auferindo identidade à instituição que busca o estabelecimento de uma cultura organizacional baseada na qualidade e excelência.

O produto desenvolvido possui baixo teor de inovação, pois se utiliza de conhecimentos preestabelecidos para sua elaboração. Todavia, representa uma inovação para o Ifes - Campus Ibatiba no contexto de apoio à tomada de decisão e Planejamento Estratégico, podendo ser utilizado de imediato, não só pela instituição

estudada, como por qualquer outra instituição pública, uma vez que a metodologia adotada e descrita permite a replicação sem dificuldades.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

De maneira genérica, os resultados mostram uma previsão precisa da viabilidade técnica e econômica da produção do sistema fotovoltaico, o que pode ser útil no futuro para o cálculo do retorno, a estabilização da rede elétrica e o monitoramento e avaliação de sistemas fotovoltaicos.

Para superar possíveis limitações na análise dos resultados técnicos e econômicos disponíveis para avaliação qualitativa do modelo, o potencial da técnica de viabilidade técnico-econômica pode ser explorado em trabalhos futuros.

Como trabalhos futuros, sugere-se:

1. Estudar incluir na implementação prática ações para prolongar a vida útil, ou seja, um estudo do método de manutenção (modelos preditivos de sistemas fotovoltaicos) para esta configuração do sistema.
2. Estudar a viabilidade de implantação de sistema com rastreamento solar. Suas vantagens, desvantagens e impacto econômico do ponto de vista do investimento e da manutenção.
3. Estudar a irradiação solar no local de implantação, utilizando-se de instrumentos apropriados, e assim obter resultados reais, uma vez que características como altitude, pressão atmosférica, relevo, dentre outras, podem interferir no rendimento.
4. Realizar estudo buscando traçar um panorama brasileiro em relação aos principais países do mundo, quanto ao incentivo, investimento e uso, por órgãos públicos, da energia fotovoltaica.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Geração Distribuída**. Brasília, DF: ANEEL, 2020. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjViLTlIMjltN2E5MzBkN2ZlMzVklwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 04 ago. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **ANEEL atualiza metodologia de acionamento das bandeiras tarifárias**. Brasília, DF: ANEEL, 2019a. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-atualiza-metodologia-de-acionamento-das-bandeiras-tarifarias/656877. Acesso em: 25 jul. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: ANEEL, 2005. *E-book*. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2005_AtlasEnergiaEletricaBrasil2ed/06b7ec52-e2de-48e7-f8be-1a39c785fc8b. Acesso em: 25 jul. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Brasil ultrapassa marca de 1GW em geração distribuída**: regulamentos da Agência possibilitaram avanço da geração distribuída. Brasília, DF: ANEEL, 2019b. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/brasil-ultrapassa-marca-de-1gw-em-geracao-distribuida/656877. Acesso em: 25 nov. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Hidrelétricas superam 100 mil MW de potência fiscalizada**. Brasília, DF: ANEEL, 2019c. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/hidreletricas-superam-100-mil-mw-de-potencia-fiscalizada/656877?inheritRedirect=false. Acesso em: 25 nov. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Micro e minigeração distribuída**: sistema de compensação de energia elétrica. 2. ed. Brasília, DF: ANEEL, 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida++2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída [...]. Brasília, DF: ANEEL, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- ALMEIDA, M. P. **Qualificação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 2012. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: http://lsf.iee.usp.br/sites/default/files/Mestrado_Marcelo_Pinho_Almeida.pdf. Acesso em: 22 maio 2020.

ALWAEELI, A. H. A. *et al.* Evaluation of the electrical performance of a photovoltaic thermal system using nano-enhanced paraffin and nanofluids. **Case Studies in Thermal Engineering**, [s. l.], v. 21, Jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2020.100678>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X19304137>. Acesso em: 25 jun. 2020.

ANZANELLO JUNIOR, J. D.; WERNER, L. Análise de viabilidade econômica da implantação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica na cidade de Porto Alegre. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 8., 2018, Ponta Grossa, PR. **Anais [...]**. Ponta Grossa, PR: Associação Paranaense de Engenharia de Produção, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329798213_Analise_de_viabilidade_economica_da_implantacao_de_sistemas_de_geracao_de_energia_solar_fotovoltaica_na_cidade_de_Porto_Alegre. Acesso em: 5 mar. 2020.

ARAÚJO, A. J. N.; RANK, N. L.; BUENO, T. B. A. **Análise dos fatores de perdas nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em Curitiba**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2015_2_27/2015_2_27_final.pdf. Acesso em: 5 maio 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Eólica: energia para um futuro inovador**. São Paulo: ABEEólica, 2020. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/energia-eolica-o-setor/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Infográfico ABSOLAR: energia solar fotovoltaica no Brasil**. São Paulo: ABSOLAR, 2020. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10899: energia solar fotovoltaica: terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11704: energia solar fotovoltaica: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxas de juros básicas: histórico: histórico das taxas de juros fixados pelo Copom e evolução da taxa Selic**. Brasília, DF: BCB, 2020. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BELLIDO, M. H. *et al.* Barriers, challenges and opportunities for microgrid implementation: the case of Federal University of Rio de Janeiro. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 188, p. 203-216, 1 July 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618306619>. Acesso em: 5 mar. 2020.

BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. **Interciencia**: revista de ciencia y tecnología de las Américas, Santiago, Chile, v. 43, n. 10, p. 680-688, oct. 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33957861002>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BÖÖK, H. *et al.* Photovoltaic system modeling: a validation study at high latitudes with implementation of a novel DNI quality control method. **Solar Energy**, [s. l.], v. 204, p. 316-329, 1 July 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.04.068>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X20304540>. Acesso em: 1 jul. 2020.

BRASIL. Decreto nº 9.203, de 22 de novembro de 2017. Dispõe sobre a política de governança da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 154, n. 224, p. 3-4, 23 nov. 2017a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9203.htm. Acesso em: 5 mar. 2019.

BRASIL. Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, ano 41, n. 86-E, p. [1-3], 5 maio 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LCP/Lcp101.htm. Acesso em: 20 set. 2019.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 81, p. [1-2], 29 abr. 2002. Edição extra. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10438.htm. Acesso em: 17 mar. 2020.

BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 145, n. 253, p. 1-3, 30 dez. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm. Acesso em: 17 mar. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **Expansão da Rede Federal**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec-programas-e-acoos/expansao-da-rede-federal>. Acesso em: 20 ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Secretaria de Gestão. Instrução normativa nº 5, de 26 de maio de 2017. Dispõe sobre as regras e diretrizes do procedimento de contratação de serviços sob o regime de execução indireta [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 154, n. 100, p. 90-

109, 26 maio 2017b. Disponível em:

<https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/760-instrucao-normativa-n-05-de-25-de-maio-de-2017>. Acesso em: 15 jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. Instrução normativa nº 10, de 12 de novembro de 2012. Estabelece regras para elaboração dos Planos de Gestão Logística Sustentável [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 220, p. 113-114, 14 nov. 2012. Disponível em:

<https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/394-instrucao-normativa-n-10-de-12-de-novembro-de-2012>. Acesso em: 15 mar. 2020.

BRAUN-GRANBOLLE, P. **A integração de sistemas solares fotovoltaicos em larga escala no sistema elétrico de distribuição urbana**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: http://fotovoltaica.ufsc.br/Teses/Tese_Priscila_Braun.pdf. Acesso em: 4 abr. 2019.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **As decisões de investimentos**: com aplicações na calculadora HP12C e Excel. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

CÂMARA, C. R. M.; SILVA, R. P.; GAVA, N. W. Viabilidade econômica para implantação de área de escape. **Revista IPecege**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 46-53, abr./jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2018.2.46>. Disponível em: <https://revista.ipecege.com/Revista/article/view/153/139>. Acesso em: 3 out. 2018.

CAMARGO, M. P.; COSTA, C. R. Viabilidade econômica do cultivo de videira Niágara Rosada. **Revista IPecege**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 52-85, abr./jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.2.52>. Disponível em: <https://revista.ipecege.org.br/Revista/article/view/136>. Acesso em: 5 mar. 2020.

CAMIOTO, F. C.; GOMES, V. P. R. G. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaica nas residências uberabenses. **Produção Online**: revista científica eletrônica de Engenharia de Produção, Florianópolis, v. 18, n. 4, p. 1159-1180, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v18i4.2649>. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2649/1731>. Acesso em: 20 jul. 2019.

CAPELLÁN-PÉREZ, I.; DE CASTRO, C.; ARTO, I. Assessing vulnerabilities and limits in the transition to renewable energies: land requirements under 100% solar energy scenarios. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 77, p. 760-782, Sept. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.137>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117304720>. Acesso em: 10 jun. 2019.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Energia solar**: princípios e aplicações. Rio de Janeiro: CRESESB, 2008. Disponível em:

http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321. Acesso em: 28 jul. 2019.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Potencial solar**: SunData v 3.0. Rio de Janeiro: CRESESB, 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 19 set. 2019.

CHAAR, L. E.; IAMONT, L. A.; ZEIN, N. E. Review of photovoltaic technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 15, n. 5, p. 2165-2175, June 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032111000050>. Acesso em: 10 maio 2020.

CHANDER, S. *et al.* A study on photovoltaic parameters of mono-crystalline silicon solar cell with cell temperature. **Energy Reports**, [s. l.], v. 1, p. 104-109, November 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2015.03.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484715000189>. Acesso em: 04 ago. 2020.

CHEN, Y. *et al.* Preparation of Cu(In,Ga)Se₂ nanoparticles via solvothermal method in conjunction with ball milling process and its applications to thin-film solar cells. **Journal of Alloys and Compounds**, [s. l.], v. 791, p. 1-10, June 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.03.253>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925838819310795>. Acesso em: 04 ago. 2020.

CORCELLI, F. *et al.* Sustainable urban electricity supply chain: indicators of material recovery and energy savings from crystalline silicon photovoltaic panels end-of-life. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 94, pt. 3, p. 37-51, Nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X16301327>. Acesso em: 18 abr. 2020.

CROSSLAND, A. F. *et al.* A socio-technical approach to increasing the battery lifetime of off-grid photovoltaic systems applied to a case study in Rwanda. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 83, p. 30-40, Nov. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.04.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148115003006>. Acesso em: 2 maio 2020.

CYRS, W. D. *et al.* Landfill waste and recycling: Use of a screening-level risk assessment tool for end-of-life cadmium telluride (CdTe) thin-film photovoltaic (PV) panels. **Energy Policy**, [s. l.], v. 68, p. 524-533, May 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.025>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421514000305>. Acesso em: 10 maio 2020.

DASTOORI, K. *et al.* Impact of accumulated dust particles' charge on the photovoltaic module performance. **Journal of Electrostatics**, [s. l.], v. 79, p. 20-24,

Feb. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2015.11.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304388615300577>. Acesso em: 2 maio 2020.

DOBREVA, P.; DYK, E. E.; VORSTER, F. J. New approach to evaluating predictive models of photovoltaic systems. **Solar Energy**, [s. l.], v. 204, p. 134-143, Abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.04.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X20304035>. Acesso em: 25 jun. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço energético nacional**. Brasília, DF: EPE, 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2012. Disponível em: http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar_COGEN/NT_EnergiaSolar_2012.pdf. Acesso em: 27 jul. 2019.

ENERGIAS DE PORTUGAL. **Informativos**: bandeira tarifária. São Paulo: EDP, 2020. Disponível em: <https://www.edp.com.br/distribuicao-es/saiba-mais/informativos/bandeira-tarifaria>. Acesso em: 20 fev. 2020.

FERREIRA, T. A. *et al.* Hotel sustentable: viabilidad económica de su implementación a partir de la percepción de los consumidores. **Estudios y Perspectivas en Turismo**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 447-469, abr. 2019. Disponível em: <https://link.gale.com/apps/doc/A583692935/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=90b21c51>. Acesso em: 5 mar. 2020.

FERREIRA, A. *et al.* Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v.81, p. 181-191, January 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.102>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117310389>. Acesso em: 04 ago. 2020.

FREITAS, B. M. R.; HOLLANDA, L. **Micro e minigeração no Brasil**: viabilidade econômica e entraves do setor. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Bruno_Freitas8/publication/316213109_Micro_e_minigeracao_no_Brasil_viabilidade_economica_e_entraves_do_setor/links/58f62628458515d388dbfea2/Micro-e-minigeracao-no-Brasil-viabilidade-economica-e-entraves-do-setor.pdf. Acesso em: 5 mar. 2020.

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS. **Photovoltaics Report**. Freiburg: ISE, 2020. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>. Acesso em: 20 maio 2020.

GAIO, J. N.; CAMPOS, K. M. A. **Determinação do tempo ótimo para limpeza de painéis fotovoltaicos para obtenção da melhor produtividade**: estudo de caso dos SFVCR's implantados na UTFPR. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9261/1/CT_COELE_2017_1_15.pdf. Acesso em: 5 maio 2020.

GERMAN SOLAR ENERGY SOCIETY. **Planning and installing photovoltaic systems**: a guide for installers, architects and engineers. 3rd. ed. London: Routledge, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 10. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

GRATZEL, M. Dye-sensitized solar cells. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: photochemistry reviews**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 145-153, 31 Oct. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1389-5567\(03\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S1389-5567(03)00026-1). Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.687.8125&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

GRENET, L. I *et. al.* Influence of coevaporation process on CIGS solar cells with reduced absorber thickness and current enhancement with periodically textured glass substrates. **Thin Solid Films**, [s. l.], v. 621, p. 188-194, January 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2016.12.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040609016308240>. Acesso em: 04 ago. 2020.

GUIDARA, I.; SOUSSI, A.; CHAABENE, M. Novel configuration and optimum energy flow management of a grid-connected photovoltaic battery installation. **Computers & Electrical Engineering**, [s. l.], v. 85, Jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106677>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045790620305322>. Acesso em: 25 jun. 2020.

HUNT, J. D.; STILPEN, D.; FREITAS, M. A. V. A review of the causes, impacts and solutions for electricity supply crises in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 88, p. 208-222, May. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118300613>. Acesso em: 04 ago. 2020.

HUSSAIN, A. *et al.* A novel sensor-less current technique for photovoltaic system using DC transformer model based model predictive control. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, [s. l.], v. 122, Nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106165>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142061519341092>. Acesso em: 25 jun. 2020.

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Anuário demonstrativo da Diretoria de Administração e Planejamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Ibatiba**. Ibatiba: Ifes, 2020. Disponível em: <https://ibatiba.ifes.edu.br/index.php/noticias/16537-publicacao-do-anuario-demonstrativo-da-diretoria-de-administracao-e-planejamento>. Acesso em: 8 abr. 2020.

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Conheça o Ifes e sua história**. Vitória, 21 maio 2019a. Facebook: ifesoficial. Disponível em: <https://www.facebook.com/IFESoficial>. Acesso em: 24 maio 2019.

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Plano de Logística Sustentável**. Vitória: Ifes, 2013. Disponível em: http://IFES.edu.br/images/stories/files/Logistica_Sustentavel/relatorio_FINAL_PGLS.pdf. Acesso em: 15 maio 2019.

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Relatório integrado de gestão 2018**. Vitória: Ifes, 2019b. Disponível em: https://ifes.edu.br/images/stories/noticias_gerais/2019/05-maio/relatorio-gestao-2018-.pdf. Acesso em: 14 jun. 2019.

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Sobre o campus**. Ibatiba: Ifes, 2016. Disponível em: <https://ibatiba.ifes.edu.br/index.php/o-campus-ibatiba?start=1>. Acesso em: 15 maio 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Electricity generation by fuel and scenario, 2018-2040**. Paris: IEA, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electricity-generation-by-fuel-and-scenario-2018-2040>. Acesso em: 10 maio 2020.

KHATIB, T.; IBRAHIM, I. A.; MOHAMED, A. A review on sizing methodologies of photovoltaic array and storage battery in a standalone photovoltaic system. **Energy Conversion and Management**, [s. l.], v. 120, p. 430-448, 15 July 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.05.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890416303776>. Acesso em: 20 maio 2020.

KIM, H. *et al.* An integrated adoption model of solar energy technologies in South Korea. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 66, p. 523-531, June 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.12.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096014811300699X>. Acesso em: 10 jun. 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIMA, R. M. C. *et al.* Caracterização de células solares de filmes finos de CIGS. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 22, 2017. Suplemento. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620170005.0261>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762017000500419&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 18 maio 2020.

LOUKIL, K. *et al.* Design and implementation of reconfigurable MPPT fuzzy controller for photovoltaic systems. **Ain Shams Engineering Journal**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 319-328, Jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.10.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447919301388>. Acesso em: 25 jun. 2020.

LUZ, F. C. *et al.* Techno-economic analysis of municipal solid waste gasification for electricity generation in Brazil. **Energy Conversion and Management**, [s. l.], v. 103, p. 321-337, Oct. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.06.074>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890415006226>. Acesso em: 5 mar. 2020.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 126-143, jan./fev. 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150008>. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v7n1a08.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2018.

MACHADO, N. R. S.; FERREIRA, A. O. Método de simulação de Monte Carlo em planilha Excel: desenvolvimento de uma ferramenta versátil para análise quantitativa de riscos em gestão de projetos. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 16, n. 23, p. 223-244, 2012. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6571.2012v16n23p%25p>. Disponível em: <https://revista.pgsskroton.com/index.php/rcger/article/view/2032>. Acesso em: 20 ago. 2019.

METROPOLIS, N. The beginning of the Monte Carlo method. **Los Alamos Science**, [s. l.], p. 125-130, 1987. Special issue. Disponível em: <https://library.lanl.gov/cgi-bin/getfile?00326866.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.

MIRANDA, R. F. C. **Análise da inserção de geração distribuída de energia solar fotovoltaica no setor residencial brasileiro**. 2013. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/miranda.pdf>. Acesso em: 14 out. 2019.

MONTEIRO, A. C. C. **Aplicação de painéis solares em edifícios públicos para autoconsumo fotovoltaico**. 2018. Dissertação (Mestrado Engenharia Eletrotécnica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/8845>. Acesso em: 5 maio 2020.

OBALANLEGE, M. *et al.* Experimental assessment of short cycling in a hybrid photovoltaic-thermal heat pump system. **Applied Energy**, [s. l.], v. 268, Jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114916>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261920304281>. Acesso em: 25 jun. 2020.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Technology roadmap: solar photovoltaic energy**. Paris: IEA, 2014. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-solar-photovoltaic-energy-2014>. Acesso em: 8 maio 2020.

PANASONIC ELECTRIC WORKS EUROPE. **Amorton**: celdas fotovoltaicas de silicio amorfo. Madrid: Panasonic, [2018]. Disponível em: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/amorton-celdas-fotovoltaicas-de-silicio-amorfo.htm>. Acesso em: 21 jun. 2019.

PANDEY, A. K. *et al.* Recent advances in solar photovoltaic systems for emerging trends and advanced applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 53, p. 859-884, Jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.043>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115010138>. Acesso em: 3 maio 2020.

PAULA, L. F.; PIRES, M. Crise e perspectivas para a economia brasileira. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 31, n. 89, p. 125-144, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890013>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100125&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 8 abr. 2020.

PAVAN, A. M. *et al.* A comparison between BNN and regression polynomial methods for the evaluation of the effect of soiling in large scale photovoltaic plants. **Applied Energy**, [s. l.], v. 108, p. 392-401, Aug. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.03.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261913002195>. Acesso em: 2 maio 2020.

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. *E-book* (88 p.). Disponível em: <http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Acesso em: 15 jun. 2019.

PEREIRA, M. G. *et al.* The renewable energy market in Brazil: current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 6, p. 3786-3802, Aug. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032112002079>. Acesso em: 18 abr. 2020.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (org.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL: CRESESB, 2014. *E-book* (529 p.). Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 1 maio 2020.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1082-1100, nov./dez. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2064>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2017000601082&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 19 abr. 2020.

PONCIANO, J. N. *et al.* Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte Fluminense. **RER**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 4, p. 615-635, out./dez. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032004000400005>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032004000400005&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 20 maio 2019.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUSHPAKARAN, B. N. *et al.* Impact of silicon carbide semiconductor technology in Photovoltaic Energy System. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 55, p. 971-989, Mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.161>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115012563>. Acesso em: 2 maio 2020.

RABUSKE, R.; FRIENDRICH, L. R.; FONTOURA, F. B. B. Análise da viabilidade para implantação de energia fotovoltaica como utilização para sombreamento de estacionamento. **Revista do CEPE**, Santa Cruz do Sul, n. 47, p. 36-38, jan./jun. 2018. DOI: 10.17058/cepe.v0i0.9424. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/cepe/article/view/9424/7555>. Acesso em: 5 ago. 2018.

RAD, M. A. V. *et al.* A comprehensive study of techno-economic and environmental features of different solar tracking systems for residential photovoltaic installations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 129, Jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109923>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120302148>. Acesso em: 25 jun. 2020.

RIAH, A. *et al.* Performance investigation of a concentrating photovoltaic thermal hybrid solar system combined with thermoelectric generators. **Energy Conversion and Management**, [s. l.], v. 205, Feb. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112377>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890419313846>. Acesso em: 25 jun. 2020.

RIBEIRO, A. E. D.; AROUCA, M. C.; COELHO, D. M. Electric energy generation from small-scale solar and wind power in Brazil: The influence of location, area and shape. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 85, p. 554-563, January 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.071>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148115300938>. Acesso em: 04 ago. 2020.

RIBEIRO, G. B. D.; ISBAEX, C.; VALVERDE, S. R. Produção de biomassa florestal para energia em sistemas agroflorestais. **Pesq. Flor. Bras.**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 605-618, out./dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1389>. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1389>. Acesso em: 20 abr. 2020.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos**: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis: Editora UFSC: LABSOLAR, 2004.

SENADO FEDERAL (Brasil). **Siga Brasil**: painel cidadão: orçamento da união. Brasília, DF: Senado Federal, 2019. Disponível em: <http://www9.senado.gov.br/QuvAJAXZfc/opendoc.htm?document=senado%2Fsigabra silpainelcidadao.qvw&host=QVS%40www9&anonymous=true&Sheet=shOrçamento VisaoGeral>. Acesso em: 20 set. 2019.

SILVA, C. M. S. *et al.* Biomass torrefaction for energy purposes: definitions and an overview of challenges and opportunities in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 82, pt. 3, p. 2426-2432, Feb. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.095>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117312388>. Acesso em: 19 abr. 2020.

SILVEIRA, G. F.; VIDIGAL, V. G. Avaliação da viabilidade econômica e do risco de uma unidade produtiva de pequena escala de produção de feijão no Município de Campo Mourão (PR). **Acta Scientiarum**: Human and Social Sciences, Maringá, v. 36, n. 2, p. 169-175, July/Dec. 2014. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v36i2.23500>. Disponível em: http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/23500/pdf_30. Acesso em: 5 mar. 2020.

SCHROEDER, J. T. *et al.* O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 33-42, 2005. DOI: <https://doi.org/10.3895/S1808-04482005000200003>. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/06c7/c4ad694def09fda697369f10bf6c17ca3cb3.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2019.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: [s. n.], 2006. *E-book* (463 p.). Versão digital 2. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3887570/mod_folder/content/0/Meteorologia_Climatologia.pdf?forcedownload=1. Acesso em: 28 out. 2016.

VERGARA, W. R. *et al.* Análise de viabilidade econômico-financeira para aquisição de uma unidade de armazenagem de soja e milho. **GEPROS**: gestão da produção, operações e sistemas, Bauru, v. 12, n. 1, p. 41-62, jan./mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i1.1598>. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1598/755>. Acesso em: 3 out. 2019.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 13. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia fotovoltaica: conceito e aplicação sistema isolados e conectados à rede**. 2. ed. rev. atual. São Paulo: Saraiva, 2015.

YORIYAZ, H. Método Monte Carlo: princípios e aplicações na área de Física Médica. **Revista Brasileira de Física Médica**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 141-149, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.29384/rbfm.2009.v3.n1.p141-149>. Disponível em: <http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/52/v3n1p141>. Acesso em: 18 nov. 2019.

ZANIN, A. *et al.* Análise do custo x benefício na troca de lâmpadas convencionais por lâmpadas LED: o caso de uma universidade comunitária do sul do Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS*, 22., 2015, Foz do Iguaçu, PR. **Anais [...]**. São Leopoldo, RS: Associação Brasileira de Custos, 2015. Tema: Gestão de custos nas estratégias de geração e transmissão de energia. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3926/3927>. Acesso em: 10 jun. 2019.

ZORRILLA-CASANOVA, J. *et al.* Analysis of dust losses in photovoltaic modules. **Photovoltaic technology**, Linköping, Sweden, n. 57, p. 2985-2992, May 2011. Trabalho apresentado World Renewable Energy Congress, 2011, Linköping, Sweden. DOI: <https://doi.org/10.3384/ecp110572985>. Disponível em: https://www.ep.liu.se/ecp/057/vol11/039/ecp57vol11_039.pdf. Acesso em: 2 maio 2020.

APÊNDICE A – HISTÓRICO DE CONSUMO: JANEIRO DE 2015 A DEZEMBRO DE 2019

(continua)

MÊS/ANO	ENERGIA ATIVA	CONSUMO KW	CONSUMO TOTAL	VALOR FATURA
12/2019	PONTA	1.321,992	11.401,026	R\$ 11.055,84
	FORA DE PONTA	10.079,034		
11/2019	PONTA	1.509,48	13.466,628	R\$ 13.445,04
	FORA DE PONTA	11.957,148		
10/2019	PONTA	1.400,616	11.732,91	R\$ 12.205,17
	FORA DE PONTA	10.332,294		
09/2019	PONTA	1.616,874	12.814,116	R\$ 12.682,69
	FORA DE PONTA	11.197,242		
08/2019	PONTA	1.387,5540	11.502,5820	R\$ 11.760,34
	FORA DE PONTA	10.115,0280		
07/2019	PONTA	1.235,6400	9.823,9680	R\$ 11.160,87
	FORA DE PONTA	8.588,3280		
06/2019	PONTA	1.645,9800	14.444,9760	R\$ 13.981,48
	FORA DE PONTA	12.798,9960		
05/2019	PONTA	1.747,7460	14.854,0560	R\$ 14.398,54
	FORA DE PONTA	13.106,3100		
04/2019	PONTA	1.714,9020	14.634,2280	R\$ 13.853,15
	FORA DE PONTA	12.919,3260		
03/2019	PONTA	1.997,7720	19.804,3440	R\$ 17.912,82
	FORA DE PONTA	17.806,5720		
02/2019	PONTA	1.379,1960	13.572,0900	R\$ 13.768,73
	FORA DE PONTA	12.192,8940		
01/2019	PONTA	967,1760	10.009,8180	R\$ 10.044,91
	FORA DE PONTA	9.042,6420		
12/2018	PONTA	1.528,4640	15.098,3700	R\$ 13.880,13
	FORA DE PONTA	13.569,9060		

MÊS/ANO	ENERGIA ATIVA	CONSUMO KW	CONSUMO TOTAL	VALOR FATURA
11/2018	PONTA	1.546,44	14.922,3060	R\$ 14.920,01
	FORA DE PONTA	13.375,8660		
10/2018	PONTA	2.068,0380	16.427,6700	R\$ 17.489,80
	FORA DE PONTA	14.359,6320		
09/2018	PONTA	1.948,4640	14.852,7540	R\$ 15.969,24
	FORA DE PONTA	12.904,29		
08/2018	PONTA	1.687,4760	13.608,1680	R\$ 14.202,99
	FORA DE PONTA	11.920,6920		
07/2018	PONTA	1.397,1720	11.819,0100	R\$ 12,182,03
	FORA DE PONTA	10.421,8380		
06/2018	PONTA	1.771,9800	13.744,9200	R\$ 13.561,94
	FORA DE PONTA	11.972,9400		
05/2018	PONTA	1.875,6780	14.900,5080	R\$ 13.716,51
	FORA DE PONTA	13.024,8300		
04/2018	PONTA	1.704,9060	13.098,4980	R\$ 11.504,85
	FORA DE PONTA	11.393,5920		
03/2018	PONTA	1.840,7760	16.236,1500	R\$ 13.334,46
	FORA DE PONTA	14.395,3740		
02/2018	PONTA	1.063,7340	9.870,0420	R\$ 9.886,51
	FORA DE PONTA	8.806,3080		
01/2018	PONTA	836,8500	8.627,9340	R\$ 8.935,82
	FORA DE PONTA	7.791,0840		
12/2017	PONTA	1.165,4580	11.851,9800	R\$ 10.864,06
	FORA DE PONTA	10.686,5220		
11/2017	PONTA	1.406,3280	11.887,9740	R\$ 11.661,46
	FORA DE PONTA	10.481,6460		
10/2017	PONTA	1.605,3240	12.468,5820	R\$ 12.043,59
	FORA DE PONTA	10.863,2580		

MÊS/ANO	ENERGIA ATIVA	CONSUMO KW	CONSUMO TOTAL	VALOR FATURA
09/2017	PONTA	1.753,1220	11.783,0580	R\$ 12.464,74
	FORA DE PONTA	10.029,9360		
08/2017	PONTA	1.474,83	10.273,8720	R\$ 10.697,13
	FORA DE PONTA	8.799,0420		
07/2017	PONTA	1.272,3060	9.405,1440	R\$ 9.230,92
	FORA DE PONTA	8.132,8380		
06/2017	PONTA	1.884,9600	13.188,8820	R\$ 11.716,31
	FORA DE PONTA	11.303,9220		
05/2017	PONTA	1.803,0180	12.341,8260	R\$ 11.495,48
	FORA DE PONTA	10.538,8080		
04/2017	PONTA	1.990,6740	14.849,3520	R\$ 12.322,67
	FORA DE PONTA	12.858,6780		
03/2017	PONTA	2.372,3280	18.584,0340	R\$ 15.190,61
	FORA DE PONTA	16.211,7060		
02/2017	PONTA	1.179,3600	12.395,6700	R\$ 10.231,32
	FORA DE PONTA	11.216,3100		
01/2017	PONTA	1.046,6820	11.026,5120	R\$ 9.290,70
	FORA DE PONTA	9.979,8300		
12/2016	PONTA	1.440,2220	12.566,9880	R\$ 10.543,70
	FORA DE PONTA	11.126,7660		
11/2016	PONTA	1.712,2980	12.996,2280	R\$ 11.076,06
	FORA DE PONTA	11.283,9300		
10/2016	PONTA	2.025,0720	14.188,6500	R\$ 11.796,88
	FORA DE PONTA	12.163,5780		
09/2016	PONTA	2.156,3220	15.438,6540	R\$ 13.212,15
	FORA DE PONTA	13.282,3320		
08/2016	PONTA	1.868,2860	12.804,0360	R\$ 11.752,00
	FORA DE PONTA	10.935,7500		

MÊS/ANO	ENERGIA ATIVA	CONSUMO KW	CONSUMO TOTAL	VALOR FATURA
07/2016	PONTA	1.638,5460	12.078,5700	R\$ 10.521,90
	FORA DE PONTA	10.440,0240		
06/2016	PONTA	2.037,4620	14.519,1900	R\$ 12.312,80
	FORA DE PONTA	12.481,7280		
05/2016	PONTA	2.019,0240	13.447,5180	R\$ 12.363,65
	FORA DE PONTA	11.428,4940		
04/2016	PONTA	2.532,4320	18.608,4360	R\$ 15.117,38
	FORA DE PONTA	16.076,0040		
03/2016	PONTA	2.505,3420	17.459,3580	R\$ 14.501,54
	FORA DE PONTA	14.954,0160		
02/2016	PONTA	1.316,0280	12.000,2400	R\$ 10.391,06
	FORA DE PONTA	10.684,2120		
01/2016	PONTA	1.088,6820	12.032,3400	R\$ 10.241,80
	FORA DE PONTA	10.943,6580		
12/2015	PONTA	1.659,0000	13.321,0000	R\$ 11.913,95
	FORA DE PONTA	11.662,0000		
11/2015	PONTA	1.939,6160	14.979,9720	R\$ 13.390,38
	FORA DE PONTA	13.040,3560		
10/2015	PONTA	1.861,9700	14.576,1300	R\$ 13.385,67
	FORA DE PONTA	12.714,1600		
09/2015	PONTA	1.711,0000	12.595,0200	R\$ 12.065,30
	FORA DE PONTA	10.884,0200		
08/2015	PONTA	1.551,5400	12.114,1800	R\$ 10.686,79
	FORA DE PONTA	10.562,6400		
07/2015	PONTA	1.619,6900	12.195,7900	R\$ 10.708,23
	FORA DE PONTA	10.576,1000		
06/2015	PONTA	1.781,6400	12.718,1000	R\$ 12.307,32
	FORA DE PONTA	10.936,4600		

MÊS/ANO	ENERGIA ATIVA	CONSUMO KW	CONSUMO TOTAL	VALOR FATURA
05/2015	PONTA	1.736,7000	12.765,7900	R\$ 12.384,61
	FORA DE PONTA	11.029,0900		
04/2015	PONTA	1.820,6700	13.258,9500	R\$ 11.635,17
	FORA DE PONTA	11.438,2800		
03/2015	PONTA	2.047,3900	15.014,9700	R\$ 12.448,35
	FORA DE PONTA	12.967,5800		
02/2015	PONTA	1.239,8100	12.482,4800	R\$ 8.817,47
	FORA DE PONTA	11.242,6700		
01/2015	PONTA	2.622,2900	12.675,0700	R\$ 8.557,54
	FORA DE PONTA	10.052,7800		

APÊNDICE B – RELATÓRIO TÉCNICO RESULTANTE DA DISSERTAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA



MAYCON DA SILVA RAIDER
Prof. Dr.(º) JOSÉ BARROZO DE SOUZA

RELATÓRIO TÉCNICO *PER SE*
ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE
UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NO IFES CAMPUS IBATIBA

VITÓRIA- ES

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA



PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO RESULTANTE DA DISSERTAÇÃO

PROGRAMA DE MESTRADO EM GESTÃO PÚBLICA - UFES			
Tipo e Título do Produto Técnico/Tecnológico:			
Relatório Técnico Per Se: Estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de um sistema fotovoltaico no Ifes Campus Ibatiba.			
Instituição estudada:			
Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba			
Nome do discente/egresso:			
Maycon da Silva Raider			
Lattes:		ORCID:	
http://lattes.cnpq.br/3723511972378448		https://orcid.org/0000-0002-3236-9019	
Vínculo de trabalho do discente/egresso:			
Instituto Federal do Espírito Santo			
Celular: (28) 99883-5795		E-mail: mayconraider@yahoo.com.br	
Orientador(a):		ORCID:	
Prof. Dr. José Barrozo de Souza		https://orcid.org/0000-0002-2929-2823	
Matrícula PPGGP:	2018230097	Data da titulação:	28/07/2020
Título da dissertação:			
Avaliação técnico-econômica para implantação de um sistema fotovoltaico.			
Links do repositório da dissertação:			
https://repositorio.ufes.br/handle/10/878/ http://www.gestaopublica.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGP/disserta%C3%A7%C3%B5es-defendidas			
Recebimento do Produto Técnico/Tecnológico:			
Diretoria Geral do Ifes Campus Ibatiba			
Setor/Função do recebimento:			
Diretor Geral			

VITÓRIA-ES

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA



TERMO DE ENTREGA DO PRODUTO TÉCNICO

Vitória, 30 de julho de 2020

Ao Diretor-geral
Eglon Rhuan Salazar Guimarães
Diretor-geral do Ifes - Campus Ibatiba

Assunto: Entrega de produto técnico

Sr. Diretor-geral,

Tendo sido aprovado no processo seletivo para cursar o Mestrado Profissional em Gestão Pública, oferecido pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) em convênio com o Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), após a obtenção do título de Mestre, encaminho o produto técnico/tecnológico, em sua versão final para o depósito no repositório institucional, denominado – Relatório Técnico *Per Se*: Estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de um sistema fotovoltaico no Ifes Campus Ibatiba - resultante da minha pesquisa de conclusão de curso, desenvolvida sob a orientação do Prof. Dr. José Barrozo de Souza.

Atenciosamente,



Maycon da Silva Raider
Mestre pelo Programa de Pós-graduação
em Gestão Pública-PPGGP-UFES

**ATESTADO DE RECEBIMENTO/EXECUÇÃO DO
PRODUTO TÉCNICO / TECNOLÓGICO**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
ESPÍRITO SANTO**

Avenida Sete de Novembro, 40 – Centro, Ibatiba-ES, 29395-000

**ATESTADO DE RECEBIMENTO/EXECUÇÃO DE PRODUTO
TÉCNICO/TECNOLÓGICO**

Atestamos para fins de comprovação que recebemos o produto/serviço, dentro de padrões de qualidade, prazo e viabilidade, contidos no relatório intitulado Relatório Técnico Per Se: Estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de um sistema fotovoltaico no Ifes Campus Ibatiba, que teve como origem os resultados da dissertação desenvolvida pelo servidor Maycon da Silva Raider, no Mestrado Profissional em Gestão Pública da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), orientado pelo Prof. Dr. José Barrozo de Souza, no período de agosto/2018 a agosto/2020. O relatório técnico apresenta os resultados do estudo de viabilidade técnico-econômica. Os recursos necessários ao desenvolvimento da pesquisa foram parcialmente investidos por esta instituição, dado que foi desenvolvida por um servidor do nosso quadro de pessoal.

Ibatiba-ES, 30 de julho de 2020.



Eglon Rhuan Salazar Guimarães
Diretor Geral do Ifes Campus Ibatiba



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA



Vitória, 30 de julho de 2020.

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NO IFES CAMPUS IBATIBA

1 INTRODUÇÃO

O produto técnico/tecnológico aqui apresentado é resultante da dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Gestão Pública da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), cuja oportunidade foi proporcionada pelo convênio entre a Ufes e o Ifes, onde estou lotado no cargo de Auxiliar de Administração.

2 TIPO DO PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO OBTIDO

Relatório técnico conclusivo *per se*: Estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de um sistema fotovoltaico no Ifes Campus Ibatiba.

3 SITUAÇÃO ENCONTRADA ANTES DA PESQUISA

Duas situações podiam ser encontradas antes da pesquisa. A primeira, constantes cortes orçamentários, promovidos pelo governo federal, dificultavam o planejamento orçamentário da instituição, sobretudo para investimento, uma vez que mais de 80%

de seu orçamento, definido por lei, estavam comprometidos com serviços de natureza continuada. A segunda, era que, apesar de elaborado em 2013 o Plano de Gestão de Logística Sustentável (PGLS), e apresentar diversas alternativas para se alcançar a sustentabilidade em diversas áreas, dentre elas a de consumo de energia elétrica, trazendo como ação para redução do consumo a realização de um relatório de viabilidade para utilização de energia solar e outras formas limpas de geração de energia, este não havia sido ainda elaborado.

4 OBJETIVOS/FINALIDADE DO PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO

O PTT foi desenvolvido com o intuito de fortalecer o poder de decisão dos gestores, bem como atender à previsão contida no Plano de Gestão de Logística Sustentável (PGLS).

5 METODOLOGIA UTILIZADA

Pesquisa realizada junto ao Ifes - Campus Ibatiba sobre viabilidade técnico-econômica para implantação de um sistema fotovoltaico. A coleta de dados foi realizada por meio de pesquisa documental, visita aos locais disponíveis para instalação, medições em campo, registro fotográfico e levantamento de informações no setor de engenharia e manutenção, e na Coordenadoria Geral de Administração, Orçamento e Finanças (CGAO). Os dados receberam tratamento quantitativo, sendo realizadas simulações, aplicado fórmulas e indicadores econômicos, como: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback para determinar a viabilidade do projeto.

6 RESULTADOS DO PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO

Os resultados desta pesquisa revelaram que a implantação de uma usina de minigeração de energia fotovoltaica no Ifes - Campus Ibatiba é economicamente

atrativa, uma vez que a TIR se apresenta maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Mostra-se também viável, pois a análise do VPL indica que o retorno obtido no projeto será maior que o investimento inicial.

Economicamente, considerado o lapso temporal de 25 anos, tempo de vida média dos painéis fotovoltaicos, este estudo estimou que a recuperação do investimento pode ser alcançada em um período de 42 meses, permitindo ainda, um retorno econômico de R\$ 1.847.340,82 ao longo do período, uma taxa que remunera o investimento em 25,39%, ou seja, superior à taxa definida como mínima de atratividade, de 3,75% ao ano.

Por intermédio das análises dos resultados, infere-se que o sincronismo entre os dados do payback, VPL e TIR fortalece o poder de decisão dos gestores, ou seja, promove os tomadores com informações para melhor aproveitamento da viabilidade técnica e econômica na implantação do sistema fotovoltaico na instituição.

A viabilidade técnica do ponto de vista espacial mostrou que a instituição dispõe de espaços que possibilitam a implantação e a ampliação do sistema no futuro, graças a duas características do sistema: modular, pois permite através da adição de novos módulos a expansão em função do aumento do consumo energético; e versátil, ao permitir a distribuição das placas fotovoltaicas pelas áreas disponíveis e com irradiação solar satisfatória.

O Ifes dispõe em seu quadro de servidores, profissionais como eletricitista, auxiliares de manutenção e engenheiros, aptos a realizar a inspeção e manutenção preventiva, não gerando custos adicionais ao empreendimento.

7 CONTRIBUIÇÕES GERAIS

Após análise dos dados, constatou-se que há viabilidade técnica e econômica para a instalação de uma planta solar no Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba, com possibilidade de expansão da planta, se necessário, dada características do sistema, versátil e modular.

8 CONTRIBUIÇÕES METODOLÓGICAS

A metodologia utilizada foi nos moldes tradicionais. O campo pesquisado seguiu padrões de pesquisa já conhecidos, com a análise de documentos, uso de modelos de simulação de cenários e aplicação de indicadores.

9 ADERÊNCIA ÀS LINHAS E PROJETOS DE PESQUISA

Este produto insere-se no contexto da administração pública, uma vez que a pesquisa foi realizada em um instituto federais. Encaixa-se na linha de pesquisa intitulada Tecnologia, Inovação e Operações no Setor Público, dentro do projeto estruturante: transformação e inovação organizacional, pois ao final apresentou estudo com resultados ainda não conhecido nesse instituto.

10 POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO DO TÉCNICO/TECNOLÓGICO

Este produto técnico apresenta alto impacto potencial em termos de sua aplicabilidade, pois pode ser utilizado de imediato não só pelas instituições estudadas, como por qualquer outra instituição pública ou privada.

11 IMPACTOS (Social, Econômico e Cultural) (Real ou Potencial)

Com o desenvolvimento de um estudo técnico-econômico, poder-se-á conhecer o comportamento de consumo energético e financeiro da instituição, e assim determinar a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico na instituição. O conhecimento dessas informações fortalece o poder de decisão dos gestores. Nesse aspecto considera-se um alto impacto potencial:

- Alto Impacto social potencial: por apresentar à comunidade interna e externa, o compromisso da instituição com a sustentabilidade, ao optar por um método de geração energética renovável, inesgotável, eficiente e não poluidor.
- Alto Impacto econômico potencial: a geração própria de energia levará à redução dos gastos com energia elétrica, e por sua vez, à disponibilidade de orçamento, permitindo melhor gestão dos recursos. Reduziria também os impactos trazidos no caso da necessidade de implementação de um contingenciamento orçamentário.
- Alto impacto cultural potencial: por permitir auferir identidade à instituição, uma vez definidos como estratégicos no tripé: missão, visão e valores; ou seja, um desenvolvimento tecnológico sob o viés sustentabilidade, em uma instituição que busca a qualidade e excelência em suas diversas áreas de atuação.

12 REPLICABILIDADE

A metodologia adotada e descrita permite a replicação da pesquisa sem dificuldades, portanto, apresenta alto grau neste quesito

13 ABRANGÊNCIA TERRITORIAL

Tendo sido desenvolvido para uma unidade específica da rede federal de educação, Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba, o produto técnico/tecnológico possui abrangência local.

14 COMPLEXIDADE

Este produto técnico/tecnológico apresenta complexidade baixa, uma vez que utilizou da combinação de conhecimentos pré-estabelecidos, sendo adaptados ao contexto da pesquisa.

15 ASPECTOS INOVADORES

O produto em questão possui baixo teor de inovação, pois se utiliza de conhecimentos preestabelecidos para sua elaboração. Todavia, representa uma inovação para a instituição no contexto de apoio à tomada de decisão e planejamento estratégico, ao apresentar informações ainda desconhecidas.

16 SETOR DA SOCIEDADE INFLUENCIADO

No que tange à influência que o PTT pode levar até a sociedade, ao se considerar as opções oferecidas pela Capes e a escolha de apenas uma opção, acredita-se que a educação seja a mais adequada, pois apesar de o estudo ter sido realizado, com o consequente relatório técnico, para o Ifes Campus Ibatiba, a ideia central pode ser aplicada a qualquer instituição e organização, sejam elas públicas ou privado.

17 VÍNCULO COM O PLANO DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL OU PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Alinhado a meta do Plano de Desenvolvimento Institucional, no campo da Infraestrutura, conforme item 5.5.1 do PDI 2019-2024 da Instituição, cronograma de expansão da infraestrutura.

Obs.: PDI disponível em <https://www.ifes.edu.br/documentos-institucionais/5986-pdi-do-ifes>

18 FOMENTO

O Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes mantém cooperação acadêmica com a Universidade Federal do Espírito Santo – Ufes, que envolve, entre outras ações, a

participação de docentes do Ifes para ministrarem disciplinas e orientarem alunos no curso de Mestrado Profissional em Gestão Pública da Ufes.

19 REGISTRO DE PROPRIEDADE INTELECTUAL

Não houve registro.

20 ESTÁGIO DA TECNOLOGIA

O produto técnico/tecnológico encontra-se em formato de relatório técnico, podendo-se dizer que foi finalizado.

21 TRANSFERÊNCIA DA TECNOLOGIA OU DO CONHECIMENTO

Considera-se que houve transferência total da tecnologia, uma vez que a administração recebeu o relatório e conhece seus resultados.

22 AÇÕES NECESSÁRIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO

O PTT não apresenta ações para sua implementação. Contudo, traz resultados que buscam contribuir com a administração quanto a tomada de decisão de implantar ou não uma usina solar.

23 PRODUTO TÉCNICO / TECNOLÓGICO: Divulgado / Institucionalizado

Produto divulgado ou institucionalizado / implantado na organização.

PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO: CARACTERÍSTICAS RELEVANTES

1 – Qual a área do seu PTT?

Administração pública

2 – Qual o tipo da produção do seu PTT?

Técnica

3 - Qual o subtipo do seu produto técnico?

Serviços técnicos

4 – Natureza do produto técnico.

Relatório Técnico: Consiste em um documento elaborado dentro de parâmetros técnicos, que esclareça a situação apresentada, a forma que foi utilizada para buscar soluções, os argumentos técnicos que sustentam a análise da situação, as conclusões e recomendações. Difere de um TCC na medida em que exige do profissional experiência comprovada na área, com formação específica em relação à situação apresentada.

5 – Duração do desenvolvimento do produto técnico

12 meses

6 – Número de páginas do texto do produto técnico

17

7 – Disponibilidade do documento (PTT). (Marcar apenas uma opção)

	Restrita (quando a instituição não permite a divulgação do PTT)
X	Irrestrita (quando o PTT pode ser disponibilizado no Repositório Institucional no site do PPGGP ou da Instituição estudada/beneficiada)

8 – Instituição financiadora (item descritivo limitado a 255 caracteres)

Não houve.

9 – Cidade do PPGGP

Vitória – ES

10 – País

Brasil

11 – Qual a forma de divulgação do seu PTT? (Marcar apenas uma opção)	
X	Meio digital – disponibilização do texto em um repositório ou site de acesso público, via internet.
	Vários – disponibilização em uma combinação de, pelo menos, duas modalidades anteriores.

12 – Idioma no qual foi redigido o texto original para divulgação
Português

13 – Título do seu PTT em inglês
Per Se Technical Report: Technical-Economic Feasibility Study for the Installation of a Photovoltaic System at Ifes Campus Ibatiba.

14 – Número do DOI (se houver)

15 – URL do DOI (se houver)

16 – Subtipos – produtos técnico/tecnológicos
Relatório técnico conclusivo “ <i>per se</i> ”

17 – Finalidade do seu PTT
Apresentar informações e resultados que venham fortalecer o gestor no seu planejamento e tomada de decisão.

18 – Qual o nível de impacto do seu PTT? Marcar apenas uma opção.	
Impacto consiste na transformação causada pelo produto técnico/tecnológico no ambiente (organização, comunidade, localidade, etc.) ao qual se destina.	
X	Alto
	Médio
	Baixo

19 – Qual o tipo de demanda do seu PTT? (Marcar apenas uma opção)	
X	Espontânea (Identificou e desenvolveu a pesquisa e o PTT)
	Por concorrência (Venceu a concorrência)
	Contratada (Solicitação da instituição, sendo ou não remunerado)

20 – Qual o impacto do objetivo do seu PTT? (Marcar apenas uma opção)	
	Experimental
X	Solução de um problema previamente identificado
	Sem um foco de aplicação previamente definido

21 – Qual a área impactada pelo seu PTT?	
X	Econômica
	Saúde
	Ensino
	Social
	Cultural
	Ambiental
	Científica
	Aprendizagem

22 – Qual o tipo de impacto do seu PTT neste momento?	
X	Potencial (Quando ainda não foi implementado/ adotado pela instituição)
	Real (Quando já foi implementado/ adotado pela instituição)

23 – Descreva o tipo de impacto do seu PTT	
<p>O relatório permite ao gestor uma tomada de decisão quanto a implantação de um sistema de geração própria de energia, apontando para a viabilidade de implantação com projeção de geração de lucro. Esse retorno oportuniza um melhor planejamento e maiores investimentos, uma vez que se diminui os possíveis impactos trazidos por um contingenciamento orçamentário.</p>	

24 – Seu PTT é passível de replicabilidade?	
X	SIM (Quando o PTT apresenta características encontradas em outras instituições, podendo ser replicado e/ou a metodologia está descrita de forma clara, podendo ser utilizada facilmente por outro pesquisador).
	NÃO (Quando o PTT apresenta características tão específicas, que não permite ser realizado por outro pesquisador, em outra instituição e/ou a metodologia é complexa e sua descrição no texto não é suficiente para que outro pesquisador replique a pesquisa).

25 – Qual a abrangência territorial do seu PTT? Marque a maior abrangência de acordo com a possibilidade de utilização do seu PTT. Apenas uma opção	
	Local (só pode ser aplicado/utilizado na instituição estudada e em outras na mesma localidade).
	Regional (Pode ser aplicado/utilizado em instituições semelhantes em nível regional dentro do estado).
X	Nacional (Pode ser aplicado/utilizado em qualquer instituição semelhante, em todo o território nacional)
	Internacional (Pode ser aplicado/utilizado por qualquer instituição semelhante em outros países).

26 – Qual o grau de complexidade do seu PTT? Marque apenas uma opção	
Complexidade é o grau de interação dos atores, relações e conhecimentos necessários à elaboração e ao desenvolvimento de produtos técnico-tecnológicos.	
	Alta (Quando o PTT contemplou a associação de diferentes novos conhecimentos e atores -laboratórios, empresas, etc. para a solução de problemas)
	Média (Quando o PTT contemplou a alteração/adaptação de conhecimentos pré-estabelecidos por atores diferentes -laboratórios, empresas, etc.- para a solução de problemas)
X	Baixa (Quando o PTT utilizou a combinação de conhecimentos pré-estabelecidos por atores diferentes ou não).

27 – Qual o grau de inovação do seu PTT?	
Intensidade do conhecimento inédito na criação e desenvolvimento do produto.	
	Alto teor inovativo – Inovação radical, mudança de paradigma
	Médio teor inovativo – Inovação incremental, com a modificação de conhecimentos pré-estabelecidos
X	Baixo teor inovativo – Inovação adaptativa, com a utilização de conhecimento pré-existente.
	Sem inovação aparente – Quando o PTT é uma replicação de outro trabalho já existente, desenvolvido para instituições diferentes, usando a mesma metodologia, tecnologia, autores, etc.

28 – Qual o setor da sociedade beneficiado por seu PTT? Marque apenas uma opção	
	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura
	Indústria da transformação
	Água, esgoto, atividade de gestão de resíduos e descontaminação
	Construção
	Comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas
	Transporte, armazenagem e correio
	Alojamento e alimentação
	Informação e comunicação
	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados
	Atividades imobiliárias
	Atividades profissionais, científicas e técnicas
	Atividades administrativas e serviços complementares
	Administração pública, Defesa e seguridade social
X	Educação
	Saúde humana e serviços sociais
	Artes, cultura, esporte e recreação
	Outras atividades de serviços
	Serviços domésticos

	Organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais
	Indústrias extrativas
	Eletricidade e gás

29 – Há declaração de vínculo do seu PTT com o PDI da instituição na qual foi desenvolvido?

X	SIM
	NÃO

Descrição do Vínculo: Alinhado a Meta do PDI em infraestrutura, conforme item 5.5.1 do PDI 2019-2024 da Instituição.

Obs.: PDI disponível em <https://www.ifes.edu.br/documentos-institucionais/5986-pdi-do-ifes>

30 – Houve fomento para o desenvolvimento do seu PTT?

*Se não houve financiamento, marcar **Cooperação***

	Financiamento
X	Cooperação
	Não houve

31 – Há registro de propriedade intelectual do seu PTT?

	SIM
X	NÃO

32 – Qual o estágio atual da tecnologia do seu PTT?

	Piloto ou protótipo
X	Finalizado ou implantado (Ex: o PTT pode estar finalizado enquanto proposta, feito o diagnóstico de uma situação o PTT apresenta sugestões para a solução de problemas ou melhoria do contexto encontrado no início da pesquisa)
	Em teste

33 – Há transferência de tecnologia ou conhecimento no seu PTT?

X	SIM (quando foi apreendido total ou parcialmente por servidores da instituição onde foi desenvolvido a pesquisa da dissertação ou no caso de empresas privadas, ONGs, etc.)
	NÃO

34 – URL do seu PTT (colocar na linha seguinte) (Onde ele pode ser encontrado)

<http://repositorio.ufes.br/handle/10/879>

<http://www.gestaopublica.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PGGP/disserta%C3%A7%C3%B5es-defendidas>

35 – Observação – utilize até 255 caracteres para descrever algo que destaca o seu PTT e que não foi contemplado nos itens anteriores.

--

36 – Qual a área do seu PTT?
Administração Pública.

37 – Seu PTT está alinhado com qual Linha de Pesquisa e projeto estruturante?	
Política, planejamento e governança pública (Linha 1)	
	Linha 1 - Projeto Estruturante 1 – Governo, políticas públicas e planejamento
	Linha 1 - Projeto Estruturante 2 – Governo e gestão no setor público
Tecnologia, inovação e operações no setor público (Linha 2)	
	Linha 2 - Projeto Estruturante 3 – Ações e programas finalísticos de apoio/suporte ao governo
X	Linha 2 - Projeto Estruturante 4 – Transformação e inovação organizacional

ANEXO I – RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012

Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

[Texto Integral](#)

[Módulos do PRODIST](#)

[Voto](#)

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto na Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no art. 4º, inciso XX, Anexo I, do Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, na Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, na Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, no Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, o que consta no Processo nº 48500.004924/2010-51 e considerando:

as contribuições recebidas na Consulta Pública nº 15/2010, realizada por intercâmbio documental no período de 10 de setembro a 9 de novembro de 2010 e

as contribuições recebidas na Audiência Pública nº 42/2011, realizadas no período de 11 de agosto a 14 de outubro de 2011, resolve:

CAPÍTULO I

DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º Estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.

Art. 2º Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; ([Redação dada pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017](#))

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

IV - melhoria: instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações de distribuição existentes, ou a adequação destas instalações, visando manter a prestação de serviço adequado de energia elétrica; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

V - reforço: instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações de distribuição existentes, ou a adequação destas instalações, para aumento de capacidade de distribuição, de confiabilidade do sistema de distribuição, de vida útil ou para conexão de usuários; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VI - empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VII - geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VIII - autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§1º É vedado o enquadramento como microgeração ou minigeração distribuída das centrais geradoras que já tenham sido objeto de registro, concessão, permissão ou autorização, ou tenham entrado em operação comercial ou tenham tido sua energia elétrica contabilizada no âmbito da CCEE ou comprometida diretamente com concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, devendo a distribuidora identificar esses casos. (Inserido pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017)

§2º A vedação de que trata o §1º não se aplica aos empreendimentos que tenham protocolado a solicitação de acesso, nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, em data anterior a publicação deste regulamento. (Inserido pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017)

CAPÍTULO II

DO ACESSO AOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

Art. 3º As distribuidoras deverão adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais.

§1º O prazo para a distribuidora efetuar as alterações de que trata o *caput* e publicar as referidas normas técnicas em seu endereço eletrônico é de 240 (duzentos e quarenta) dias, contados da publicação desta Resolução.

§2º Após o prazo do § 1º, a distribuidora deverá atender às solicitações de acesso para microgeradores e minigeradores distribuídos nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST.

Art. 4º - Fica dispensada a assinatura de contratos de uso e conexão na qualidade de central geradora para os participantes do sistema de compensação de energia elétrica, nos termos do Capítulo III, sendo suficiente a emissão pela Distribuidora do Relacionamento Operacional para a microgeração e a celebração do Acordo Operativo para a minigeração, nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST. ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

§1º A potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora será conectada, nos termos do inciso LX, art. 2º da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

§2º Caso o consumidor deseje instalar central geradora com potência superior ao limite estabelecido no §1º, deve solicitar o aumento da potência disponibilizada, nos termos do art. 27 da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, sendo dispensado o aumento da carga instalada. ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

§ 3º É vedada a divisão de central geradora em unidades de menor porte para se enquadrar nos limites de potência para microgeração ou minigeração distribuída, devendo a distribuidora identificar esses casos, solicitar a readequação da instalação e, caso não atendido, negar a adesão ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica. ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

§4º Para a determinação do limite da potência instalada da central geradora localizada em empreendimento de múltiplas unidades consumidoras, deve-se considerar a potência disponibilizada pela distribuidora para o atendimento do empreendimento. ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

§5º Para a solicitação de fornecimento inicial de unidade consumidora que inclua microgeração ou minigeração distribuída, a distribuidora deve observar os prazos estabelecidos na Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST para emitir a informação ou o parecer de acesso, bem como os prazos de execução de obras previstos na Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

§6º Para os casos de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada, a solicitação de acesso deve ser acompanhada da cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes. ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

Art. 5º Quando da conexão de nova unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, ou no caso do §2º do art. 4º, aplicam-se as regras de participação financeira do consumidor definidas em regulamento específico. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

§1º Os custos de eventuais melhorias ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração distribuída não devem fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor, sendo integralmente arcados pela distribuidora, exceto para o caso de geração compartilhada. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§2º Os custos de eventuais melhorias ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de minigeração distribuída devem fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

CAPÍTULO III

DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Art. 6º Podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica os consumidores responsáveis por unidade consumidora: (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

I – com microgeração ou minigeração distribuída; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

II – integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

III – caracterizada como geração compartilhada; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

IV – caracterizada como autoconsumo remoto. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§2º A adesão ao sistema de compensação de energia elétrica não se aplica aos consumidores livres ou especiais. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 6-A A distribuidora não pode incluir os consumidores no sistema de compensação de energia elétrica nos casos em que for detectado, no documento que comprova a posse ou propriedade do imóvel onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída, que o consumidor tenha alugado ou arrendado terrenos, lotes e propriedades em condições nas quais o valor do aluguel ou do arrendamento se dê em reais por unidade de energia elétrica. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 7º No faturamento de unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica devem ser observados os seguintes procedimentos: (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

I - deve ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A, conforme o caso; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

II – para o caso de unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, exceto para aquelas de que trata o inciso II do art. 6º, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos a energia injetada e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R\$/MWh; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

III – para o caso de unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída a que se refere o inciso II do art. 6º, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos o percentual de energia excedente alocado a essa unidade consumidora e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R\$/MWh; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

IV - o excedente de energia é a diferença positiva entre a energia injetada e a consumida, exceto para o caso de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras, em que o excedente é igual à energia injetada; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

V – quando o crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores for utilizado para compensar o consumo, não se deve debitar do saldo atual o montante de energia equivalente ao custo de disponibilidade, aplicado aos consumidores do grupo B; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

VI - o excedente de energia que não tenha sido compensado na própria unidade consumidora pode ser utilizado para compensar o consumo de outras unidades consumidoras, observando o enquadramento como empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada ou autoconsumo remoto; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

VII - para o caso de unidade consumidora em local diferente da geração, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos o percentual de energia excedente alocado a essa unidade consumidora e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R\$/MWh; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

VIII - o titular da unidade consumidora onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída deve definir o percentual da energia excedente que será destinado a cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, podendo solicitar a alteração junto à distribuidora, desde que efetuada por escrito, com antecedência mínima de 60 (sessenta) dias de sua aplicação e, para o caso de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras ou geração compartilhada, acompanhada da cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

IX - para cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, encerrada a compensação de energia dentro do mesmo ciclo de faturamento, os créditos remanescentes devem permanecer na unidade consumidora a que foram destinados; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

X - quando a unidade consumidora onde ocorreu a geração excedente for faturada na modalidade convencional, os créditos gerados devem ser considerados como geração em período fora de ponta no caso de se utilizá-los em outra unidade consumidora; ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

XI - em cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, a compensação deve se dar primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, devendo ser observada a relação dos valores das tarifas de energia – TE (R\$/MWh), publicadas nas Resoluções Homologatórias que aprovam os processos tarifários, se houver, ([Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

XII - os créditos de energia ativa expiram em 60 (sessenta) meses após a data do faturamento e serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação após esse prazo; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

XIII - eventuais créditos de energia ativa existentes no momento do encerramento da relação contratual do consumidor devem ser contabilizados pela distribuidora em nome do titular da respectiva unidade consumidora pelo prazo máximo de 60 (sessenta) meses após a data do faturamento, exceto se houver outra unidade consumidora sob a mesma titularidade e na mesma área de concessão, sendo permitida, nesse caso, a transferência dos créditos restantes; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

XIV – adicionalmente às informações definidas na Resolução Normativa nº 414, de 2010, a fatura dos consumidores que possuem microgeração ou minigeração distribuída deve conter, a cada ciclo de faturamento: ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

a) informação da participação da unidade consumidora no sistema de compensação de energia elétrica; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

b) o saldo anterior de créditos em kWh; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

c) a energia elétrica ativa consumida, por posto tarifário; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

d) a energia elétrica ativa injetada, por posto tarifário; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

e) histórico da energia elétrica ativa consumida e da injetada nos últimos 12 ciclos de faturamento; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

f) o total de créditos utilizados no ciclo de faturamento, discriminados por unidade consumidora; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

g) o total de créditos expirados no ciclo de faturamento; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

h) o saldo atualizado de créditos; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

i) a próxima parcela do saldo atualizado de créditos a expirar e o ciclo de faturamento em que ocorrerá; ([Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.](#))

XV - as informações elencadas no inciso XIV podem ser fornecidas ao consumidor, a critério da distribuidora, por meio de um demonstrativo específico anexo à fatura, correio eletrônico ou disponibilizado pela internet em um espaço de acesso restrito, devendo a fatura conter, nesses casos, no mínimo as informações elencadas nas alíneas “a”, “c”, “d” e “h” do referido inciso; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XVI - para as unidades consumidoras cadastradas no sistema de compensação de energia elétrica que não possuem microgeração ou minigeração distribuída instalada, além da informação de sua participação no sistema de compensação de energia, a fatura deve conter o total de créditos utilizados na correspondente unidade consumidora por posto tarifário, se houver; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XVII - para as unidades consumidoras atendidas em tensão primária com equipamentos de medição instalados no secundário dos transformadores deve ser deduzida a perda por transformação da energia injetada por essa unidade consumidora, nos termos do art. 94 da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XVIII – os créditos são determinados em termos de energia elétrica ativa, não estando sua quantidade sujeita a alterações nas tarifas de energia elétrica; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XIX – para unidades consumidoras classificados na subclasse residencial baixa renda deve-se, primeiramente, aplicar as regras de faturamento previstas neste artigo e, em seguida, conceder os descontos conforme estabelecido na Resolução Normativa nº 414, de 2010. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§1º Os efeitos tarifários decorrentes do sistema de compensação de energia elétrica serão contemplados nos Procedimentos de Regulação Tarifária PRORET. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§ 2º A cobrança das bandeiras tarifárias deve ser efetuada sobre o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado, nos termos deste artigo. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

CAPÍTULO IV

DA MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Art. 8º - A distribuidora é responsável técnica e financeiramente pelo sistema de medição para microgeração distribuída, de acordo com as especificações técnicas do PRODIST. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§1º Os custos de adequação do sistema de medição para a conexão de minigeração distribuída e de geração compartilhada são de responsabilidade do interessado. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§2º Os custos de adequação a que se refere o §1º correspondem à diferença entre os custos dos componentes do sistema de medição requeridos para o sistema de compensação de energia elétrica e dos componentes do sistema de medição convencional utilizados em unidades consumidoras do mesmo nível de tensão. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 9º Após a adequação do sistema de medição, a distribuidora será responsável pela sua operação e manutenção, incluindo os custos de eventual substituição ou adequação.

Art. 10. A distribuidora deverá adequar o sistema de medição e iniciar o sistema de compensação de energia elétrica dentro do prazo para aprovação do ponto de conexão, conforme procedimentos e prazos estabelecidos na seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

CAPÍTULO V

DAS RESPONSABILIDADES POR DANO AO SISTEMA ELÉTRICO

Art. 11. Aplica-se o estabelecido no *caput* e no inciso II do art. 164 da Resolução Normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010, no caso de dano ao sistema elétrico de distribuição comprovadamente ocasionado por microgeração ou minigeração distribuída incentivada.

Art.12. Aplica-se o estabelecido no art. 170 da Resolução Normativa nº 414, de 2010, no caso de o consumidor gerar energia elétrica na sua unidade consumidora sem observar as normas e padrões da distribuidora local.

Parágrafo único. Caso seja comprovado que houve irregularidade na unidade consumidora, nos termos do *caput*, os créditos de energia ativa gerados no respectivo período não poderão ser utilizados no sistema de compensação de energia elétrica.

CAPÍTULO VI

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art.13 Compete à distribuidora a responsabilidade pela coleta das informações das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica e envio dos dados para registro junto à ANEEL, conforme modelo disponível no site da Agência. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Parágrafo único. Os dados para registro devem ser enviados até o dia 10 (dez) de cada mês, contendo os dados das unidades consumidoras com microgeração ou minigeração distribuída que entraram em operação no mês anterior. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 13-A A distribuidora deve disponibilizar, a partir de 1º de janeiro de 2017, sistema eletrônico que permita ao consumidor o envio da solicitação de acesso, de todos os documentos elencados nos anexos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, e o acompanhamento de cada etapa do processo. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 13-B Aplicam-se às unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia, de forma complementar, as disposições da Resolução Normativa nº 414, de 2010. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art.14. Ficam aprovadas as revisões 4 do Módulo 1 – Introdução, e 4 do Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, do PRODIST, de forma a contemplar a inclusão da Seção 3.7 – Acesso de Micro e Minigeração Distribuída com as adequações necessárias nesse Módulo.

Art. 15. A ANEEL irá revisar esta Resolução até 31 de dezembro de 2019. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 16. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

NELSON JOSÉ HÜBNER MOREIRA

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 19.04.2012, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76 e o retificado no D.O. de 08.05.2012 e 19.09.2012.

(Retificada a nota explicativa (1) da Tabela 2 da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, pelo DSP SRD/ANEEL 720 de 25.03.2014)