



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGreste
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

THULYO GABRYELL ASSUNÇÃO SILVA

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA EM EMPREENDIMENTOS DE UM GRUPO COMERCIAL DE
PERNAMBUCO**

Orientadora: Profa. Dr. Maria Isabela Marques da Cunha Vieira Bello

Caruaru
2022

THULYO GABRYELL ASSUNÇÃO SILVA

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA EM EMPREENDIMENTOS DE UM GRUPO COMERCIAL DE
PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Orientador: Profa. Dra. Maria Isabela Marques de Cunha Bello

AGRADECIMENTOS

Começo meus agradecimentos citando um versículo que é o Eclesiastes 3:1-8 NVI que em certo trecho diz que: Para tudo há uma ocasião certa; há um tempo certo para cada propósito debaixo do céu. E esse versículo significa muito para mim e foi muito importante durante a minha jornada acadêmica pois me deu forças quando muitas vezes não vi sentido no que estava recebendo de resultados em muitas ocasiões, mas também me fez sentir muita gratidão quando oportunidades me apareceram e eu pude estar preparado.

A palavra gratidão reflete muito bem o sentimento de chegar à essa etapa acadêmica. Só tenho a agradecer a Universidade Federal de Pernambuco, mais precisamente o Centro Acadêmico do Agreste por me proporcionar a capacidade de crescer intelectualmente e espiritualmente ao longo da minha vida acadêmica. Quero agradecer também a todos os professores e funcionários de todo o centro pelo conhecimento e tratamento dados a mim. Quero agradecer, em especial, a dois professores que em momentos distintos me incentivaram de uma forma que eles nem imaginam. O professor Dr. Whashington de Lima foi muito importante para mim no ano de 2017, mais precisamente no meu terceiro período, aonde eu vinha de uma frustração do segundo período que foi a minha primeira reprovação e ele me fez enxergar o meu potencial e a minha capacidade de resiliência que indiretamente impulsionou muito positivamente a minha jornada até hoje. Já a professora Isabela Bello me impulsionou no final do período acadêmico, já de maneira remota, mas mesmo assim se fez presente como minha orientadora e amiga me aconselhando e isso com certeza fez a diferença no meu rendimento.

Dizem que se caminharmos sozinhos chegaremos rápido ao nosso destino, porém se caminharmos juntos chegaremos muito mais longe. E esse dizer eu dedico aos meus amigos acadêmicos que com certeza eu não teria chegado aqui sem o apoio de todos, que são eles: José Guilherme, Agnes Sales, Guilherme Bezerra, Eduarda Rodrigues, Thaysa Tharsila, Emannuel Piancó, Lucas Torres, Siméia, Marcelino, Matheus Araújo, Matheus Soares, Taysa Luana, Carol Nepomuceno, Erasmo Júnior e Athos Murilo.

E o que seria de mim sem o apoio familiar, são as pessoas que mais amo no mundo, que batalharam para me proporcionar tudo que vivenciei e são as pessoas que mais quero dar orgulho. Obrigado por tudo, pelo jeito que cada um de vocês, da sua maneira, me incentivou e ajudou nessa minha jornada. Amo vocês: Mainha, Painho, Thammirys, Thammara e Iago.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema do sistema On Grid	09
Figura 2 - Manual de inversor de corrente Growatt	10
Figura 3 – Esquema de funcionamento de otimizadores	11
Figura 4 – Incidência solar em São Bento do Una - PE	14
Figura 5 – Exemplo de conta de energia do grupo A	16
Figura 6 – Exemplo de conta de energia do grupo B	17
Figura 7 – Layout de instalação	20

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Localização da usina solar.....	17
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens do sistema On Grid	13
Tabela 2 – Etapas da pesquisa e finalidade	19
Tabela 3 – Cálculo do consumo resumido	21
Tabela 4 – Análise resumida do dimensionamento das placas fotovoltaicas.	23
Tabela 5 – Orçamento geral da UFV	21
Tabela 6 – Análise econômica de contas contratos fornecidas pelo grupo G RR Ferraz.....	22
Tabela 7 – Média de aumento e reduções na tarifa de energia	21
Tabela 8 – Média de aumento nos índices da tabela SINAPI	22
Tabela 9 – Cenário 1: CELPE com aumento médio anual da tarifa de energia.	25
Tabela 10 – Cenário 2: CELPE sem aumento médio anual da tarifa de energia.....	25
Tabela 11 – Cenário 3: com UFV.....	27
Tabela 12 – Cenário 4: Mercado livre com aumento	28
Tabela 13 – Cenário 5: Mercado livre sem aumento.....	29
Tabela 14 – Comparação entre os Cenários 3 e 5	30
Tabela 15 – Indicadores de payback	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de produção anual estimada para o sistema	18
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIAÇÕES

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEF	Caixa Econômica Federal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SEFAZ-PE	Secretaria da Fazenda de Pernambuco
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
CELPE	Companhia de Eletricidade de Pernambuco
ABRACEEL	Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia
CRESES	Centro de Referencia para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

Viabilidade técnica e econômica para implantação de energia fotovoltaica em empreendimentos de um grupo comercial de Pernambuco

Technical and economic feasibility for the implementation of photovoltaic energy in enterprises of a commercial group of Pernambuco

RESUMO

Com o avanço das tecnologias e produção de energias renováveis, a geração de energia solar fotovoltaica tem crescido substancialmente no território brasileiro. Este artigo apresenta uma análise da viabilidade técnica-econômica para implantação de uma usina de energia solar fotovoltaica de produção mensal de 2Mwp (megawatt-pico) a ser instalada no solo da cidade de São Bento do Una, Pernambuco, para atender a demanda energética de um frigorífico, um Incubatório, uma fábrica de rações e mais 20 pontos referentes a comércio varejista do grupo RR Ferraz. O projeto foi desenvolvido pela empresa Phot.On Empreendimentos e foi calculado inicialmente com a análise do consumo mensal de energia e o quanto precisa ser provido pelos módulos fotovoltaicos, sendo assim, dimensionados o quantitativo de painéis. Foi realizada uma visita técnica ao terreno de instalação com a finalidade de averiguar a rede elétrica presente no terreno e a necessidade de aplicar subestações, para que inversores puderam ser devidamente dimensionados. Foram elaborados orçamentos de todos os equipamentos e peças necessárias para a implementação do equipamento (incluindo serviços de homologação, fixação e compra de bases de solo, projetos elétricos e de subestações). Para as análises econômicas do investimento considerou-se os reajustes das tarifas e índices que correspondem a manutenção do sistema. O valor para a implementação do sistema fotovoltaico foi de R\$ 7.000.000,00. O fluxo de caixa apresentou um payback de menos de um ano e a economia gerada pela aquisição do sistema, em torno de toda sua vida útil, foi de R\$ 44.075.796,90.

Palavras-chave: Energias renováveis. Investimento financeiro. Sustentabilidade.

ABSTRACT

With the advance of technologies and the production of renewable energies, the generation of photovoltaic solar energy has grown substantially in The Brazilian territory. This article

presents an analysis of the technical and economic feasibility for the implementation of a 2Mwp monthly photovoltaic solar power plant to be installed in the soil of the city of São Bento do Una, Pernambuco, to meet the energy demand of a refrigerator, a hatchery and 21 more points related to retail trade of the RR Ferraz group. The project was initially calculated with the analysis of monthly energy consumption and how much needs to be provided by photovoltaic modules, thus dimensioning the number of panels. A technical visit was made to the installation site with the purpose of verifying the electrical network present in the field and the need to apply substations, so that inverters could be properly sized. Budgets were prepared for all equipment and parts necessary for the implementation of the equipment (including homologation services, fixing and purchase of soil bases, electrical projects and substations). For the economic analysis of the investment, we considered the adjustments of tariffs and indices that correspond to the maintenance of the system. The value for the implementation of the photovoltaic system was R\$ 7,000,000.00. The cash flow showed a payback of less than one year and the savings generated by the acquisition of the system, around its entire useful life, was R\$ 44,075,796.90.

Keywords: Renewable energy. Financial investments. Sustainability.

DATA DE APROVAÇÃO: 26 de maio de 2022.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2007), a matriz energética brasileira atual é composta majoritariamente por energia renovável. Boa parte dessa energia é composta por hidrelétricas (62,5%), entretanto essa composição vem mudando ao longo dos anos com o uso de fóssil (15,9%), biomassa (8,8%) e solar (1,95).

A energia solar fotovoltaica vem ganhando cada vez mais espaço no cenário nacional representando. O conhecimento da radiação solar incidente na Terra desempenha papel fundamental em muitas atividades humanas como, por exemplo, a agricultura, a arquitetura e o

planejamento energético. A radiação solar constitui uma opção limpa e renovável de produção de energia (Martins, 2004).

A ANEEL aprovou em 19/04/2022, reajustes nos preços da eletricidade em quatro estados brasileiros, todos da região Nordeste. Apesar dos reajustes, a maioria dos consumidores vai pagar menos pela energia a partir do mês que vem - por causa do fim da bandeira tarifária de escassez hídrica. Dada a realidade de reajustes no preço da eletricidade comparada a expectativa e incentivo de desenvolvimento de energias renováveis no mercado elétrico, é notório e indispensável a implantação de novos sistemas de geração elétrica que possibilitem um melhor custo-benefício e sustentabilidade (Agência Brasil, 2022).

Para regiões como o Nordeste brasileiro que sofrem historicamente com crise energética, visto que é uma das regiões mais secas do país, a energia solar fotovoltaica apresenta um elevado potencial. Segundo o SUDENE (2017), a região do semiárido compreende cerca de 90% de todo o território nordestino e essa região apresenta um excelente índice de radiação solar fazendo da energia solar fotovoltaica, uma ótima possibilidade para a segurança energética.

Segundo a Secretaria da Fazenda de Pernambuco (SEFAZ-PE, 2021), as Indústrias que fabricam produtos para usinas eólicas e solares vão poder contar com mais um benefício do Governo de Pernambuco: o diferimento no pagamento do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre a aquisição de máquinas, equipamentos, aparelhos, cabos e estruturas metálicas (para a construção de torres, por exemplo). As geradoras de energia eólica e solar se beneficiam da iniciativa, uma vez que o custo para a produção da energia será mais baixo, já que não precisarão repassar os valores dos impostos, pois os mesmos são diferidos.

Com o alto custo mensal de energia do grupo econômico juntamente as previsões de aumento de tarifas por parte da concessionária do estado de Pernambuco – a Companhia de Eletricidade de Pernambuco (CELPE) – a implementação de um sistema fotovoltaico se tornou extremamente atrativa e viável, e ainda, levando em consideração que se trata de uma energia limpa e renovável. Existe um benefício duplo que seria o financeiro/sustentável.

Este artigo apresenta uma análise da viabilidade técnica-econômica de uma usina de produção mensal de 2Mwp de energia solar fotovoltaica a ser instalada no solo da cidade de São Bento do Una – PE, para atender a demanda energética de um frigorífico, um incubatório e mais 21 pontos referentes a comércio varejista do grupo do grupo RR Ferraz.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

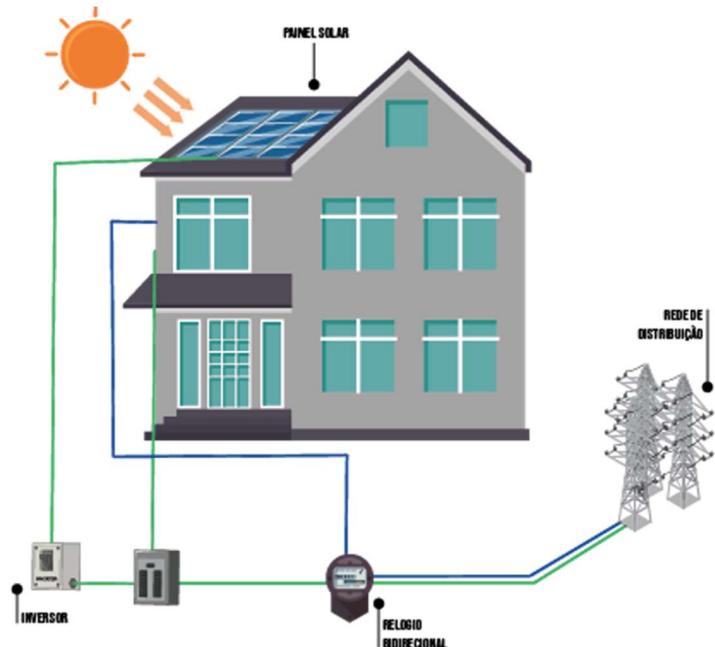
2.1 Dimensionamento da potência exigida pelo sistema de placas fotovoltaicas

O fator determinante para o cálculo da potência exigida pelo sistema é o tipo de sistema utilizado em um empreendimento.

O sistema On Grid (Conectado à rede) que produz energia e injeta na rede da concessionária local. Essa energia injetada é convertida em créditos que são compensados pelo consumo como mostra o esquema na Figura 1.

Existem algumas vantagens bem relevantes no sistema On Grid (Tabela 1), a principal é poder compensar a energia injetada em pontos geograficamente distantes, com limitação do mesmo estado. Isso possibilita ao Grupo RR Ferraz incluir todas as suas lojas no sistema de compensação.

Figura 1. Esquema do sistema On Grid



Fonte: Phot.On Empreendimentos (2022)

Tabela 1. Vantagens do sistema On Grid

Vantagens do sistema On Grid	
Rede Elétrica	Não há necessidade de mexer na rede elétrica dos estabelecimentos uma vez que apenas o relógio da unidade geradora é substituído pelo relógio bidirecional (que mede consumo e produção)
Limitação física	Por se tratar de um sistema de compensação, a limitação geográfica existente passa a ser todo o estado. Ou seja, uma usina pode ser instalada em São Bento do Una – PE e sua energia ser compensada em Caruaru-PE. Um sistema de baterias não possibilitaria isso.
Autossuficiência diária	O sistema não precisa ser autossuficiente para o consumo diário, visto que a medição e cobrança de consumo é feita de forma mensal. Isso possibilita uma economia no dimensionamento do sistema, uma vez que a energia é analisada por incidência solar mensal.
Taxação	A partir de 06/01/2023 será cobrado um aluguel referente ao uso da rede das concessionárias equivalente à 4% da produção energética previstos na Lei N°14.300/2022. Pelo fato de o grupo realizar o empreendimento em 2022 ele se beneficia da isenção desse aluguel até 2045.
Necessidade de mais consumo	Caso o consumo ultrapasse a produção injetada na rede será pago à concessionária apenas o excedente.

Fonte: Modificado de Phot.On Empreendimentos (2022)

O dimensionamento desse sistema depende diretamente do cálculo de consumo médio, pois ele definirá a potência do sistema. A potência, normalmente, é calculada em kwp/mês então é feita a conversão de unidades (Kwh/mês para Kwp/mês (Quilowatt-Pico por mês)).

2.2 Dimensionamento das Subestações Elétricas

Subestação é um conjunto de equipamentos industriais interligados entre si com os objetivos de controlar o fluxo de potência, modificar tensões e alterar a natureza da corrente elétrica assim como garantir a proteção do sistema elétrico. Funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando como pontos de entrega para consumidores industriais. Durante o percurso entre as usinas e as cidades, a eletricidade passa por diversas subestações, onde os transformadores aumentam ou diminuem a sua tensão. Ao elevar a tensão elétrica no início da transmissão, os transformadores evitam a perda excessiva de energia ao longo do caminho. Já, ao rebaixarem a tensão elétrica perto dos centros urbanos, permitem a distribuição da energia por toda a cidade (Muzy, 2012).

2.3 Dimensionamento dos inversores de corrente

Três critérios são fundamentais para a escolha dos inversores de corrente: potência do sistema, dimensionamento das subestações e compatibilidade do inversor com o otimizador Tigo TS4-A-0500 W.

Os inversores de corrente têm que ser capazes de absorver toda a potência do sistema e não necessariamente precisam somar em toda a potência do sistema, isso por que o manual dos

inversores de corrente especifica que eles têm a capacidade de atender a potência determinada pelo fabricante, mais um excedente de até 50%. Logo, um inversor de corrente de potência 120 Kw teoricamente, segundo os fabricantes das marcas Goodwe e Growatt, (2022), pode ser dimensionado para uma usina de até 180 Kw e ele funcionará em sua plena atividade sem comprometê-lo ou até danificá-lo.

A Figura 2 representa um manual de inversor de corrente da Growatt que exemplifica a situação relatada. Um inversor de 75 Kw de potência nominal de saída CA (Corrente alternada) suportaria até uma máxima potência CC (Corrente Contínua) de 112,5 Kw, ou seja, 50% de aumento de sua capacidade.

Figura 2. Manual de inversor de corrente da Growatt

Ficha de dados		MAX 75KTL3 LV
Dados de entrada		
Máxima potência CC		112500W
Máxima tensão de CC		1100V
Tensão de partida		250V
Faixa de tensão MPPT		195V-1000V
Tensão nominal		600V
Máximo corrente de entrada por string		25A
Número de MPPT		7/2
Independentes/ strings por MPPT		
Saída (CA)		
Potência nominal de saída CA		75000W
Máxima Potência aparente de CA		83300VA
Máximo corrente de saída		120.8A
Tensão nominal CA		220V/380V
Frequência de grade CA		50Hz/60Hz

Fonte: Growatt (2022)

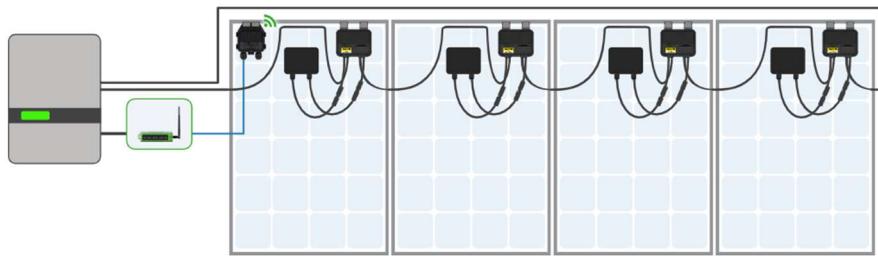
2.4 Dimensionamento dos Otimizadores

Segundo o fabricante dos otimizadores, a Tigo Energy, o TS4-A-O (Otimização) é a solução avançada de otimização que traz recursos inteligentes a módulos fotovoltaicos padrão para maior geração, transparência e segurança. Esses recursos são:

- Monitoramento a nível modular para acompanhamento da produção de energia e gerenciamento de sistemas.
- Desligamento manual ou automático a nível modular.
- Otimização a nível modular para melhor rendimento energético e maior flexibilidade de projeto.

Na Figura 3 é apresentado o esquema de instalação dos otimizadores da Tigo Energy (2022). O esquema de instalação dos otimizadores é bem simples e feito de maneira eficiente. Além de que, os benefícios trazidos pelos otimizadores a curto e longo prazo são extraordinários.

Figura 3. Esquema de funcionamento de otimizadores



Fonte: Tigo Energy (2022)

2.4 Viabilidade Econômica do Investimento

A análise de viabilidade econômica do investimento se baseia em alguns princípios:

- Contabilizar, entre todas as contas contrato do consumidor, todas as despesas relativas à concessionária energética (CELPE) que permanecerão sendo pagas;
- Analisar as condições de financiamento oferecidos pela instituição financeira;
- Comparar as duas realidades: O custo mensal (e acumulado) do grupo utilizando energia solar com o custo mensal (e acumulado, durante o mesmo período de tempo) do grupo utilizando energia convencional.

2.5 ABRACEEL e o Mercado Livre de Energia

Segundo o site oficial a Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL) é uma associação que defende a livre competição de mercado como instrumento de promoção da eficiência e segurança do abastecimento nas áreas de energia elétrica, etanol e gás natural, bem como de estímulo ao crescimento das negociações de créditos de carbono.

A associação atua junto à sociedade em geral, formadores de opinião, órgãos de Governo, outras organizações das áreas de energia elétrica, etanol, gás natural e créditos e agentes econômicos em geral, de forma a: promover a discussão da liberdade como valor fundamental e da competição como meio de promoção da inovação e da eficiência; discutir e divulgar as melhores práticas e experiências nacionais e internacionais na regulação e no desenvolvimento dos mercados de energia; discutir e divulgar as melhores práticas na comercialização de energia; defender o aperfeiçoamento do marco legal e regulatório de modo a que a livre comercialização possa promover, cada vez mais, a eficiência do mercado em benefício da sociedade; defender a ampliação e a consolidação do mercado livre de energia elétrica, bem como a estruturação do mercado de gás natural e a consolidação dos mercados de

etanol e créditos de carbono; e manter seus associados informados sobre a evolução do ambiente legal e institucional, buscando identificar possíveis ameaças e oportunidades.

Quanto ao Mercado Livre de Energia, se trata de um ambiente de negociação onde consumidores “livres” podem comprar energia alternativamente ao suprimento da concessionária local. Nesse ambiente, o consumidor negocia o preço da sua energia diretamente com os agentes geradores e comercializadores. Dessa forma, o cliente livre pode escolher qual será o seu fornecedor de energia.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Características do empreendimento

Pertencente ao Grupo Ferraz Avícola que está há 15 anos atuando na avicultura, o Frango Favorito iniciou suas operações em 2015, sendo um marco na avicultura de Alagoas. A empresa possui toda a cadeia de produção avícola que vem desde as reprodutoras, incubadoras e fábricas de rações, até granjas de frango e aves de postura de ovos comerciais, garantindo assim um eficiente controle de qualidade e rastreabilidade de todo o processo. Atualmente, atendendo os seguintes estados: Alagoas, Pernambuco, Sergipe, Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte, através das suas duas unidades de abate (FRANGO FAVORITO, 2022).

Além das mais de 30 lojas de fábrica espalhadas entre os estados de Alagoas e Pernambuco com toda sua extensão de alcance de distribuição certificadas por órgãos agropecuários e ambientais. Sempre priorizando a saúde e satisfação dos consumidores junto com os cuidados para o bem-estar animal e preservação do meio ambiente. Com sua grande capacidade de produção e logística, facilitada pela curta distância entre o abatedouro e o ponto de venda, o Frango Favorito desonta como o produto mais fresco do mercado, estando pronto para venda horas após o abate (FRANGO FAVORITO, 2022).

Capaz de absorver grande parte da demanda do atacado e varejo de Alagoas e Pernambuco, o Favorito honra a preferência de seu nome entre distribuidores, revendedores e clientes. O empreendimento será uma usina fotovoltaica do tipo solo (fixada em solo), distribuída pelo terreno próprio do Grupo RR Ferraz que fica na região metropolitana do município de São Bento do Una – PEE. A Foto 1 representa a geolocalização do empreendimento através do Google Earth (2022), destacando a usina fotovoltaica e sua localização dentro do empreendimento e o incubatório e o frigorífico do grupo.

Foto 1. Localização da UFV



Fonte: Google Earth (2022)

O Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB, 2022) fornece o índice de incidência solar da cidade de São Bento do Una – PE, conforme pode ser observado na Figura 4. O índice servirá como base de cálculo e entendimento da potência a ser gerada pela quantidade de módulos ao longo do tempo além de auxiliar também na definição da posição e inclinação dos módulos a nível de projeto.

3.2 Metodologia

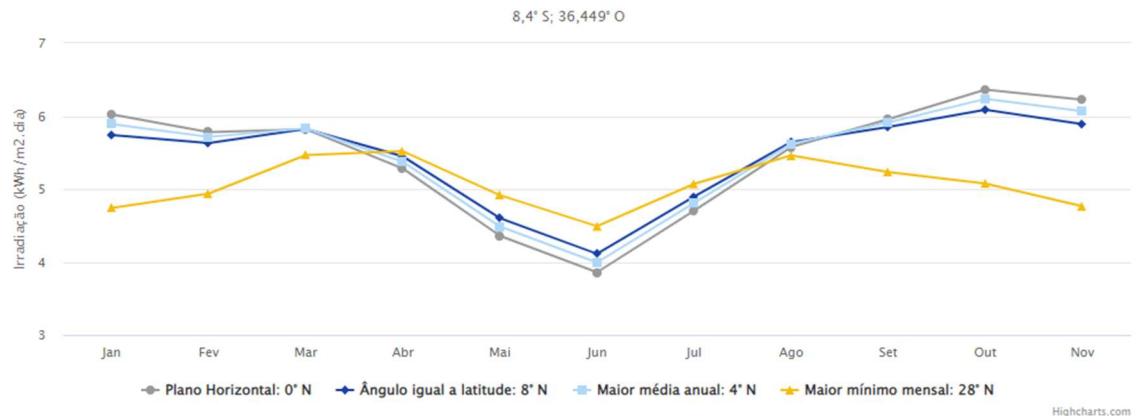
Os estudos consistiram em 3 etapas: (1) Cálculo do consumo mensal de energia, o custo total e o número de módulos fotovoltaicos necessários para atendimento da demanda; (2) orçamento global, dimensionamento e a instalação de placas fotovoltaicas para um sistema On-grid (conectado à rede); (3) análise da viabilidade econômica da instalação do sistema fotovoltaico para solo. A Tabela 2 estão apresentadas as etapas da pesquisa, sua finalidade e os itens considerados em cada fase.

Figura 4. Incidência solar em São Bento do Una - PE

Estação: São Bento do Una
Município: São Bento do Una , PE - BRASIL
Latitude: 8,4° S
Longitude: 36,449° O
Distância do ponto de ref. (8,38° S; 36,42° O) : 3,9 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	6,02	5,78	5,82	5,28	4,36	3,86	4,02	4,70	5,57	5,96	6,36	6,23	5,33	2,50
✓	Ângulo igual a latitude	8° N	5,74	5,63	5,82	5,45	4,60	4,11	4,27	4,90	5,64	5,85	6,09	5,89	5,33	1,97
✓	Maior média anual	4° N	5,89	5,71	5,83	5,37	4,49	3,99	4,15	4,81	5,62	5,91	6,23	6,07	5,34	2,24
✓	Maior mínimo mensal	28° N	4,74	4,94	5,47	5,52	4,91	4,49	4,61	5,07	5,46	5,23	5,07	4,76	5,02	1,03

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Sao Bento do Una-Sao Bento do Una, PE-BRASIL



Fonte: CRESESB (2022)

Tabela 2. Etapas da pesquisa e finalidade

ETAPAS	FINALIDADE DO INSTRUMENTO	ITENS CONSIDERADOS
1	Calcular o consumo mensal de energia, o custo e o número de módulos fotovoltaicos	Potência, tipo de sistema, área disponível para instalação, do tipo de rede elétrica distribuída no local de instalação e os índices de radiação solar
2	Orçamento global, dimensionamento e instalação de placas fotovoltaicas para um sistema On-grid	Custeio dos módulos fotovoltaicos, inversores, subestações elétricas, mão de obra, bases de solo, alvenarias para inversores e cerca em torno da usina.
3	Análise da viabilidade econômica da instalação do sistema fotovoltaico para solo	Comparação entre o custo da implementação da usina fotovoltaica na condição de financiamento em 60 meses e o custo mensal com energia proveniente da concessionária

Fonte: Autoria própria (2022)

Os quantitativos de placas fotovoltaicas e os inversores de corrente foram dimensionados em função dos dados análise do consumo mensal de energia, de potência, tipo de sistema, consumo total dos pontos analisados obtidos através das faturas, da área disponível para instalação, do tipo de rede elétrica distribuída no local de instalação e os índices de radiação solar para a cidade de São Bento do Una encontrados no site da CRESESB. Foi realizada uma visita técnica ao terreno de instalação com a finalidade de averiguar a rede elétrica presente no terreno e a necessidade de aplicar subestações, para que inversores puderam ser devidamente dimensionados.

Para o estudo de viabilidade financeira foram elaborados orçamentos de todos os equipamentos e peças necessários para a implementação do sistema solar com o custeio dos módulos fotovoltaicos, inversores, subestações elétricas, bases de solo, incluindo serviços de homologação, fixação e compra de bases de solo para sustentação das placas, alvenarias para os inversores e cerca ao redor da usina, projetos elétricos e de subestações.

Com o orçamento global, foi realizada a comparação entre o custo relativo à implementação da usina na condição de financiamento em 60 meses e o custo mensal de energia proveniente de concessionária, incluindo as taxas de iluminação pública e ICMS, que estava sendo a realidade do grupo até então.

Para as análises econômicas do investimento considerou-se os reajustes das tarifas e índices que correspondem a manutenção do sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cálculo do Consumo Médio de Energia Elétrica

Mediante as contas de energia fornecidas pelo Grupo RR Ferraz, foram analisados os consumos ativos dentro e fora da ponta para base de cálculo da potência do sistema. O cálculo da potência leva em consideração a média dos últimos 12 meses de consumo de cada conta, para garantir uma potência de produção que atenda o consumo real do cliente. Na Figura 5 é mostrado um exemplo de conta do grupo A (Classificação interna da Neoenergia para grandes consumidores) fornecida e os campos dela que foram considerados nos cálculos estão destacados.

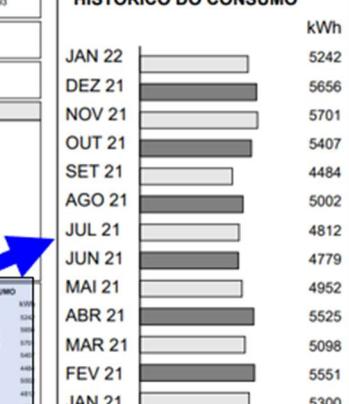
Para o caso específico de contas do grupo A, são realmente necessárias as 12 contas físicas mais recentes para o cálculo da média de consumo. Já no caso de contas do grupo B (Comercial) é mais simples, pois as contas mais recentes fornecem um gráfico de consumo anual com precisão nas informações necessárias, assim como destacado na Figura 6.

Figura 5. Exemplo de conta de energia do grupo A

COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO AV. JOSÉ DE BARROS, 111, BOA VISTA, RECIFE - PERNAMBUCO CEP 50050-902 CNPJ 10.835.932/0001-08 INSCRIÇÃO ESTADUAL 0005943-93		 <p>NEOENERGIA PERNAMBUCO</p>	TELEATENDIMENTO: Emergencial 116 Comercial 0800 214 2236 Ligação gratuita de telefones fixos e móveis Atendimento ao cliente: Central de atendimento: fala: 0800 701 0155 Ouvidoria: 0800 282 5590 SMS: 0800 701 0155 Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco - ARPE (60) 727 0446 Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 1610 (Ligação gratuita de telefones fixos e móveis) Site de serviços: www.clientescorporativos.neoenergia.com.br www.neoenergia.com.br																																													
NOTA FISCAL FATURA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA 2º VIA																																																
DADOS DO CLIENTE RILDO ROQUE FERRAZ		DATA DE VENCIMENTO 11/03/2022	DATA DA EMISSÃO DA NOTA FISCAL 08/02/2022	CONTA CONTRATO 7032927402																																												
CPF: 137.378.848-89		TOTAL A PAGAR (R\$) 65.485,14	DATA DA APRESENTAÇÃO 10/02/2022	Nº DO CLIENTE 2002144572																																												
ENDERECO RO PE 180 SN JOSE DE ALMEIDA CORDEIRO			NÚMERO DA NOTA FISCAL 193972234	Nº DA INSTALAÇÃO 305284																																												
ALTO LIMPO/BELO JARDIM 55152-835 BELO JARDIM PE																																																
CLASSIFICAÇÃO A4 Horo-sazonal Verde RURAL - AGROPECUÁRIA RURAL RESERVADO AO FISCO FC13.EB95.D1A4.6FD8.09C5.4545.8941.ESA1																																																
DESCRÍPCAO DA NOTA FISCAL E INFORMAÇÕES IMPORTANTES <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIÇÃO</th> <th>QUANTIDADE</th> <th>PREÇO(R\$)</th> <th>VALOR(R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Demandna Ativa(kW)</td> <td>172,160000</td> <td>24.47399076</td> <td>4.213,44</td> </tr> <tr> <td>Demandna Ativa Ultrapassagem(kW)</td> <td>27,160000</td> <td>50,98748075</td> <td>1.384,81</td> </tr> <tr> <td>Demandna Reativa Excedente (kVAR)</td> <td>0,000000</td> <td>25,49374037</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Consumo Ativo Na Ponta(kWh)-TUSD</td> <td>6.021,440000</td> <td>1.583,10986</td> <td>9.532,60</td> </tr> <tr> <td>Consumo Ativo Fora de Ponta(kWh)-TUSD</td> <td>73.039,450000</td> <td>0,08677726</td> <td>6.338,16</td> </tr> <tr> <td>Consumo Ativo No Ponto(kWh)-TE</td> <td>6.021,440000</td> <td>0,73058729</td> <td>4.399,18</td> </tr> <tr> <td>Consumo Ativo Fora Pontal(kWh)-TE</td> <td>7.039,450000</td> <td>0,52411764</td> <td>38.281,26</td> </tr> <tr> <td>Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVArh)</td> <td>274,590000</td> <td>0,36731606</td> <td>100,84</td> </tr> <tr> <td>Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVArh)</td> <td>2.374,930000</td> <td>0,36731606</td> <td>872,34</td> </tr> <tr> <td>ICMS Subvenção-CDE-NF 185538965-14/12/21</td> <td></td> <td></td> <td>362,51</td> </tr> </tbody> </table>					DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	VALOR(R\$)	Demandna Ativa(kW)	172,160000	24.47399076	4.213,44	Demandna Ativa Ultrapassagem(kW)	27,160000	50,98748075	1.384,81	Demandna Reativa Excedente (kVAR)	0,000000	25,49374037	0,00	Consumo Ativo Na Ponta(kWh)-TUSD	6.021,440000	1.583,10986	9.532,60	Consumo Ativo Fora de Ponta(kWh)-TUSD	73.039,450000	0,08677726	6.338,16	Consumo Ativo No Ponto(kWh)-TE	6.021,440000	0,73058729	4.399,18	Consumo Ativo Fora Pontal(kWh)-TE	7.039,450000	0,52411764	38.281,26	Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVArh)	274,590000	0,36731606	100,84	Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVArh)	2.374,930000	0,36731606	872,34	ICMS Subvenção-CDE-NF 185538965-14/12/21			362,51
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	VALOR(R\$)																																													
Demandna Ativa(kW)	172,160000	24.47399076	4.213,44																																													
Demandna Ativa Ultrapassagem(kW)	27,160000	50,98748075	1.384,81																																													
Demandna Reativa Excedente (kVAR)	0,000000	25,49374037	0,00																																													
Consumo Ativo Na Ponta(kWh)-TUSD	6.021,440000	1.583,10986	9.532,60																																													
Consumo Ativo Fora de Ponta(kWh)-TUSD	73.039,450000	0,08677726	6.338,16																																													
Consumo Ativo No Ponto(kWh)-TE	6.021,440000	0,73058729	4.399,18																																													
Consumo Ativo Fora Pontal(kWh)-TE	7.039,450000	0,52411764	38.281,26																																													
Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVArh)	274,590000	0,36731606	100,84																																													
Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVArh)	2.374,930000	0,36731606	872,34																																													
ICMS Subvenção-CDE-NF 185538965-14/12/21			362,51																																													

Fonte: Grupo RR Ferraz (2022)

Figura 6. Exemplo de conta de energia do grupo B

DADOS DO CLIENTE FRANCO FAVORITO LTDA	DATA DE VENCIMENTO 03/03/2022	DATA DA EMISSÃO DA NOTA FISCAL 15/02/2022	CONTA CONTRATO 7032326620																												
CNPJ 24.958.076/0005-20 Inscrição Estadual: 072005874	TOTAL A PAGAR (R\$) 2.827,89	DATA DA APRESENTAÇÃO 22/02/2022	Nº DO CLIENTE 2016765403																												
ENDERECO DA UNIDADE CONSUMIDORA RUA JOSE PEREIRA NETO 3 - A LJ-04 CENTRO SANTA CRUZ DO CAIPIRINHA PE 55152-200 SANTA CRUZ DO CAIPIRINHA PE		NÚMERO DA NOTA FISCAL 195349210	Nº DA INSTALAÇÃO 5304693																												
Ao consumidor que se tornar cliente (Resolução ANEEL nº 142/2010), tarifa, produtos, serviços prestados e tributos se encontram à disposição, para consulta em nossas unidades de atendimento e no site: www.neoenergiapernambuco.com.br																															
CLASSIFICAÇÃO B3 COMERCIAL - COMERCIAL Conv. Monomáx - Trifásico RESERVADO AO FISCO E1BC-SCAB 0955.4269.659F9.2A2B 2206.5D76																															
DESCRÍPCAO DA NOTA FISCAL <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIÇÃO</th> <th>QUANTIDADE</th> <th>PREÇO(R\$)</th> <th>VALOR(R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consumo Ativo(kWh) TUSD</td> <td>5.242,000000</td> <td>0,46214089</td> <td>2.422,34</td> </tr> <tr> <td>Consumo Ativo(kWh) TE</td> <td>5.242,000000</td> <td>0,36731606</td> <td>1.903,47</td> </tr> <tr> <td>Acrescimo Bemestar AMARELA</td> <td></td> <td></td> <td>300,46</td> </tr> <tr> <td>Controle Ium. Pública Municipal</td> <td></td> <td></td> <td>187,86</td> </tr> <tr> <td>ICMS Subvenção-CDE-NF 185772962-19/12/21</td> <td></td> <td></td> <td>32,80</td> </tr> <tr> <td>Imposto a Sonhar ou Diminuir (5%Imposto)</td> <td></td> <td></td> <td>2.717,44</td> </tr> </tbody> </table>				DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	VALOR(R\$)	Consumo Ativo(kWh) TUSD	5.242,000000	0,46214089	2.422,34	Consumo Ativo(kWh) TE	5.242,000000	0,36731606	1.903,47	Acrescimo Bemestar AMARELA			300,46	Controle Ium. Pública Municipal			187,86	ICMS Subvenção-CDE-NF 185772962-19/12/21			32,80	Imposto a Sonhar ou Diminuir (5%Imposto)			2.717,44
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	VALOR(R\$)																												
Consumo Ativo(kWh) TUSD	5.242,000000	0,46214089	2.422,34																												
Consumo Ativo(kWh) TE	5.242,000000	0,36731606	1.903,47																												
Acrescimo Bemestar AMARELA			300,46																												
Controle Ium. Pública Municipal			187,86																												
ICMS Subvenção-CDE-NF 185772962-19/12/21			32,80																												
Imposto a Sonhar ou Diminuir (5%Imposto)			2.717,44																												
TOTAL DA FATURA 2.827,89																															
INFORMAÇÕES DE TRIBUTOS <table border="1"> <thead> <tr> <th>ICMS</th> <th>% VALOR DO CONSUMO</th> <th>PIS</th> <th>% VALOR DO CONSUMO</th> <th>COFINS</th> <th>% VALOR DO CONSUMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5.344,67</td> <td>25,00</td> <td>1.326,16</td> <td>4,08%</td> <td>0,98</td> <td>3,20</td> <td>4.000,00</td> <td>13,62</td> </tr> </tbody> </table>				ICMS	% VALOR DO CONSUMO	PIS	% VALOR DO CONSUMO	COFINS	% VALOR DO CONSUMO	5.344,67	25,00	1.326,16	4,08%	0,98	3,20	4.000,00	13,62														
ICMS	% VALOR DO CONSUMO	PIS	% VALOR DO CONSUMO	COFINS	% VALOR DO CONSUMO																										
5.344,67	25,00	1.326,16	4,08%	0,98	3,20	4.000,00	13,62																								
DEMONSTRATIVO DE CONSUMO DESTA NOTA FISCAL <table border="1"> <thead> <tr> <th>PERÍODO</th> <th>ANTERIOR</th> <th>ATUAL</th> <th>Nº</th> <th>CONSTANTE</th> <th>AJUSTE</th> <th>CONSUMO (kWh)</th> <th>UNIDADES</th> <th>DURADA E FREQUÊNCIA DAS INTERRUPÇÕES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NUMERO DO TÍPICO DA MEDIDOR</td> <td>DATA LEITURA ANTÉRIOR</td> <td>DATA LEITURA ATUAL</td> <td>Nº</td> <td>CONSTANTE</td> <td>AJUSTE</td> <td>CONSUMO (kWh)</td> <td>UNIDADES</td> <td>INTERRUPÇÕES</td> </tr> </tbody> </table>				PERÍODO	ANTERIOR	ATUAL	Nº	CONSTANTE	AJUSTE	CONSUMO (kWh)	UNIDADES	DURADA E FREQUÊNCIA DAS INTERRUPÇÕES	NUMERO DO TÍPICO DA MEDIDOR	DATA LEITURA ANTÉRIOR	DATA LEITURA ATUAL	Nº	CONSTANTE	AJUSTE	CONSUMO (kWh)	UNIDADES	INTERRUPÇÕES										
PERÍODO	ANTERIOR	ATUAL	Nº	CONSTANTE	AJUSTE	CONSUMO (kWh)	UNIDADES	DURADA E FREQUÊNCIA DAS INTERRUPÇÕES																							
NUMERO DO TÍPICO DA MEDIDOR	DATA LEITURA ANTÉRIOR	DATA LEITURA ATUAL	Nº	CONSTANTE	AJUSTE	CONSUMO (kWh)	UNIDADES	INTERRUPÇÕES																							
HISTÓRICO DO CONSUMO 																															

Fonte: Grupo RR Ferraz (2022)

Na Tabela 3 é apresentado o resumo de todos os valores médios de consumo de energia do Grupo RR Ferraz. É importante ressaltar que o grupo participava de um consórcio energético, ou seja, comprava energia a outra empresa além da Neoenergia. A coluna denominada “economia do mês” mostra a economia gerada por essas contas quando comparadas ao consumo da Neoenergia. Na última linha da coluna “Consumo KWH/MÊS” é destacado o consumo

médio acumulado de todas as contas repassadas que foi de 174.631 Kwh/mês (Quilowatt-hora por mês).

Tabela 3. Cálculo do consumo médio resumido do Grupo RR Ferraz.

CONTA CONTRATO	CONSUMO MÉDIO (R\$)	ECONOMIA DO MÊS (R\$)	CONSUMO MÉDIO (KWH/MÊS)
7038480663	3.436,27	-	3.115
7039180680	2.868,07	-	2.615
7038609534	2.873,90	-	2.629
7034825046	12.522,64	-	14.186
7032927402	71.519,77	-	78.947
7038668034	7.199,59	-	6.284
7038764211	3.628,29	-	3.277
7038256976	2.646,83	-	2.386
7003552190	19.815,23	-	19.221
7038669430	4.101,32	307,83	3.714
7038402115	3.718,69	321,54	3.537
7032326620	5.565,33	439,85	5.242
7038249520	9.822,85	1.137,93	9.582
7038732441	4.063,87	307,83	3.656
7039389244	2.793,59	131,89	2.615
7038480337	4.502,85	307,83	4.209
7038954720	3.538,99	175,94	3.396
7038840180	3.397,17	263,91	3.203
7028958131	3.054,35	313,68	2.817
TOTAL	171.069,60	3.708,23	174.631

Fonte: Autoria própria (2022)

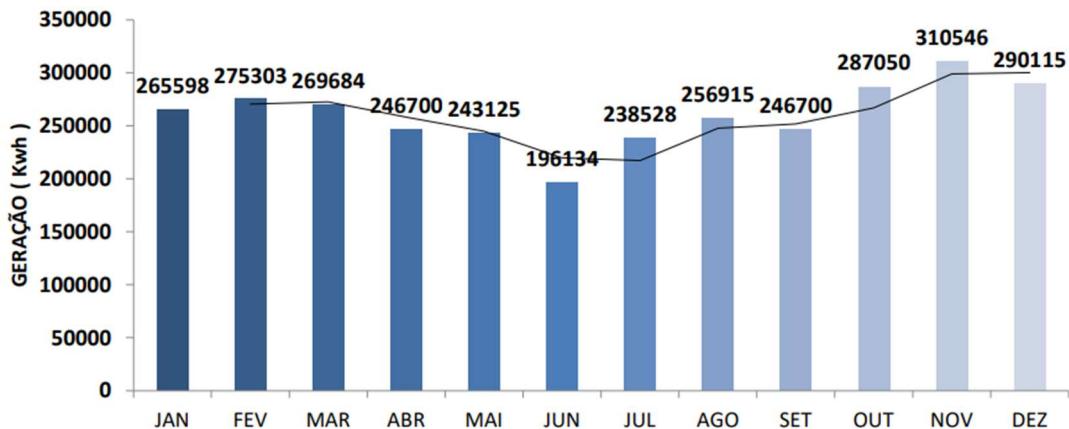
4.2 Dimensionamento da potência exigida pelo sistema de placas fotovoltaicas

O dimensionamento desse sistema depende diretamente do cálculo de consumo médio. O consumo acumulado de 174.631 Kwh/mês representa 1,43 Mwp/mês. Porém, depois de feita a análise do consumo, o Grupo RR Ferraz solicitou a inclusão de 69.500 Kwh/mês no dimensionamento visando a cobertura energética do abatedouro que está em construção. O dimensionamento energético do abatedouro foi feito internamente pelo Grupo. Assim, o dimensionamento da potência exigida pelo sistema passou a ser 2 Mwp/mês, equivalente à 244.000 Kwh.

Depois de considerados a produção estimada e o índice de radiação solar, um gráfico estimando a produção anual pode ser gerado. A Figura 7 demonstra a produção estimada da usina mês a mês na região onde o empreendimento será feito. Um detalhe importante é que a média de

produção anual fica em torno do consumo mensal médio estimado para a usina. Essa, com certeza é a vantagem mais explorada do sistema On Grid. Nota-se bem a produção ao longo dos meses, com destaque para os meses de maior e menor produção que são, respectivamente, novembro e junho. Vale salientar que a produção de energia solar está diretamente ligada às estações do ano.

Figura 7. Gráfico de produção anual estimada para o sistema



Fonte: Phot.On Empreendimentos (2022)

4.3 Dimensionamento das Placas Fotovoltaicas

Definida a potência do sistema, o dimensionamento dos módulos de placas fotovoltaicas foi feito respeitando a relação entre área disponível para instalação, custo-benefício da potência do módulo, capacidade do otimizador em se acoplar ao módulo e a quantidade de bases de solo necessárias. Esses fatores mudam dependendo da potência do módulo escolhido. Na Tabela 4 são mostradas a análise de forma resumida do dimensionamento das placas fotovoltaicas.

Tabela 4. Análise resumida do dimensionamento das placas fotovoltaicas.

Potência do módulo (Wp – Watt-pico)	Quantidade de módulos	Área ocupada (m ²)	Posição no custo	Otimizador da Tigo TS4-A-0500 Wp	Quantidade de bases de solo necessárias
415	4.820	15.906	2º	SUPORTA	5.087
455	4.396	14.507	1º	SUPORTA	4.650
545	3.670	12.111	3º	NÃO SUPORTA	3.874

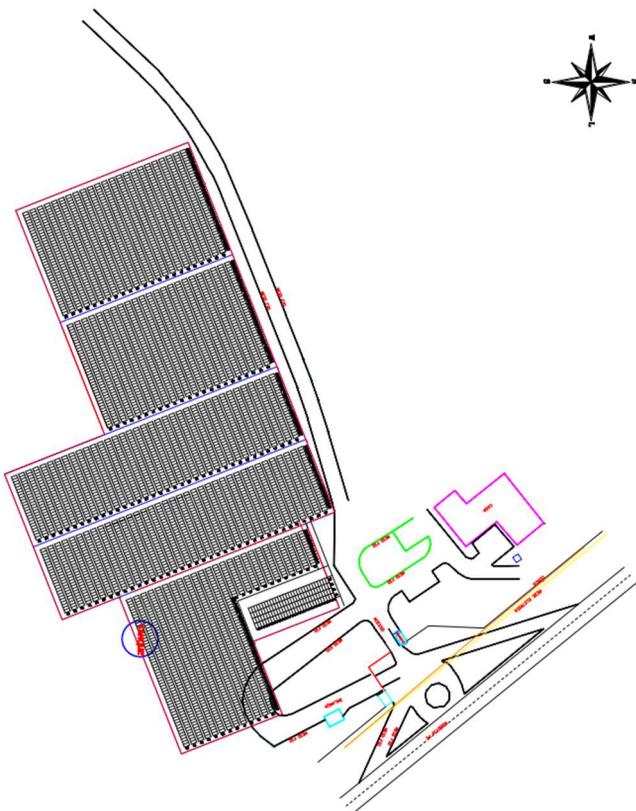
Fonte: Autoria própria (2022)

Nesse caso, a escolha do módulo para o projeto foi definida pelo otimizador. Por apenas suportar módulos de 415Wp ou de 455 Wp, a escolha dos módulos de 415 Wp passa a não fazer

sentido pois levaria a compra de 4.820 otimizadores, portanto, 424 otimizadores a mais do que os 4.396 otimizadores dos módulos de 455 Wp, elevando assim, o custo do kit fotovoltaico.

Os módulos de 455 Wp permitem tanto o uso de uma menor área para instalação (14.507 m²) quanto menor quantidade de bases de solo necessárias (2.198 bases), havendo, portanto, uma economia de 212 bases em relação ao módulo de 415 Wp. A marca do módulo escolhido foi a Canadian, por preferência do cliente final. O layout de instalação dos módulos é apresentado na Figura 8.

Figura 8. Layout de instalação



Fonte: Phot.On Empreendimentos (2022)

4.4 Dimensionamento das Subestações

Foi dimensionada uma subestação abrigada contendo 5 transformadores de 300 KVA e esse dimensionamento unificou a viabilidade técnica-econômica visto que 3 transformadores de 500 KVA tinham um custo muito mais elevado tanto dos próprios transformadores quanto de projeto.

4.5 Dimensionamento dos Inversores de Corrente

A escolha mais simples e econômica seria definir o inversor de 200 Kw potência, a maior disponível no mercado e dimensionar a usina com esse inversor. Para o projeto seria um total de 7 inversores de corrente com potência de 200 Kw cada, totalizando 1400 Kw. minimizando assim, o impacto na quantidade de inversores instalados (impacto direto no custo da compra, nas casas de proteção do inversor e na instalação).

Contudo, outro ponto primordial a ser devidamente analisado é a compatibilização dos inversores com o dimensionamento das subestações. Se são 5 subestações de 300 KVA (Kilovate Ampére), é preciso que os inversores compatibilizem perfeitamente com essa potência. Por exemplo: uma subestação de 300 KVA só pode ser ligada por um inversor de 200Kw, o que proporciona um aproveitamento de apenas 66,66% da capacidade da subestação. Já com 2 inversores de 200 Kw chegariam a 400 Kw e sobrecarregaria a subestação. Porém, se essa mesma subestação fosse dimensionada para 2 inversores de 120 Kw e 1 de 60 Kw sua máxima potência seria atingida e 100% aproveitada simultaneamente pelos inversores.

Logo, a realidade das subestações causa uma importante mudança no arranjo de inversores, com a combinação entre potências de 120 Kw e 60 Kw. Sendo assim, o novo dimensionamento passou a conter 10 inversores de potência 120 Kw e 5 inversores de 60 Kw, aproveitando 100% da capacidade das subestações dimensionadas e ainda deixando uma “brecha” energética para uma possível ampliação futura da usina com apenas a compra de módulos. A potência nominal do jogo de inversores escolhido passa a ser 1500 Kw podendo chegar à uma potência CC de 2250 Kw.

4.6 Dimensionamento dos Otimizadores

Como o otimizador trabalha a nível modular, a quantidade de equipamentos previstos no projeto é de 4.396 unidades.

4.7 Viabilidade Econômica do Investimento

A Tabela 5 mostra o orçamento geral de implantação da UFV trazendo alguns detalhes de maneira resumida. Verifica-se que o custeio geral da UFV foi de R\$ 7.000.000,00.

As informações recolhidas das contas contrato foram resumidas na Tabela 6. Um detalhe importante observado ao decorrer da análise das contas contrato foi que existem contas de diversos grupos (A e B) e com isso trazem um valor por Kwh diferente a agregar. Qual seria o valor de Kwh ideal a se considerar na análise? A decisão desse valor se baseou em uma média ponderada considerando o consumo de cada conta contrato como peso no preço do Kwh ideal.

Tabela 5. Orçamento geral da UFV

Geração Média Mensal	244.000	Kwh
Área Estimada	14.506,80	m ²
Módulos Canadian 455W	4396	und
Otimizadores Tigo 500W	4396	und
Inversor Solar GoodWe 120 Kw	10	und
Inversor Solar Growatt 60 Kw	6	und
Materiais Elétricos	Incluso	-
Serviço de Instalação	Incluso	-
Valor Total	7.000.000,00	R\$

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 6. Análise econômica de contas contratos fornecidas pelo Grupo RR Ferraz.

CONTA CONTRATO	VALOR (R\$)	ECONOMIA DO MÊS (R\$)	CONSUMO KWH/MÊS (R\$)	VALOR DO KWH (R\$)	CONSUMO X VALOR DO KWH (R\$)	TAXA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA (R\$)	ICMS (R\$)
7038480663	3.436,27	0,00	3.115	1,10	3.436,27	199,68	17,52
7039180680	2.868,07	0,00	2.615	1,10	2.868,07	134,26	14,62
7038609534	2.873,90	0,00	2.629	1,09	2.873,90	219,10	14,65
7034825046	12.522,64	0,00	14.186	0,88	12.522,64	1.252,26	63,86
7032927402	71.519,77	0,00	78.947	0,91	71.519,77	7.151,98	362,51
7038668034	7.199,59	0,00	6.284	1,15	7.199,59	700,78	36,71
7038764211	3.628,29	0,00	3.277	1,11	3.628,29	313,80	18,50
7038256976	2.646,83	0,00	2.386	1,11	2.646,83	237,43	13,49
7003552190	19.815,23	0,00	19.221	0,97	18.644,15	1.981,52	101,05
7038669430	4.101,32	307,83	3.714	1,02	3.793,49	293,38	21,21
7038402115	3.718,69	321,54	3.537	0,96	3.397,15	91,57	20,84
7032326620	5.565,33	439,85	5.242	0,98	5.125,48	187,86	32,80
7038249520	9.822,85	1.137,93	9.582	0,91	8.684,92	184,00	56,13
7038732441	4.063,87	307,83	3.656	1,03	3.756,04	313,80	22,47
7039389244	2.793,59	131,89	2.615	1,02	2.661,70	112,44	14,24
7038480337	4.502,85	307,83	4.209	1,00	4.195,02	180,78	21,64
7038954720	3.538,99	175,94	3.396	0,99	3.363,05	56,35	20,12
7038840180	3.397,17	263,91	3.203	0,98	3.133,26	112,56	18,88
7028958131	3.054,35	313,68	2.817	0,97	2.740,67	217,81	15,57
TOTAL	171.069,60	3.708,23	174.631	1,01	166.190,29	13.941,36	886,81

Fonte: Autoria própria (2022)

A coluna “Consumo x Valor do Kwh” traz a multiplicação da coluna “Consumo Kwh/mês” pela coluna “Valor do Kwh”. O valor acumulado da coluna “Consumo x Valor do Kwh” (R\$ 166.190,29) é dividido então pelo consumo global acumulado (174.631 Kwh/mês) encontrando assim, o valor médio ponderado do Kwh/mês (R\$ 0,95).

Com as informações do Kwh médio, para realizar um cálculo econômico previsto nos próximos anos é de suma importância considerar o aumento ou redução que os preços das tarifas dos serviços sofrerão.

Foram analisados os dados históricos de aumentos e reduções feitos pela CELPE em acordo com a ANEEL, desde 2001. Vale citar que o tempo de vida útil das placas a serem instaladas é de 25 anos, seria coerente uma análise dos últimos 25 anos de tarifas da CELPE, porém isto não foi possível, pois a CELPE foi privatizada no ano 2000, mudando toda sua fórmula de cálculo a partir de 2001 (PADILHA, 2016).

Os dados extraídos das publicações da ANEEL, de 2001 até 2021, são apresentados na Tabela 7 e mostram todos os aumentos e reduções, anualmente, nos preços das tarifas para unidades consumidoras e em seguida foi calculada a média dessas variações para que pudesse aplicá-la aos valores futuros de economia. Trata-se de um conteúdo de extrema relevância quando analisado economicamente o período de 25 anos.

Tabela 7. Média de aumentos e reduções na tarifa de energia

Ano	Variação Tarifária média AT + BT	Ano	Variação Tarifária média AT + BT
2001	14,85%	2012	3,57%
2002	15,17%	2013	0,19%
2003	28,47%	2014	17,86%
2004	11,25%	2015	10,91%
2005	30,08%	2016	6,77%
2006	16,66%	2017	4,85%
2007	5,68%	2018	8,89%
2008	4,43%	2019	5,04%
2009	11,46%	2020	9,02%
2010	-6,21%	2021	8,99%
2011	8,68%	2022	18,98%
Média 10,71%			

Fonte: Autoria Própria (2022)

Outro fato a ser considerado na precificação da UFV é o custo de manutenção anual. A maioria dos fabricantes defendem que a frequência das manutenções é muito baixa, e aconselham que apenas seja feita uma vistoria preventiva periodicamente em todo o sistema. O fabricante das placas utilizadas também fornece uma garantia de 25 anos, então, qualquer problema que surja nesse intervalo de tempo, o mesmo deve ser contatado.

As vistorias consistem na limpeza das placas fotovoltaicas, verificação dos suportes metálicos que servem de estrutura para as placas, estado das condições físicas do cabeamento e na verificação dos dados dos inversores. A limpeza das placas fotovoltaicas geralmente é feita de forma natural com as águas pluviais que incidem sobre suas superfícies, no entanto, em locais onde existem períodos não chuvosos recomenda-se que seja feita uma limpeza

manualmente de forma periódica. Esta, por sua vez, é executada com água corrente e com o auxílio de um pano de microfibras e etanol (Nunes, 2017).

O valor referente ao serviço de limpeza e manutenção foi retirado da tabela SINAPI de setembro de 2017, disponibilizada no site da própria CEF. O item tem custo de 1,43 R\$/m², o que dá um total de R\$ 20.744,72.

A Tabela 8 traz os aumentos anuais previstos pela tabela SINAPI em relação a esse tipo de serviço. Ela auxilia no cálculo geral de custeio da UFV durante os 25 anos de vida útil do equipamento.

Tabela 8. Média de aumentos nos índices da tabela SINAPI

Ano	Aumento dos índices da tabela SINAPI	Ano	Aumento dos índices da tabela SINAPI
1995	1,69%	2007	0,49%
1996	0,40%	2008	0,93%
1997	0,35%	2009	0,48%
1998	0,13%	2010	0,59%
1999	0,64%	2011	0,46%
2000	0,50%	2012	0,46%
2001	0,72%	2013	0,10%
2002	1,06%	2014	0,50%
2003	1,12%	2015	0,45%
2004	0,87%	2016	0,54%
2005	0,56%	2017	0,33%
2006	0,42%	Média 0,60%	

Fonte: Nunes (2017)

Nas Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13 são apresentados os possíveis cenários econômicos para atendimento do consumo energético de 244.000 Kwh/mês. Foram considerados três possíveis cenários que desconsideraram o efeito da inflação ao longo dos anos, que, segundo à Nova Fronteira Consultoria (2022) traz uma análise realista de payback e outros dois possíveis cenários que consideram o efeito da inflação para efeito de comparação.

Os Cenários 1 e 2 representam o Grupo econômico comprando energia com a CELPE ao longo dos 25 anos. O Cenário 1 considera o aumento médio anual de 10,71% a.a. sob a tarifa de kwh/mês. Porém, o efeito do aumento ao longo do período analisado acompanha a inflação e acaba por tornar uma análise de payback sem sentido. Já o Cenário 2 desconsidera o efeito da inflação no período analisado e nele o Grupo tem um custo mensal de R\$ 231.800,00, um custo

anual de R\$ 2.781.600,00 que representam um custo acumulado, no período analisado, de R\$ 69.540.000,00.

Tabela 9. Cenário 1: CELPE com aumento médio anual da tarifa de energia.

ANO	AUMENTO MED (%)	CUSTO KWH (R\$)	TARIFA MENSAL (R\$)	TARIFA ANUAL (R\$)	TARIFA MÉDIA MENSAL (R\$)	ACUMULADO (R\$)
2022	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2023	10,71	1,05	256.625,78	3.079.509,36		
2024	10,71	1,16	284.110,40	3.409.324,81		
2025	10,71	1,29	314.538,62	3.774.463,50		
2026	10,71	1,43	348.225,71	4.178.708,54		
2027	10,71	1,58	385.520,69	4.626.248,23		
2028	10,71	1,75	426.809,95	5.121.719,41		
2029	10,71	1,94	472.521,30	5.670.255,56		
2030	10,71	2,14	523.128,33	6.277.539,93		
2031	10,71	2,37	579.155,37	6.949.864,46		
2032	10,71	2,63	641.182,91	7.694.194,94		
2033	10,71	2,91	709.853,60	8.518.243,22		
2034	10,71	3,22	785.878,92	9.430.547,07	1.015.106,09	304.531.825,54
2035	10,71	3,57	870.046,55	10.440.558,66		
2036	10,71	3,95	963.228,54	11.558.742,49		
2037	10,71	4,37	1.066.390,32	12.796.683,81		
2038	10,71	4,84	1.180.600,72	14.167.208,65		
2039	10,71	5,36	1.307.043,06	15.684.516,69		
2040	10,71	5,93	1.447.027,37	17.364.328,43		
2041	10,71	6,57	1.602.004,00	19.224.048,00		
2042	10,71	7,27	1.773.578,63	21.282.943,54		
2043	10,71	8,05	1.963.528,90	23.562.346,80		
2044	10,71	8,91	2.173.822,85	26.085.874,14		
2045	10,71	9,86	2.406.639,27	28.879.671,26		
2046	10,71	10,92	2.664.390,34	31.972.684,05		

Fonte: Autoria Própria (2022)

Tabela 10. Cenário 2: CELPE sem aumento médio anual da tarifa de energia

ANO	AUMENTO MED (%)	CUSTO KWH (R\$)	TARIFA MENSAL (R\$)	TARIFA ANUAL (R\$)	TARIFA MÉDIA MENSAL (R\$)	ACUMULADO (R\$)
2022	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2023	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2024	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2025	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2026	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2027	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2028	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2029	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2030	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2031	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2032	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2033	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2034	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00	231.800,00	69.540.000,00
2035	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2036	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2037	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2038	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2039	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2040	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2041	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2042	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2043	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2044	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2045	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		
2046	0	0,95	231.800,00	2.781.600,00		

Fonte: Autoria Própria (2022)

O Cenário 3 simula o Grupo gerando energia com a própria UFV. Um detalhe de suma importância são as condições de financiamento junto à instituição financeira escolhida pelo Grupo Econômico, que com o financiamento de 7 milhões de reais foram: Um ano de carência para o primeiro pagamento e 60 parcelas de R\$ 167.855,48. Foram considerados como gastos mensais - presentes durante todo o período – as Tributações (ICMS), Taxa de Iluminação Pública e Taxa de Manutenção (com reajuste ao longo dos anos considerado). Outro detalhe importante é que a obra tem duração de 4 meses e durante esse período o grupo terá de arcar com os gastos de energia junto a CELPE, logo isso também foi considerado no gasto anual de 2022.

Os Cenários 4 e 5 possuem uma análise muito parecida com os Cenários 1 e 2 à nível de que compararam o período com e sem inflação na compra de energia – por parte do grupo – junto ao mercado livre de energia. A grande diferença se dá pelo fato de que com a compra de energia junto ao mercado livre, o grupo ainda abarcaria custos com tributações e taxa de iluminação pública.

O Cenário 4 considera a inflação sobre o período, então tanto a taxa de kwh/mês quanto à taxa de iluminação pública foi incidida pela taxa de aumento médio de 10,71% a.a. O Cenário 5 desconsidera o efeito da inflação no período analisado, e nele, o grupo tem um custo mensal de R\$ 200.268,17, um custo anual de R\$ 2.403.218,04 que representam um custo acumulado, no período analisado, de R\$ 60.080.451,00.

Pelo fato das condições econômicas com a compra da UFV variarem, por condições de financiamento, nos primeiros seis anos existe uma variação de gasto mensal que reflete tanto no gasto anual quanto no gasto acumulado. Então, para uma análise realista e mais coerente – segundo a Nova Fronteira Consultoria (2022) – três indicadores de payback foram analisados e eles estão listados na Tabela 15.

Para os indicadores, a comparação foi feita entre os melhores Cenários simulados que foram o 3 e o 5, ano a ano. O Indicador 1 apresentou um resultado notório em que o fluxo de caixa do grupo se paga em menos de um ano. Ou seja, observando toda a simulação, em menos de um ano o grupo recupera o investimento optando pelo Cenário 3.

Tanto para o Indicador 2 quanto para o Indicador 3 o desembolso do projeto que foi de R\$ 10.961.000,19 – Considerando o juro do financiamento – foi a base da análise. O Indicador 2 é de suma importância quando se tenta entender o retorno que o investimento no Cenário 3 vai trazer quando se pensa em energia – afinal é disso que a UFV oferece, energia- e ele traz uma visão de que a UFV vale 4,56 anos em energia gerada.

Tabela 11. Cenário 3: com UFV.

ANO	PARCELA FINANCIAMENTO MENSAL (R\$)	TAXA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA MENSAL (R\$)	ICMS MENSAL (R\$)	AUMENTO MÉDIO NA TAXA DE MANUTENÇÃO (%)	TAXA DE MANUTENÇÃO MENSAL	CUSTO MENSAL(R\$)	CUSTO ANUAL(R\$)	DESEMBOLSO (R\$)
2022	0	13.941,36	886,81	0,00	1.728,73	16.556,90	1.125.882,76	
2023	167.855,48	13.941,36	886,81	0,60	1.739,10	184.422,75	2.213.072,99	
2024	167.855,48	13.941,36	886,81	0,60	1.749,53	184.433,18	2.213.198,20	
2025	167.855,48	13.941,36	886,81	0,60	1.760,03	184.443,68	2.213.324,17	
2026	167.855,48	13.941,36	886,81	0,60	1.770,59	184.454,24	2.213.450,89	
2027	167.855,48	13.941,36	886,81	0,60	1.781,21	184.464,86	2.213.578,37	
2028	0	13.941,36	886,81	0,60	1.791,90	16.620,07	199.440,86	
2029	0	13.941,36	886,81	0,60	1.802,65	16.630,82	199.569,88	
2030	0	13.941,36	886,81	0,60	1.813,47	16.641,64	199.699,67	
2031	0	13.941,36	886,81	0,60	1.824,35	16.652,52	199.830,24	
2032	0	13.941,36	886,81	0,60	1.835,30	16.663,47	199.961,59	
2033	0	13.941,36	886,81	0,60	1.846,31	16.674,48	200.093,73	
2034	0	13.941,36	886,81	0,60	1.857,39	16.685,56	200.226,67	
2035	0	13.941,36	886,81	0,60	1.868,53	16.696,70	200.360,40	10.961.019,00
2036	0	13.941,36	886,81	0,60	1.879,74	16.707,91	200.494,93	
2037	0	13.941,36	886,81	0,60	1.891,02	16.719,19	200.630,28	
2038	0	13.941,36	886,81	0,60	1.902,37	16.730,54	200.766,43	
2039	0	13.941,36	886,81	0,60	1.913,78	16.741,95	200.903,40	
2040	0	13.941,36	886,81	0,60	1.925,26	16.753,43	201.041,19	
2041	0	13.941,36	886,81	0,60	1.936,81	16.764,98	201.179,81	
2042	0	13.941,36	886,81	0,60	1.948,44	16.776,61	201.319,26	
2043	0	13.941,36	886,81	0,60	1.960,13	16.788,30	201.459,55	
2044	0	13.941,36	886,81	0,60	1.971,89	16.800,06	201.600,68	
2045	0	13.941,36	886,81	0,60	1.983,72	16.811,89	201.742,65	
2046	0	13.941,36	886,81	0,60	1.995,62	16..823,79	201.885,48	

Fonte: Autoria Própria (2022)

Tabela 12. Cenário 4: Mercado livre com aumento.

ANO	AUMENTO MED (%)	CUSTO KWH (R\$)	TARIFA MENSAL (R\$)	TAXA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA (R\$)	ICMS MENSAL (R\$)	CUSTO MENSAL(R\$)	CUSTO ANUAL(R\$)	TARIFA MÉDIA MENSAL (R\$)	ACUMULADO (R\$)
2022	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2023	10,71	0,84	205.300,62	15.434,48	981,79	221.716,89	2.660.602,69		
2024	10,71	0,93	227.288,32	17.087,51	1.086,94	227.288,32	2.945.553,24		
2025	10,71	1,03	251.630,90	18.917,59	1.203,35	251.630,90	3.261.021,99		
2026	10,71	1,14	278.580,57	20.943,66	1.332,23	278.580,57	3.610.277,45		
2027	10,71	1,26	308.416,55	23.186,72	1.474,91	308.416,55	3.996.938,16		
2028	10,71	1,40	341.447,96	25.670,02	1.632,87	341.447,96	4.425.010,24		
2029	10,71	1,55	378.017,04	28.419,28	1.807,75	378.017,04	4.898.928,84		
2030	10,71	1,72	418.502,66	31.462,99	2.001,36	451.967,01	5.423.604,11		
2031	10,71	1,90	463.324,30	34.832,67	2.215,71	500.372,68	6.004.472,12		
2032	10,71	2,10	512.946,33	38.563,25	2.453,01	553.962,59	6.647.551,08		
2033	10,71	2,33	567.882,88	42.693,38	2.715,73	613.291,98	7.359.503,80		
2034	10,71	2,58	628.703,14	47.265,84	3.006,58	678.975,55	8.147.706,66	877.020,87	263.106.261,46
2035	10,71	2,85	696.037,24	52.328,01	3.328,58	751.693,84	9.020.326,04		
2036	10,71	3,16	770.582,83	57.932,34	3.685,08	832.200,25	9.986.402,96		
2037	10,71	3,50	853.112,25	64.136,89	4.079,75	921.328,89	11.055.946,72		
2038	10,71	3,87	944.480,58	71.055,95	4.516,69	1.020.003,22	12.240.038,61		
2039	10,71	4,29	1.045.634,45	78.610,69	5.000,43	1.129.245,56	13.550.946,74		
2040	10,71	4,74	1.157.621,90	87.029,89	5.535,97	1.250.187,76	15.002.253,14		
2041	10,71	5,25	1.281.603,20	96.350,80	6.128,87	1.384.082,87	16.608.994,45		
2042	10,71	5,82	1.418.862,90	106.669,97	6.785,28	1.532.318,15	18.387.817,76		
2043	10,71	6,44	1.570.823,12	118.094,32	7.511,98	1.696.429,42	20.357.153,04		
2044	10,71	7,13	1.739.058,28	130.742,22	8.316,51	1.878.117,01	22.537.404,13		
2045	10,71	7,89	1.925.311,42	144.744,71	9.207,21	2.079.263,34	24.951.160,11		
2046	10,71	8,74	2.131.512,27	160.246,87	10.193,30	2.301.952,45	27.623.429,36		

Fonte: Autoria Própria (2022)

Tabela 13. Cenário 5: Mercado livre sem aumento.

ANO	AUMENTO MED (%)	CUSTO KWH (R\$)	TARIFA MENSAL (R\$)	TAXA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA (R\$)	ICMS MENSAL (R\$)	CUSTO MENSAL(R\$)	CUSTO ANUAL(R\$)	TARIFA MÉDIA MENSAL (R\$)	ACUMULADO (R\$)
2022	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2023	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2024	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2025	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2026	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2027	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2028	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2029	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2030	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2031	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2032	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2033	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2034	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04	200.268,17	60.080.451,00
2035	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2036	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2037	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2038	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2039	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2040	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2041	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2042	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2043	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2044	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2045	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		
2046	0	0,76	185.440,00	13.941,36	886,81	200.268,17	2.403.218,04		

Fonte: Autoria Própria (2022)

Tabela 14 - Comparação entre os Cenários 3 e 5

ANO	CUSTO ANUAL COM O ML SEM AUMENTO (R\$)	CUSTO ANUAL COM A UFV (R\$)	ECONOMIA ANUAL (R\$)	ECONOMIA ACUMULADA (R\$)	PAYBACK DA GERAÇÃO DE ENERGIA (ANOS)
2022	2.403.218,04	1.125.882,76	1.277.335,28	1.277.335,28	4,56
2023	2.403.218,04	2.213.072,99	190.145,05	1.467.480,33	
2024	2.403.218,04	2.213.198,20	190.019,84	1.657.500,17	
2025	2.403.218,04	2.213.324,17	189.893,87	1.847.394,04	
2026	2.403.218,04	2.213.450,89	189.767,15	2.037.161,19	
2027	2.403.218,04	2.213.578,37	189.639,67	2.226.800,85	
2028	2.403.218,04	199.440,86	2.203.777,18	4.430.578,03	
2029	2.403.218,04	199.569,88	2.203.648,16	6.634.226,19	
2030	2.403.218,04	199.699,67	2.203.518,37	8.837.744,56	
2031	2.403.218,04	199.830,24	2.203.387,80	11.041.132,36	
2032	2.403.218,04	199.961,59	2.203.256,45	13.244.388,81	
2033	2.403.218,04	200.093,73	2.203.124,31	15.447.513,11	
2034	2.403.218,04	200.226,67	2.202.991,37	17.650.504,48	
2035	2.403.218,04	200.360,40	2.202.857,64	19.853.362,12	
2036	2.403.218,04	200.494,93	2.202.723,11	22.056.085,23	
2037	2.403.218,04	200.630,28	2.202.587,76	24.258.672,99	
2038	2.403.218,04	200.766,43	2.202.451,61	26.461.124,60	
2039	2.403.218,04	200.903,40	2.202.314,64	28.663.439,25	
2040	2.403.218,04	201.041,19	2.202.176,85	30.865.616,09	
2041	2.403.218,04	201.179,81	2.202.038,23	33.067.654,32	
2042	2.403.218,04	201.319,26	2.201.898,78	35.269.553,10	
2043	2.403.218,04	201.459,55	2.201.758,49	37.471.311,59	
2044	2.403.218,04	201.600,68	2.201.617,36	39.672.928,96	
2045	2.403.218,04	201.742,65	2.201.475,39	41.874.404,34	
2046	2.403.218,04	201.885,48	2.201.332,56	44.075.736,90	

Fonte: Autoria Própria (2022)**Tabela 15.** Indicadores de Payback

Indicador 1	Considera o payback do Fluxo de Caixa do Grupo dentro do período de análise
Indicador 2	É o payback que transforma energia em dinheiro. Basicamente relata a quantidade de anos que a UFV equivale em energia gerada. (Razão entre o desembolso e o custo mensal com o Mercado Livre)
Indicador 3	Compara os Cenários 3 e 5 e traz o payback, em anos, da economia entre eles. (Razão entre o desembolso e a economia anual comum com a utilização da UFV)

Fonte: Autoria própria (2022)

O Indicador 3, que traz a comparação entre os Cenários 3 e 5 encontrados na tabela 14 e demonstra em quanto tempo haverá o payback entre o investimento da UFV quando comparado ao custo com o Mercado Livre de Energia que é de 4,97 anos.

Com base em todos os indicadores e na análise de economia comparando os Cenários 3 e 5, tem-se que o investimento na UFV gera uma economia acumulada para o Grupo de R\$ 44.075.796,90.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi avaliado um projeto de implementação de energia solar, economicamente viável, que busca aliar qualidade técnica e custo-benefício. A principal premissa foi avaliar o viés econômico e entender a implementação do sistema como um investimento, visto que é necessário um grande aporte financeiro (R\$ 7.000.000,00) para a implementação dele. Então foram comparados e caracterizados três cenários econômicos realísticos considerando variáveis impactantes em cada um deles.

O consumo médio acumulado de todas as contas repassadas foi de 174.631 Kwh/mês. Este consumo representa 1,43 Mwp/mês. Depois de feita a análise do consumo, foi solicitada a inclusão de 69.500 Kwh/mês no dimensionamento visando a cobertura energética do abatedouro, assim, o dimensionamento da potência exigida pelo sistema passou a ser 2 Mwp/mês, equivalente à 244.000 Kwh.

A escolha do módulo para o projeto foi definida pelo otimizador. Por apenas suportar módulos de 415Wp ou de 455 Wp, a escolha dos módulos de 415 Wp passa a não fazer sentido pois levaria a compra de 4.820 otimizadores, portanto, 424 otimizadores a mais do que os 4.396 otimizadores dos módulos de 455 Wp, elevando assim, o custo do kit fotovoltaico. Como o otimizador trabalha a nível modular, a quantidade de equipamentos previstos no projeto é de 4.396 unidades.

Para o projeto seria um total de 10 inversores de potência 120 Kw e 5 inversores de 60 Kw, aproveitando 100% da capacidade das subestações dimensionadas e ainda deixando uma “brecha” energética para uma possível ampliação futura da usina com apenas a compra de módulos. A potência nominal do jogo de inversores escolhido passa a ser 1500 Kw podendo chegar à uma potência CC de 2250 Kw.

Quanto ao viés econômico o valor acumulado (R\$ 166.190,29) foi dividido pelo consumo global acumulado (174.631 Kwh/mês), sendo encontrado o valor médio ponderado do Kwh/mês (R\$ 0,95). A partir desse valor encontrado para o kwh/mês, foi feita a análise e comparação de gastos mensais com cinco cenários. Cada cenário teve sua particularidade analisada e comentada.

Encarar a aquisição de uma usina fotovoltaica como investimento se mostra realmente a estratégia mais interessante, visto que, durante a útil da usina, o valor acumulado economizado quando comparamos o cenário 3 com o cenário 5 foi de R\$ 44.075.796,90.

REFERÊNCIAS

ABRACEEL – Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia. 2022. Disponível em: <https://abraceel.com.br> Acesso em 02 mai. 2022.

Agência Brasil, 2022. Disponível em: genciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/economia/audio/2022-04/aneel-aprova-reajuste-de-preco-na-energia-eletrica-em-4-estados. Acesso em: 02 Fev.2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: ANEEL, 2002. 153p.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: ANEEL, 2008. 236p.

BASE DE DADOS DO ESTADO - BDE. **Consumo de energia elétrica**. Pernambuco, 2020. Disponível em: http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_formato2.aspx?CodInformacao=416&Cod=3. Acesso em: 12 Nov.2021.

CRESEB – Centro de Referência par Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. 2022. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php> Acesso em: 25 abr. 2022.

Frango Favorito. **Quem somos**. Pernambuco, 2022. Disponível em: <https://frangofavorito.com.br/#:~:text=Pertencente%20ao%20Grupo%20Ferraz%20Av%C3%ADcola,marco%20na%20avicultura%20de%20Alagoas>.

GROWATT NEW ENERGY TECHNOLOGY. **Ficha de dados MAX 75KTL3 LV. 2022**.

HOFFMANN, Marcelo Ramos. **Impactos do dimensionamento do inversor no custo nivelado de energia e na atratividade financeira de uma usina fotovoltaica**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)**. 2022.

KEMERICH, P. D. C.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F.; SILVEIRA, R. B.; FRANÇA, J. R.; LEVANDOSKI, N. **Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo**. Santa Maria: Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 2016, p. 241-247.

MARQUES, Sabrina Rafaela de Souza. **Análise do uso de energia solar fotovoltaica: Estudo de caso no município de São José do Belmonte (PE)**: Serra Talhada-PE. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

MERCADO LIVRE DE ENERGIA ELÉTRICA. 2022. Disponível em:
<https://www.mercadolivredeenergia.com.br> Acesso em: 29 abr. 2022.

NOVA FRONTEIRA CONSULTORIA. 2022. Disponível em:
<https://novafronteiraconsultoria.com.br>

NUNES JÚNIOR, Nivaldo Farias. **Viabilidade econômica da aplicação de energia solar no edifício sede centro-oeste de Pernambuco da Caixa Econômica Federal**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017.

OLIVEIRA, D.; LESSA, P.; OLIVEIRA, H. **Simulações sobre a viabilidade econômica da energia solar em Pernambuco**. Trabalho apresentado ao 8º Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza, 2020.

OLIVEIRA MUZY, Gustavo Luiz Castro. **Subestações Elétricas**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SEFAZ-PE – SECRETÁRIA DA FAZENDA, GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. 2022. Disponível em: <https://www.sefaz.pe.gov.br/SitePages/Home.aspx> Acesso em: 02 mai. 2022

SOUZA, V. L. O.; ANDRADE, H. D.; BARRETO, E. L. F. **Crescimento da geração de energia fotovoltaica na região nordeste do Brasil**: um projeto virtual. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso interdisciplinar em ciência e tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2020.

SOLAR PHOTON. 2022. Disponível em: <https://solarphoton.com.br>

SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Delimitação do semiárido. Recife: Sudene, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/37eilkK>>. Acesso em: 21 Abril. 2022.

TIGO ENERGY. **Especificações do TS4-A-O**. 2022.

THULYO GABRYELL ASSUNÇÃO SILVA

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA EM EMPREENDIMENTOS DE UM GRUPO COMERCIAL DE
PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil. Defesa realizada por videoconferência.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Aprovado em 26 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Maria Isabela Marques da Cunha Vieira Bello (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Gilson Lima Silva (Avaliador)
Núcleo de Tecnologia, Campus Agreste, Universidade Federal de Pernambuco

Prof. M. Sc. Raimundo Paulo da Silva Júnior (Avaliador)
Habite-se Engenharia e Empreendimentos
Faculdade de Integração do Sertão (FIS)