



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DYLAN FIGUEIREDO ORTON

**Estudo de caso: Análise das faturas de energia de uma unidade consumidora Grupo A e análise
do desempenho de sua usina fotovoltaica**

CUIABÁ – MT
DEZEMBRO, 2022

DYLAN FIGUEIREDO ORTON

Estudo de caso: Análise das faturas de energia de uma unidade consumidora Grupo A e análise do desempenho de sua usina fotovoltaica

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador:
Prof. Dr. Rogério Lúcio Lima

CUIABÁ – MT
DEZEMBRO, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

O78e Orton, Dylan Figueiredo.
Estudo de caso: análise das faturas de energia de uma unidade consumidora grupo a e análise do desempenho de sua usina fotovoltaica [recurso eletrônico] / Dylan Figueiredo Orton. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 50 f., il. color., pdf). -- 2022.

Orientador: Rogério Lúcio Lima.
TCC (graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2022.
Modo de acesso: World Wide Web: <https://bdm.ufmt.br>.
Inclui bibliografia.

1. Energia solar, usina fotovoltaica, fatura de energia, análise de desempenho. I. Lima, Rogério Lúcio, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

DESPACHO

Processo nº 23108.105723/2022-15

Interessado: @interessados_virgula_espaco@

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA MONOGRAFIA:

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO DESEMPENHO DA USINA FOTOVOLTAICA E CONSULTORIA SOBRE AS FATURAS DE ENERGIA DA UNIDADE CONSUMIDORA GRUPO A DA USINA.

ALUNO: DYLAN FIGUEIREDO ORTON

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito para a obtenção de grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 19 de dezembro de 2022.

Nota: 8,73.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Rogério Lúcio Lima

Orientador

Prof. Joelma Sebastiana de Azevedo

Examinadora

Prof. Jorge Luiz Brito de Faria

Examinador



Documento assinado eletronicamente por **ROGERIO LUCIO LIMA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 19/12/2022, às 16:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOELMA SEBASTIANA DE AZEVEDO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 19/12/2022, às 17:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JORGE LUIZ BRITO DE FARIA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 19/12/2022, às 17:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5391000** e o código CRC **065B2543**.

Referência: Processo nº 23108.105723/2022-15

SEI nº 5391000

DEDICATÓRIA

A minha mãe, Francel Fernandes Figueiredo, que desde sempre me guia a ser a melhor versão de mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha mãe, que desde sempre lutou para que eu tivesse a melhor educação possível, tanto dentro quanto fora de casa. E que sempre esteve ao meu lado em todas as etapas da minha vida, sendo meu apoio emocional e minha inspiração de vida.

Gostaria também de dedicar ao meu pai, Ryan Dane Orton, que apesar da distância sempre esteve disponível para mim, me apoiando, aconselhando e garantindo que eu tivesse uma ótima educação. Além de tudo, é minha referência de homem.

Aos meus avós, Eldivaldir de Figueiredo e Eutália Fernandes Figueiredo, que me apoiaram e estiveram presentes durante toda a minha vida, participando e me ajudando sempre.

Ao meu tio Jaques Fernandes Figueiredo que me incentivou a iniciar o curso. Ao meu tio Alan Fernandes Figueiredo, engenheiro eletricitista formado na UFMT, meu exemplo de engenheiro, e que sempre me aconselhou e continua me aconselhando na área de engenharia elétrica.

Um agradecimento especial a todos os colegas e amigos que me ajudaram durante a graduação, em especial destaco os meus amigos Matheus Campinho, Daniel da Costa, Herbert de Souza, Richard de Sá, Fernando Augusto, Alberto Ramon, Leonardo Camargo, Carlos Fabian, Jean Vinícius, Éder Freitas, Marcus Marques, João Paulo Almeida, Bruno Dalmolin e minha grande amiga Ludimila . Dedico a todos esses citados aos quais estudaram comigo, me faziam companhia nos longos e cansativos dias na universidade e sobretudo, que sempre me deram forças a ir até o final.

Aos professores do departamento de engenharia elétrica, os quais são exímios profissionais da área da educação. Destacando a professora Dra. Walkyria Gonçalves e ao professor Dr. Fabrício Parra, que foram meus queridos tutores durante meus 3 anos no programa de educação tutorial (PET) sempre me orientando a crescer dentro do ambiente acadêmico, e melhorando meus aspectos sociais e técnicos.

Ao meu professor orientador Dr. Rogério Lúcio Lima, que aceitou me orientar do começo mesmo já na matéria de TFC II, e sempre me dando o devido apoio e orientação necessária para a minha graduação.

E por último gostaria de deixar um agradecimento especial à minha namorada, Ma. Juliana Cristina dos Santos que foi a melhor surpresa deste ano, contribuindo muito com seu vasto conhecimento em escrita científica e acima de tudo à todo o apoio emocional e de incentivo dado para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

ORTON.D.F. **Estudo de caso: Análise das faturas de energia de uma unidade consumidora Grupo A e análise do desempenho de sua usina fotovoltaica.** 2022. 50p. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2022.

O uso da produção de energia própria tem aumentado bastante nos últimos anos, em especial, a energia solar. No estado de Mato Grosso isso não foi diferente, a cada ano o número de sistemas solares vendidos aumentam muito, pois a promessa de economia de energia vendida em forma de investimento é simplesmente muito boa. Dessa forma, o proprietário de uma pedreira no interior de Mato Grosso decidiu fazer o investimento de adquirir uma usina fotovoltaica afim de reduzir em mais de 50% o valor de sua fatura de energia. O problema surgiu quando ao passar alguns meses após a ligação da usina fotovoltaica, as faturas de energia continuaram vindo com um valor bem acima do esperado e prometido pelos vendedores do sistema fotovoltaico. Considerando o investimento financeiro extremamente elevado, e a economia muito abaixo do esperado, o proprietário da pedreira solicitou um estudo sobre suas faturas de energia, e sobre o desempenho de sua usina solar, com o objetivo de entender as fontes causadoras dos problemas. O estudo desenvolvido, e apresentado neste trabalho, consiste em um levantamento das informações de energia gerada pela usina comparado com a energia prevista a ser gerada, mensalmente. Além disso, foi feito a análise das faturas de energia considerando os elementos que estavam fora dos padrões previamente observados nos anos anteriores, destacando o consumo, energia injetada, e energia reativa. Através desse estudo, foi possível apresentar uma visão clara dos problemas na unidade consumidora, e apresenta possíveis soluções para os problemas, das quais o proprietário tratará de solucionar.

Palavras-chave: Energia solar, usina fotovoltaica, fatura de energia, análise de desempenho.

ABSTRACT

ORTON.D.F. Case study: Analysis of the energy bills of a Group A consumer unit and analysis of the performance of its photovoltaic plant. 2022. 50p. Final Course Work (Graduation in Electrical Engineering) Federal University of Mato Grosso. Cuiabá, 2022.

The use of self-generated energy has increased exponentially in recent years, especially solar energy. In the state of Mato Grosso this was no different, each year the number of solar systems sold increases a lot, as the promise of energy savings sold in the form of an investment is simply very good. Thus, the owner of a quarry in the interior of Mato Grosso decided to invest in acquiring a photovoltaic plant in order to reduce the value of his energy bill by more than 50%. The problem arose when a few months passed after the photovoltaic plant was connected, the energy bills continued to come with a value well above the expected and promised by the sellers of the photovoltaic system. Considering the extremely high financial investment, and the savings much lower than expected, the owner of the quarry requested a study on his energy bills, and on the performance of his solar plant, in order to understand the sources causing the problems. The study developed, and presented in this work, consists of a survey of the information of energy generated by the plant compared with the expected energy to be generated, monthly. In addition, an analysis of energy bills was carried out considering the elements that were outside the standards previously observed in previous years, highlighting consumption, injected energy, and reactive energy. Through this study, it was possible to present a clear vision of the problems in the consumer unit, and presents possible solutions for the problems, which the owner will try to solve.

Keywords: Solar energy, photovoltaic plant, energy bill, performance analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Painel monocristalino versus painel policristalino	14
Figura 2 - Arranjo fotovoltaico	15
Figura 3 – Desempenho em função da irradiância	16
Figura 4 – Desempenho em função da temperatura	17
Figura 5 - Página inicial da plataforma Aurora Vision com análise de 30 dias	18
Figura 6 – Fatura Energisa-MT (frente)	19
Figura 7 - Fatura Energisa-MT (verso)	20
Figura 8 - Página inicial da plataforma Aurora Vision com análise para 7 dias	25
Figura 9 - Histórico de consumo na fatura da Energisa-MT	26
Figura 10 - Demonstrativo de compensação da energia injetada	26
Figura 11 - Banco de dados da unidade consumidora	27
Figura 12 - Rendimento da usina fotovoltaica	28
Figura 13 - Previsão de geração de energia em kWh	29
Figura 14 - Geração real da usina em kWh	29
Figura 15 - Geração até o momento da análise em kWh	29
Figura 16 - Geração de energia em janeiro.22	30
Figura 17 - Geração do inversor 1	31
Figura 18 - Fatura de energia referência janeiro.22	31
Figura 19 - Energia gerada pelo inversor danificado em fevereiro.22	32
Figura 20 - Fatura de energia referência fevereiro.22	33
Figura 21 - Geração de energia do inversor 4 em março.22	34
Figura 22 - Geração mensal de cada inversor em MWh	34
Figura 23 - Geração de energia em março.22	35
Figura 24 - Fatura de energia referência março.22	35
Figura 25 - Geração nos quatro inversores	36
Figura 26 - Fatura de energia referência abril.22	37
Figura 27 - Geração nos quatro inversores	38
Figura 28 - Geração nos quatro inversores	39
Figura 29 - Fatura de energia referência junho.22	39
Figura 30 - Geração nos quatro inversores	40
Figura 31 - Geração de energia no dia 25/07/22	41
Figura 32 - Geração de energia no dia 26/07/22	41
Figura 33 - Fatura de energia referência julho.22	41
Figura 34 - Geração de energia dos quatro inversores	42
Figura 35 - Geração dos 4 inversores em MWh em junho.22	43
Figura 36 - Geração dos 4 inversores em MWh em maio.22	43
Figura 37 - Fatura de energia referência agosto.22	44
Figura 38 - Comparação consumo 2020 x 2021 x 2022	45
Figura 39 - Comparativo geração 2022 x consumo 2021	46
Figura 40 - Comparativo geração 2022 x consumo 2022	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
kWh/m ² *dia	Quilo Watt Hora por Metro Quadrado em Um Dia.
ERE	Energia Reativa Excedente
UFV	Usina Fotovoltaica
FV	Fotovoltaico(a)
UC	Unidade Consumidora
MPPT	Maximum Power Point Tracking
LED	Light Emitting Diode
kWh	Quilo Watt Hora
EMT	Energisa Mato Grosso
kVArh	Quilo Volt Ampére Hora
P	Ponta
FP	Fora Ponta
RN	Resolução Normativa
kW	Quilo Watt
km	Quilômetro
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
MTV	Modalidade Tarifária Verde
kWp	Quilo Watt Pico

SUMÁRIO

1	Introdução	13
2	Referencial teórico	14
2.1	Usina solar: conceitos básicos	14
2.1.1	Módulos fotovoltaicos	14
2.1.2	Principais características que afetam o desempenho pleno dos módulos FV	16
2.1.3	Inversor de frequência	17
2.2	Caracterização da fatura de energia	19
3	Materiais e métodos	23
3.1	Universo do estudo	23
3.2	Métodos do estudo	24
3.3	Materiais e análises dos dados	24
4	Resultados e Discussões	28
4.1	Descrição do desempenho da usina fotovoltaica (FV)	28
4.2	Análise mensal das faturas e do rendimento da usina fotovoltaica	30
4.3	Análise e discussão dos resultados	45
4.3.1	Análise do consumo <i>versus</i> geração de energia	46
4.3.2	Análise dos reativos da unidade	47
5	Considerações finais	48
	REFERÊNCIAS	50

1 Introdução

A partir de 17 de abril de 2012, houve a principal mudança na geração de energia própria no país. Nesta data passou a vigorar a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 que garante ao consumidor o direito de gerar sua própria energia elétrica e fornecer o excedente para a rede de distribuição local, através do sistema de compensação de energia elétrica (SCEE).

O principal fator para um bom desempenho de geração fotovoltaica é construir a usina em uma região com uma boa irradiação solar, e segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o Brasil atualmente é o país com a segunda maior média de irradiação solar do mundo, possuindo uma taxa média de irradiação solar de 5,153 kWh/m²*dia (PEREIRA *et al.*, 2017).

As condições extremamente favoráveis para a implementação de uma usina fotovoltaica foram responsáveis por convencer uma pedreira a fechar um acordo para construir uma usina fotovoltaica e compensar todo o consumo presente em sua fatura, afim de reduzir os valores das faturas que tinham um custo médio mensal de R\$ 43.375,00 e passariam a ser em média um valor de R\$ 18.988,07 trazendo uma economia média de R\$ 24.386,00 que corresponde a cerca de uma economia percentual de 56,22% do valor total da fatura.

Em contrapartida com o prometido, após a ligação da usina solar o valor das faturas não estavam diminuindo nem perto da quantia esperada, após a implementação da usina o valor das faturas passou a ficar em média no valor de R\$ 34.832,01, sendo uma redução de apenas 19,7%. Além disso, outros elementos faturados na conta de energia pareciam estar vindo acima do valor habitual, como por exemplo a energia reativa excedente (ERE), que não deveria ocorrer, uma vez que na unidade consumidora possui equipamentos para mitigar o faturamento da ERE.

A principal justificativa para fazer este trabalho constituiu em entender quais os motivos responsáveis por uma economia abaixo do esperado, buscando entender se a usina está entregando a quantidade mensal de energia prometida e simulada, ou, se será necessário implementar uma nova usina fotovoltaica para poder compensar a quantidade de consumo de energia que a unidade mede todo mês.

Os principais objetivos deste trabalho são analisar o desempenho da usina fotovoltaica (UFV), comparando a geração prevista com a real, e analisar os principais elementos causadores do aumento na fatura de energia, trazendo esse levantamento de dados na forma de análise mensal e anual. Além disso, ajudar o responsável pela unidade a solucionar seus problemas através dos resultados obtidos neste estudo.

2 Referencial teórico

2.1 Usina solar: conceitos básicos

Para realizar o estudo com eficiência, é importante entender como funciona de forma básica os dois componentes de um sistema solar on grid (sistema que o cliente possui). Esses dois componentes são: Os módulos fotovoltaicos, e os inversores de frequência.

Entender como os módulos e os arranjos de módulos funcionam, permite entender a previsão de geração de energia que foi calculada durante a fase de simulação ainda no projeto solar, dessa forma dando um poder de entender se a energia que de fato a usina vêm gerando nesses meses está dentro do simulado ou não. Isso ajuda a analisar melhor se o arranjo está bem ou não distribuído.

Já compreender o funcionamento dos inversores permite entender quais os tipos de problemas que podem surgir em um inversor, quais as variáveis estão envolvidas em seu processo, e qual delas pode estar possivelmente sendo comprometida.

2.1.1 Módulos fotovoltaicos

Um módulo fotovoltaico é o resultado da combinação das células fotovoltaicas, logo, é importante apresentar uma breve explicação do que compreende tal dispositivo. A célula fotovoltaica é a responsável pela conversão da energia solar em energia elétrica. Sendo feita de material semicondutor, principalmente comercializada na forma de silício monocristalino, ou silício policristalino.

De forma breve, o material monocristalino é produzido em cristais uniformes, enquanto que o policristalino é produzido na forma de pequenos paralelepípedos de tamanhos variados. Essa diferença, pode ser observada na Figura 1:

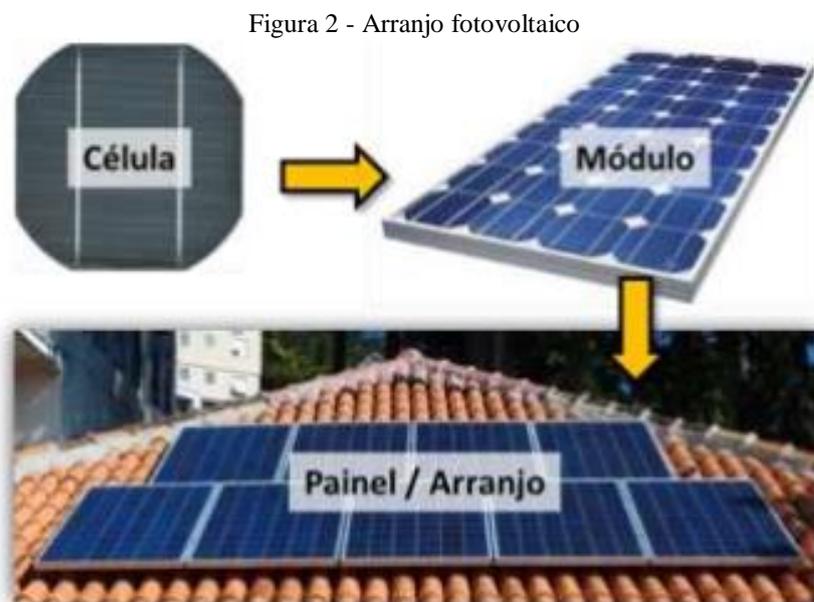
Figura 1 - Painel monocristalino *versus* painel policristalino



Fonte: Rauschmayer (2019).

Essa distinção na construção, produz uma diferença de eficiência de energia gerada. Segundo o Rauschmayer (2019), autor do Manual de Energia Solar da Solarize, o material silício monocristalino possui uma eficiência energética de até 24%, enquanto o policristalino possui até 19% de eficiência. Além disso, escolher construir uma usina feita de módulos monocristalinos, é vantajoso na região de Mato Grosso, pois ele sofre menos com o efeito de perdas advindas de altas temperaturas, um dos principais motivos que explicam o cliente ter construído uma usina usando tal material.

Como mencionado anteriormente, ao combinar as células fotovoltaicas, é obtido o módulo fotovoltaico, que por sua vez, é combinado com outros módulos em forma de arranjos de módulos, como podemos ver na Figura 2:



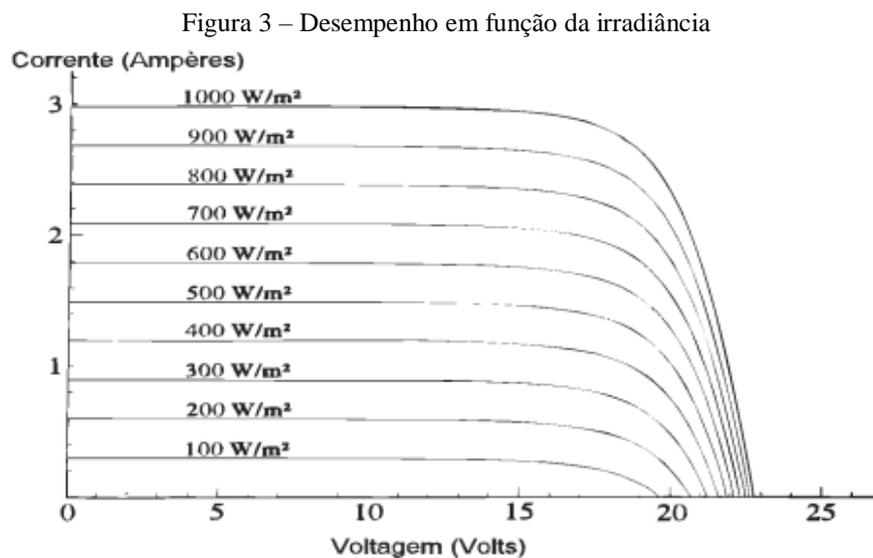
Fonte: Rauschmayer (2019).

Em um arranjo há a conexão em série e em paralelo das células fotovoltaicas, e o mesmo acontece com os módulos. Tais ligações servem para aumentar a tensão (ligação em série) e a corrente (ligação em paralelo) fornecida pelos arranjos, uma vez que a tensão e corrente proveniente por uma única célula isolada não passa de 0,5V (RAUSCHMAYER, 2019).

A potência dos módulos fotovoltaicos é normalmente dada pela unidade de medida Watt-pico, que basicamente é uma unidade de medida que simboliza a capacidade máxima de um módulo fotovoltaico, quando o mesmo está sob as suas melhores condições de geração de energia, para entender melhor, a seguir serão abordados os principais fatores que afetam a geração solar ideal.

2.1.2 Principais características que afetam o desempenho pleno dos módulos FV

O fator que mais influencia a capacidade de geração de um módulo é a irradiação ou irradiância. Basicamente, quanto menor a intensidade luminosa dos raios que atingem a superfície das células fotovoltaicas, menor será a energia elétrica gerada. Na Figura 3 mostra que a tensão varia pouco com a presença da intensidade luminosa, porém a corrente é totalmente dependente e proporcional ao quanto de luminosidade está sendo projetada sobre o módulo, dessa forma, a potência sendo o produto da tensão pela corrente, temos que para atingir as maiores potências pico do módulo, precisamos da maior irradiação solar possível.

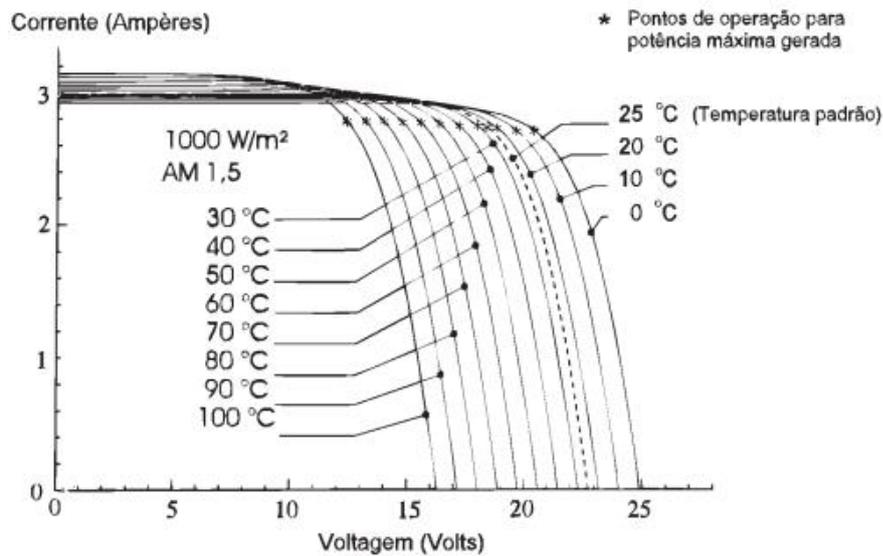


Fonte: CEPEL; CRESESB; GTES (1999).

Apesar das usinas serem projetadas para terem o maior aproveitamento de irradiação possível (projetadas apontadas para o norte, inclinação otimizada, entre outros) há ainda diversas variáveis que estão fora do controle do responsável pela construção da usina, como por exemplo prever a quantidade de nuvens parciais sobre uma placa e quantidade de sujeira cobrindo os módulos, que são as características mais importantes envolvendo irradiação, as quais precisarão ser analisados neste trabalho a fim de entender o padrão de desempenho atual da usina.

O outro fator de alta relevância para análise de desempenho dos módulos, é a temperatura ao qual os mesmos estão submetidos. A Figura 4 demonstra a relação de potência entregue conforme a temperatura das células aumentam.

Figura 4 – Desempenho em função da temperatura



Fonte: CEPTEL; CRESESB; GTES (1999).

Basicamente, quanto maior a temperatura, menor será a potência entregue, pois a tensão do módulo diminui bastante com o efeito do aumento da temperatura, enquanto que a corrente varia quase insignificadamente.

Dessa forma, foi simulado a quantidade de energia gerada nos meses dentro da análise a seguir, de acordo tanto com a temperatura média, irradiação e placas limpas. No entanto, como mencionado anteriormente, a quantidade de nuvens parciais, limpeza das placas, e temperatura não são algo possíveis de prever a longo prazo, dessa forma será analisado tais condições caso necessário para fins de validação de pouca geração (abaixo do previsto) mesmo que, o previsto já tenha levado em consideração tais variáveis.

2.1.3 Inversor de frequência

O inversor de frequência é o componente do sistema FV responsável por converter a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua para corrente alternada. Resumidamente, mesmo que em uma usina tenha uma quantidade alta em módulos, e de boa qualidade, também é preciso ter um inversor de qualidade para transformar essa energia gerada em energia que pode ser consumida pela Unidade Consumidora (UC) ou energia que pode ser injetada na rede.

É fundamental explicar quais as funções principais que o inversor de frequência desempenha, a fim de entender quais falhas podem ter vindo a acontecer com o inversor. Um dos fatores bastante comuns de se encontrar em inversores de frequência de qualidade, é a

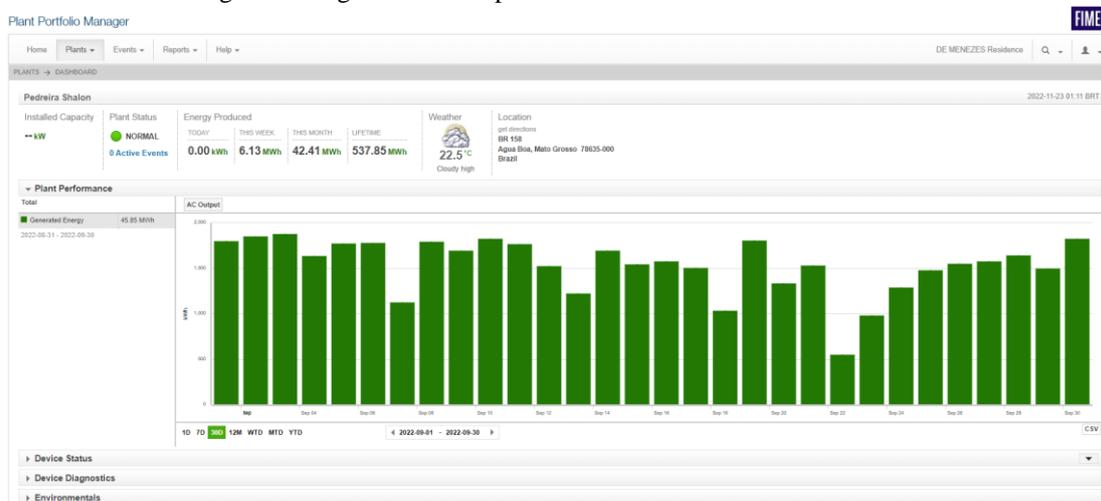
quantidade de entradas de MPPT (seguidor de potência máxima), que basicamente é um elemento que procura e acompanha todas as variações de irradiação e temperatura que afetam negativamente a potência entregue pelos módulos, e assegurar/extrair a potência máxima que pode ser gerada pelos módulos a qualquer instante.

Outro conceito importante, é que o inversor é responsável por injetar na rede da distribuidora de energia, o excedente da energia gerada, ou seja, serve para injetar a energia que não é usada pela carga na rede. O inversor também serve para identificar anomalias de fornecimento de energia, trabalhando dentro da seguinte faixa: $80\% < V < 110\%$, sendo V a tensão da rede da distribuidora. A todo momento o inversor estará lendo esses valores, e caso a tensão da rede esteja fora dessa faixa, o inversor irá desligar e cessar o fornecimento de energia tanto para a carga quanto para a rede (Portal Energia, 2004).

O mesmo também possui um sistema de supervisão para observar a resistência de isolamento entre os polos e a terra. Em casos de faltas ou de fuga de corrente, o inversor irá desligar e disparar um alarme e ou notificar o proprietário através de LEDs de sinalização.

Por último, os inversores possuem um sistema de monitoramento, onde os mesmos fazem upload de todas as informações elétricas da usina para uma plataforma de monitoramento. Na Figura 5 observa-se um exemplo de plataforma de monitoramento, neste caso é a plataforma Aurora Vision, com os dados da usina do próprio cliente. Ainda na mesma figura é possível perceber diversas informações contidas na página.

Figura 5 - Página inicial da plataforma Aurora Vision com análise de 30 dias



Fonte: Aurora Vision (2022).

Dentre as principais, destacam-se o uso para verificar a geração em kWh da usina como um todo. Utilização para verificar a geração individual de cada inversor para avaliar o

desempenho individual. A utilização da aba de diagnóstico para verificar os dados elétricos de entrada e de saída do inversor, a fim de constatar anomalias e por último verificar o histórico de alarmes, e verificar os problemas que foram registrados ao longo do tempo na usina.

Dessa forma, têm-se os conceitos principais sobre uma usina fotovoltaica e energia solar, para poder fazer uma análise de desempenho da usina, ou seja, se ela está atingindo o desempenho prometido na simulação/projeção de desempenho da usina.

2.2 Caracterização da fatura de energia

Para entender como foi feita a análise das faturas de energia, será necessário entender quais elementos dela foram analisados, e o que são tais elementos. A seguir, será apresentado o modelo atual da fatura de energia da distribuidora local, Energisa – MT (EMT) e juntamente dela, serão identificados e listados os elementos que serão analisados:

Figura 6 – Fatura Energisa-MT (frente)

DANF3E - DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA
 ENERGISA MATO GROSSO - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.
 Rua Vereador João Barbosa Caramuru, 184
 Cuiabá/MT - CEP 78010-900
 CNPJ 03.467.321/0001-99 - Insc. Est. 13.020.425-0

Correspondências
 9912245045/DR/MT
ENERGISA
 CORREIOS

Data de Apresentação: 08/09/2022
 Cadastre sua Fatura em Débito Automático.
 Utilize o Código: 0001049027-4

SEGUNDA VIA

1. Classificação: MTV-MOD. TARIFÁRIA VERDE / ASA INDUSTRIAL / LIGAÇÃO: TRIFÁSICO
 TENSÃO NOMINAL EM VOLTS DISP: 34500 Lim. Mín.: 32085 Lim. Max.: 36225

2. **Datas de Leituras**
 Leitura Anterior: 31/07/2022
 Leitura Atual: 31/08/2022
 Nº Dias: 31
 Próxima Leitura: 30/09/2022

RODOVIA BR 158, S/N
 RURAL
 AGUA BOA (AG: 110)
 CNPJ/CPF:
 Insc. Est.

CÓDIGO DO CLIENTE
CÓDIGO DA INSTALAÇÃO

REF: MÊS / ANO Agosto / 2022
VENCIMENTO 15/09/2022
TOTAL A PAGAR R\$ 40.895,67

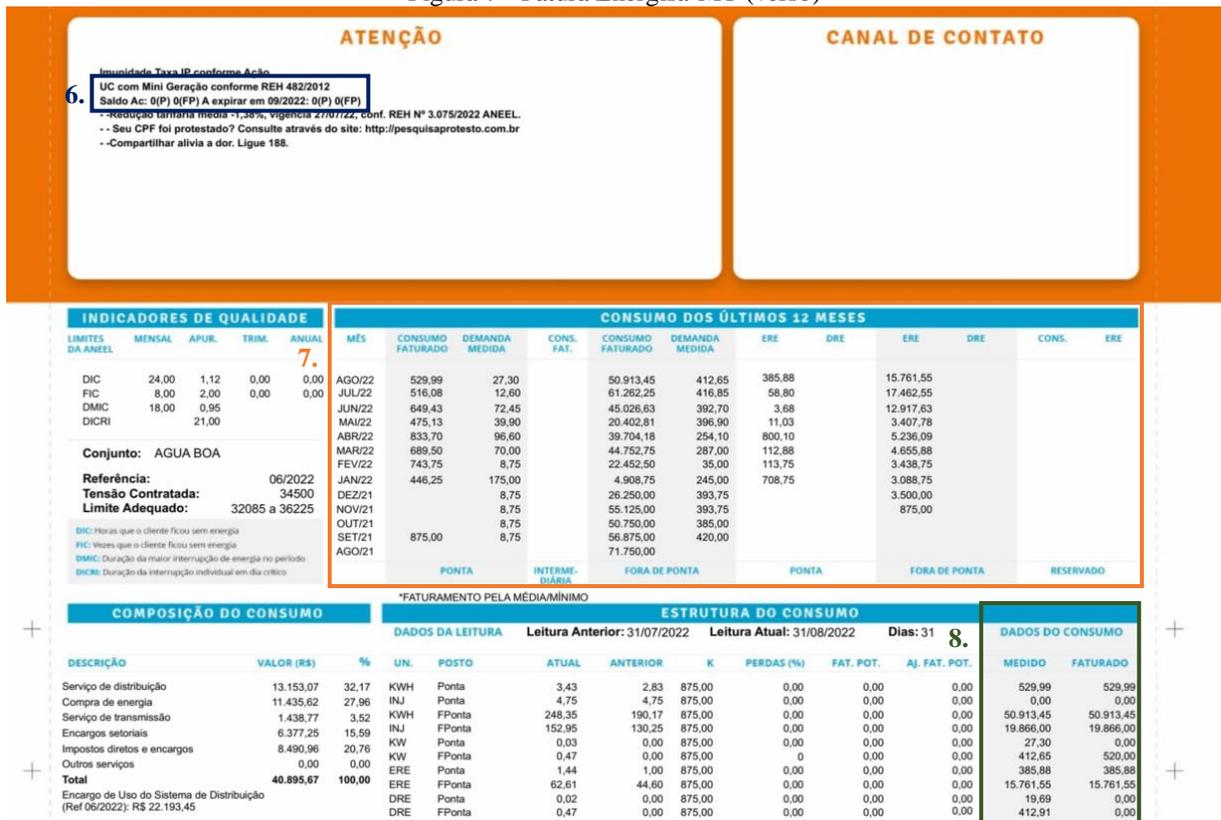
ICMS suspenso conf. Processo judicial Nº 1018481-79.2021.8.11.000

Item da Fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/COFINS (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	% Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Tarifa Unit (R\$)	Tributo	Base de Calc. (R\$)	Aliquota (%)	Valor (R\$)
3. Consumo em kWh - Ponta	KWH	529,99	2,993150	1.586,34	80,05	1.586,34	17	269,67	2.333280	PIS	34.502,42	1,0845	374,18
Consumo em kWh - Fora Ponta	KWH	50.913,45	0,490480	24.972,88	1.260,23	24.972,88	17	4.245,39	0,382360	COFINS	34.502,42	4,9955	1.723,55
4. Energia Abv Injetada - Fora Ponta	KWH	19.866,00	0,490480	-9.744,21	-491,73	-9.744,21	17	-1.656,51	0,382360	ICMS	37.607,28	17,00	6.393,23
5. Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	UN	385,88	0,344490	132,93	6,71	132,93	17	22,60	0,268550				
Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	UN	15.761,55	0,344490	5.420,85	274,00	5.420,85	17	923,07	0,268550				
Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	KW	412,65	36,906570	15.229,49	768,54	15.229,49	17	2.589,01	28,770000				
Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	KW	107,35	30,632450	3.288,39	199,93	0,00	0	0,00	28,770000				

Demanda ponta - kW 529
 Demanda fora ponta - kW 520

Fonte: Energisa (2022).

Figura 7 - Fatura Energisa-MT (verso)



Fonte: Energisa (2022).

Descrição dos tópicos destacados nas Figura 6 e Figura 7:

1 - Características gerais da UC: Na parte destacada da fatura, encontram-se informações de bastante relevância da unidade consumidora, tais como a tensão de fornecimento, modalidade tarifária, grupo e subgrupo tarifário e classe tarifária.

2 - Período de leitura: São fornecidas informações referentes à leitura dos dados do medidor, ou seja, são exatamente os dias que foram levados em consideração ao faturar a conta de energia do mês referência.

3 - Consumo: Consumo é a quantidade de energia utilizada por todos os equipamentos que utilizam energia elétrica para da unidade consumidora para realizar processos, durante o período indicado na seção 2 (período de leitura), sendo sua unidade de grandeza o kWh (Quilo-watt-hora). Porém, ao analisar uma fatura de energia de uma unidade consumidora do grupo A, o consumo é dividido postos tarifários que por sua vez, é um período em horas onde são aplicadas tarifas especiais, assim como determina a Resolução Normativa ANEEL 1000. No caso de uma UC adequada a modalidade tarifária verde (MTV), terá seu consumo faturado em consumo ponta e consumo fora de ponta.

- Consumo Ponta: Segundo a Resolução Normativa ANEEL 1000, o posto tarifário ponta (consumo ponta) é um período composto por 3 horas diárias consecutivas, horas essas que são definidas por cada distribuidora de energia, no caso da Energisa MT, é o horário compreendido entre 17:30h e 20:30h. Além disso, o período ponta não é aplicado nos finais de semana (sábados e domingos) e nas seguintes datas comemorativas: “Terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi e aos feriados nacionais dos dias 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 2 de novembro, 15 de novembro e 25 de dezembro” (Resolução Normativa ANEEL 1000).
- Consumo fora de ponta: De forma resumida, a Resolução Normativa ANEEL 1000 define este posto tarifário fora de ponta, como um conjunto de horas diárias consecutivas complementares às dos outros postos tarifários. Ou seja, no caso da UC analisada, que possui apenas o posto tarifário ponta e fora de ponta, o posto fora de ponta seria basicamente qualquer horário que não seja o horário ponta, dessa forma, sendo limitado entre 20:30h até o começo do horário ponta às 17:30 do dia seguinte. Para os casos de fins de semana, e as datas comemorativas citadas no parágrafo acima, o horário fora de ponta é aplicado em todos os horários do dia, por não ser faturado em horário ponta.

4 - Energia injetada: De acordo com o Caderno de Geração Distribuída divulgada pela Energisa (2022), as unidades consumidoras com microgeração ou minigeração de energia (UC analisada neste estudo) participantes do sistema de compensação de energia elétrica injetam na rede da distribuidora a energia excedente não utilizada para compensar o consumo próprio da UC. Dessa forma, essa energia excedente ao ser injetada na rede, é convertida em créditos que por sua vez serão utilizados para compensar o consumo de energia em períodos em que a energia gerada pelas usinas fotovoltaicas não for suficiente para suprir toda a carga, principalmente no período noturno onde as usinas FV não geram energia, dessa forma a UC precisa utilizar da energia da distribuidora para suprir a carga. Os créditos de geração que sobraram e não foram utilizados para abater o consumo na fatura do mês, serão acumulados em um sistema de saldo, que poderão ser utilizados futuramente em até 60 meses, para abater o consumo de energia, caso a UC não tenha gerado o suficiente para abater a conta. Sendo sua unidade de grandeza o kWh (Quilo-watt-hora).

5 - Energia reativa excedente: É a energia elétrica que é consumida equipamentos com a finalidade de realizar as interações magnéticas necessárias para o funcionamento de tais equipamentos, entretanto é uma energia que não produz trabalho e que causa distúrbios na rede

quando em excesso, dessa forma, a ANEEL através da Resolução Normativa ANEEL 1000 determina que unidades consumidoras pertencentes ao grupo A possuem fator de potência referência 0,92, e qualquer reativo que exceda este valor de referência será faturado na conta de energia divididos em energia reativa excedente ponta e fora de ponta. A unidade de faturamento da energia reativa excedente é o kVArh (Quilo-ampére-reativo-hora).

6 - Saldo de créditos: Neste campo da fatura são apresentadas as informações sobre o tipo de geração da unidade consumidora, no caso da UC estudada, apresentado como minigeração. Entretanto, o mais importante neste campo, são as informações referentes ao saldo de créditos atual da unidade consumidora e a quantidade de créditos que irão expirar no mês seguinte.

Quanto ao saldo atual, ele é dividido e exibido em ponta (P) e fora ponta (FP). Isso acontece, pois o consumo ponta possui uma tarifa mais cara em relação à tarifa do consumo fora ponta, dessa forma, caso haja geração de energia própria durante o horário ponta, essa energia terá um valor de $P = 1,6 * FP$ (energia gerada no horário fora de ponta). De forma similar, caso haja geração de energia no horário FP, e o mesmo seja excedente o suficiente para ter abatido todo o consumo fora ponta, o mesmo será utilizado para abater o consumo ponta, utilizando a mesma constante de conversão, porém de forma invertida: $FP / 1,6 = P$.

Já em relação a informação do crédito a expirar, como mencionado acima, segundo a Resolução Normativa (RN) ANEEL 687, os créditos de geração excedentes são computados pela distribuidora em forma de saldo e podem ser utilizados em até 60 meses (5 anos) após injetados na rede. Logo, neste campo tem o informativo de quanto de crédito irá expirar no mês seguinte, e caso não utilizado ele será perdido.

7 - Consumo dos últimos meses: A distribuidora disponibiliza nessa sessão um histórico geral dos últimos 12 meses, das informações faturadas, porém, as disponibiliza apenas na forma de grandeza física unitária.

8 - Dados do consumo: Neste campo são apresentados todos os dados medidos no medidor dentro do período da leitura, e ainda neste campo são separados os valores medidos dos valores faturados. Nem todos os valores medidos são faturados, como por exemplo, demanda medida no horário ponta que só é faturada em caso a demanda medida neste horário seja a maior medida entre os postos tarifários, ou caso a UC fosse adepta da modalidade tarifária azul, percebe-se que o valor de demanda medido no horário ponta é de 27,30 kW, porém o faturado é 0,00.

A principal utilidade deste campo da fatura para este estudo é analisar o campo de injetado, pois nele é possível verificar qual o valor que foi injetado na rede de fato, e comparar com os dados da plataforma de monitoramento do inversor para descobrir o valor de consumo em kWh que a unidade consumiu diretamente da UFV e somar com o valor de consumo faturado para finalmente obter o valor consumido em kWh real que a unidade consumidora teve no mês.

3 Materiais e métodos

3.1 Universo do estudo

O universo da análise consiste em uma unidade consumidora com atividade industrial, tratando-se de uma pedreira, que está situada no leste do estado de Mato Grosso, cerca de 10km de distância do município de Água Boa. Trata-se de uma cidade pequena, com população estimada de 26,679 habitantes (IBGE, 2021), e é uma cidade cujo foco é atender a demanda de serviços ligados ao agronegócio na região, principalmente aos produtores de pecuária, por conta da grande demanda de serviços ligados à pecuária, a cidade sedia anualmente o maior leilão de gado de corte do mundo Prefeitura de Água Boa (2022). Água Boa faz parte dos municípios que compõem o Vale do Araguaia, região essa com a maior taxa de irradiação solar do estado, com irradiação solar média de 5,4 kWh/m²*dia (CRESESB, 2022).

A UC é pertencente ao ambiente de contratação regulada (ACR) do estado de MT, cuja distribuidora de energia é a Energisa MT (EMT). A UC é classificada como pertencente ao grupo e subgrupo A3a, modalidade tarifária verde (MTV), classe de consumo industrial, ligação trifásica e possuente de mini geração conforme RN 482/2012.

A usina solar está no mesmo terreno onde se encontra a pedreira, sendo uma usina solar de solo, com 1080 módulos fotovoltaicos da fabricante Trina Solar, modelo TSM-405-DE15M(II) que ocupam uma área de 2.194,7 m².

Quanto as especificações técnicas, trata-se de uma usina de 437,4 kWp em potência de módulos, com energia gerada prevista por ano de 652.279,00 kWh. Com rendimento anual específico de 1.491,26 kWh/kWp. Possuindo 4 inversores do fabricante ABB Solar, modelo PVS-100-TL (v1) com potência de saída de 100 kW cada, possuindo uma potência de saída total de 400 kW.

3.2 Métodos do estudo

O método proposto para este trabalho foi o estudo de caso. Estudo de caso é um dos métodos existentes para se realizar um estudo/pesquisa. Segundo o autor Yin (2001), este tipo de metodologia brilha, especialmente em casos onde o tema (pergunta) do estudo envolve “como” e “por que”. Além disso, estudos de caso se encaixam em trabalhos onde o foco da pesquisa está em acontecimentos contemporâneos e também onde o autor do trabalho não exige controle sobre eventos comportamentais efetivos.

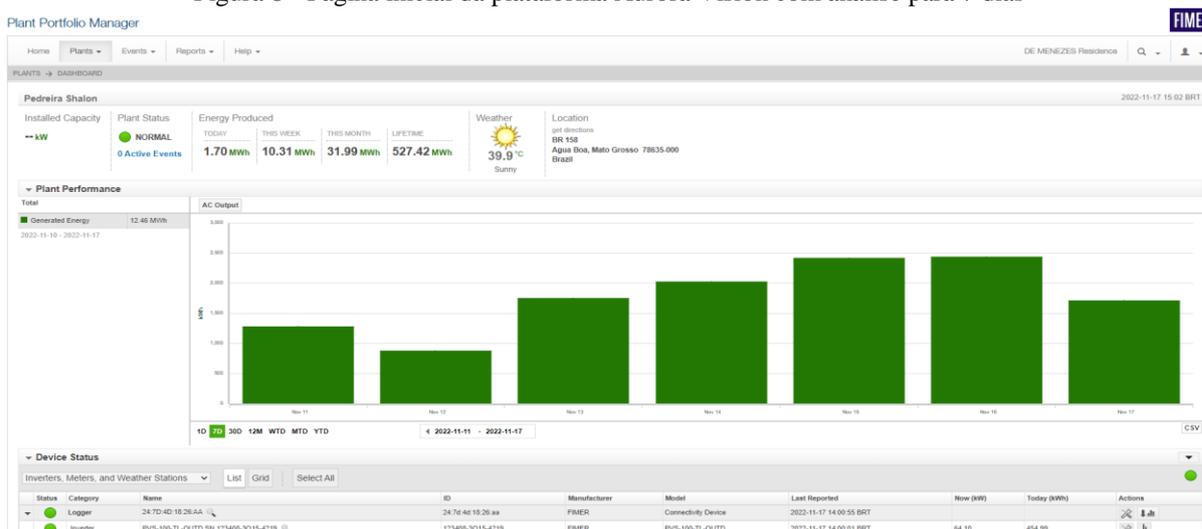
Dessa forma, as características são totalmente compatíveis com o trabalho proposto, uma vez que a pergunta levantada é basicamente saber o porquê a situação geral da UC está tão fora do esperado/projetado para o ano de 2022. Além disso, trata-se de um acontecimento contemporâneo (situação atual de sua UC) e o estudo independe de qualquer evento comportamental.

3.3 Materiais e análises dos dados

Para o processo de coleta de dados e análise, primeiramente foi utilizado o relatório final da usina, nele contém os todos os principais dados técnicos e físicos da UFV, porém, as principais informações contidas no relatório são as informações referentes a projeção de geração em kWh. Tanto o seu rendimento no ano inteiro, como o rendimento mensal, tais informações são importantes para comparar com a geração real da usina, e saber se a geração real está atingindo os valores simulados e projetados para geração, prometidos ao cliente no processo de venda da usina.

A segunda ferramenta e processo importante para coleta dos dados, foi a plataforma de monitoramento dos inversores, a Aurora Vision. Na Figura 8 ilustra a página inicial da plataforma utilizada para as seguintes análises.

Figura 8 - Página inicial da plataforma Aurora Vision com análise para 7 dias



Fonte: Aurora Vision (2022).

A plataforma foi utilizada para ter acesso a toda a energia que foi convertida pelo inversor e utilizada na UC e injetada na rede, entre outras palavras, a toda a energia gerada efetiva, afim de comparar com a energia que estava projetada para gerar e saber se está dentro das estimativas. Ainda sobre a plataforma Aurora Vision, a mesma também teve a funcionalidade de providenciar todo o histórico de falhas dos inversores, da rede de energia da distribuidora, entre outras, que foram utilizadas para investigar e localizar os principais responsáveis pelo comprometimento da geração de energia da UFV.

O terceiro passo foi utilizar as faturas de energia da UC para fazer a análise de todos os seus dados, e conduzir um levantamento investigativo para descobrir onde estão os principais problemas que estão afetando a unidade consumidora. Para tal, utilizamos as faturas de energia do período de faturamento que compreende a ligação da UFV até o presente (Janeiro, 2022 – Agosto, 2022), para analisar detalhadamente os dados, e também foi utilizado as faturas de referência Agosto, 2021 e Agosto, 2020, ambas foram utilizadas no intuito de acessar a seção de “Consumo dos últimos 12 meses” da UC, a fim de obter o histórico do consumo ponta, consumo fora ponta, energia reativa ponta e energia reativa fora ponta dos anos de 2020 e 2021 para comparar com os mesmos dados de 2022.

Figura 9 - Histórico de consumo na fatura da Energisa-MT

INDICADORES DE QUALIDADE					CONSUMO DOS ÚLTIMOS 12 MESES											
LIMITES DA ANEEL	MENSAL	APUR.	TRIM.	ANUAL	MÊS	CONSUMO FATURADO	DEMANDA MEDIDA	CONS. FAT.	CONSUMO FATURADO	DEMANDA MEDIDA	ERE	DRE	ERE	DRE	CONS.	ERE
DIC	11,03	0,00	22,07	44,14	SET/21	875,00	8,75		56.875,00	420,00						
FIC	5,75	0,00	11,50	23,01	AGO/21		8,75		71.750,00	446,25						
DMIC	5,66	0,00			JUL/21		8,75		57.750,00	437,50						
DICRI	12,71				JUN/21	1.750,00	315,00		56.875,00	446,25						
					MAI/21				42.000,00	428,75			875,00			
					ABR/21		17,50		45.500,00	463,75						
					MAR/21	875,00	8,75		28.000,00	428,75			875,00			
					FEV/21		8,75		47.250,00	455,00			1.750,00			
					JAN/21		8,75		2.625,00	43,75						
					DEZ/20		8,75		38.500,00	446,25			875,00			
					NOV/20	875,00	8,75		49.875,00	446,25			875,00			
					OUT/20		8,75		48.125,00	428,75			875,00			
					SET/20		8,75		52.500,00							

Conjunto: AGUA BOA
Referência: 07/2021
Tensão Contratada: 34500
Limite Adequado: 32085 a 36225

DIC: Horas que o cliente ficou sem energia
FIC: Vezes que o cliente ficou sem energia
DMIC: Duração da maior interrupção de energia no período
DICRI: Duração da interrupção individual em dia crítico

*FATURAMENTO PELA MÉDIA MÍNIMO

Fonte: Energisa (2022).

Além disso, foi necessário um documento denominado demonstrativo de créditos de geração distribuída, o qual foi utilizado para conferir a partir da perspectiva da Energisa, toda a energia que foi injetada na rede, tanto no mês da referência do demonstrativo como também de meses passados (informação que contém no histórico do documento).

Figura 10 - Demonstrativo de compensação da energia injetada



DEMONSTRATIVO DE COMPENSAÇÃO DA ENERGIA INJETADA

REFERÊNCIA: 08/2022

Historico de Consumo

Ano/Mês	Med. KWh	Irr.	Consumo Ponta				Consumo Fora Ponta					
			Injetado	Injet. Comp.	Sobra	Bruto KW	Med. KWh	Irr.	Injetado	Injet. Comp.	Sobra	Bruto KW
2022 10	1.068	0	0	0	0	1.068	43.204	0	15.034	15.034	0	43.204
2022 09	531	0	0	0	0	531	59.107	0	10.732	10.732	0	59.107
2022 08	530	0	0	0	0	530	50.913	0	19.866	19.866	0	50.913
2022 07	516	0	0	0	0	516	61.262	0	19.101	21.898	0	61.262
2022 06	649	0	0	649	0	649	45.027	0	19.988	45.027	0	45.027
2022 05	475	0	0	475	0	475	20.403	0	50.039	20.403	29.636	20.403
2022 04	834	0	4.154	834	3.320	834	39.704	0	24.838	30.151	0	39.704
2022 03	690	0	0	0	0	690	44.753	0	16.513	34.976	0	44.753
2022 02	744	0	79	79	0	744	22.453	0	7.359	7.359	0	22.453
2022 01	446	0	315	446	0	446	4.909	0	23.581	4.909	18.673	4.909
2021 12	0	0	0	0	0	0	26.250	0	0	0	0	26.250
2021 11	0	0	0	0	0	0	55.125	0	0	0	0	55.125
2021 10	0	0	0	0	0	0	50.750	0	0	0	0	50.750
	Saldo	Injetado	Recebido	Compensado	Transferido	Expirado		Estorno				Expiração

Fonte: Energisa (2022).

Foi utilizado o Microsoft Excel para construir o banco de dados de todas as informações levantadas, também foi utilizado para determinar o consumo direto da UC: Para isso foi aproveitado o valor total de energia gerada no mês faturado (fornecido pela plataforma do inversor) subtraído pela energia injetada ponta e energia injetada fora ponta. Com essa

informação, seria possível determinar o valor do consumo total de energia da UC usando como base o valor do fora ponta, ou seja, convertendo o valor do kWh ponta em fora ponta usando a constante de 1,6 mencionada anteriormente. Dessa forma, para obter o consumo total basta somar: consumo ponta * 1,6 + consumo fora ponta + consumo direto.

Figura 11 - Banco de dados da unidade consumidora

Referencia da Fatura Energisa	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22
Geração inversor kWh	26.902,00	33.823,00	44.304,00	61.884,00	66.066,00	59.890,00	60.553,00	59.997,00
Energia Injetada Ponta	315,00	78,75	0,00	4.153,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia Injetada Fora Ponta	23.581,25	7.358,75	16.513,000	24.838,13	50.039,06	19.988,33	19.101,08	19.866,00
Consumo Ponta	446,25	743,75	689,50	833,70	475,13	649,43	516,08	529,99
Consumo Fora Ponta	4.908,75	22.452,50	44.752,75	39.704,18	20.402,81	45.026,63	61.262,25	50.913,45
Consumo Total Medido	5.355,00	23.196,25	45.442,25	40.537,88	20.877,94	45.676,06	61.778,33	51.443,44
Diferença de Geração ou Saldo	18.462,50	-16.157,75	-29.342,95	-9.553,89	28.876,04	-26.077,39	-42.986,90	-31.895,43
Consumo Simultâneo	3.005,75	26.385,50	27.791,00	32.892,08	16.026,94	39.901,67	41.451,92	40.131,00
Consumo Total	8.628,50	50.028,00	73.646,95	73.930,17	37.189,96	85.967,39	103.539,90	91.892,43
Quantidade de dias faturados	31	30	31	31	31	29	33	31
Fator de ajuste Ponta	1,6 714,00	1,6 1.190,00	1,6 1.103,20	1,6 1.333,92	1,6 760,21	1,6 1.039,09	1,6 825,73	1,6 847,98
Saldo acumulado	18.462,50	0,00	0,00	0,00	28.876,04	2.798,65	0,00	0,00
Saldo utilizado	0,00	0,00	18.462,60	0,00	0,00	26.077,39	0,00	

Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim, foi utilizado o Microsoft Excel ® através da versão completa e finalizada da tabela da Figura 11 para criar os gráficos contendo a análise entre os dados.

O último recurso importante utilizado, foi o contato direto com o gerente da Pedreira, e com o electricista responsável pela mesma. Ambos foram consultados para validar certas hipóteses.

Todas as informações descritas acima são particulares, de propriedade do cliente proprietário da Pedreira, entretanto, todas as informações foram fornecidas pelo próprio cliente. O cliente forneceu: O relatório final do projeto, seu login e senha da Aurora Vision, login e senha do portal da Energisa (para termos acesso às faturas de energia). Através da procuração, que concede plenos direitos de fazer alterações e solicitar documentos (faturas, cópias de contratos, demonstrativos de GD) da UC em questão, foi utilizada a procuração para solicitar o demonstrativo de energia injetada da UC.

4 Resultados e Discussões

4.1 Descrição do desempenho da usina fotovoltaica (FV)

A usina fotovoltaica foi projetada para gerar um total de 652.279,00 kWh, por ano, como apresentada na simulação final da proposta. Na figura abaixo consta a descrição do rendimento da usina fotovoltaica proposta no projeto inicial do cliente.

Figura 12 - Rendimento da usina fotovoltaica

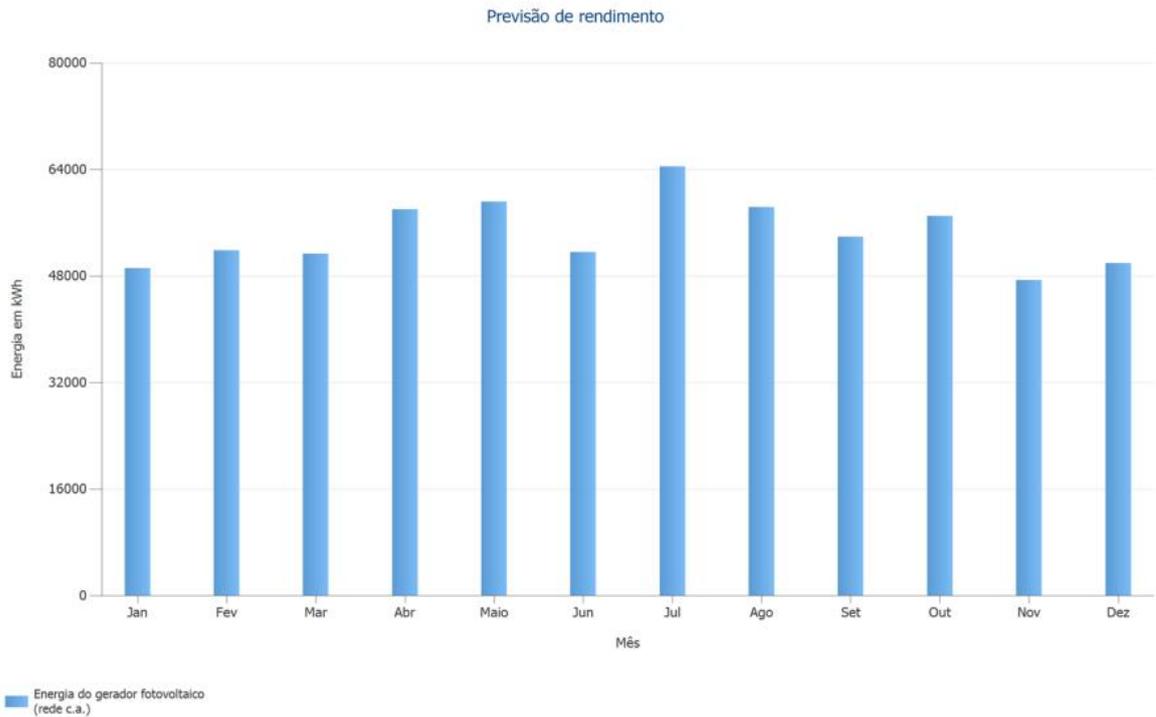
O rendimento	
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	652.279 kWh
Injeção na rede	652.279 kWh
Limitação no ponto de injeção	0 kWh
Autoconsumo	0,0 %
Fração solar	0,0 %
Rendimento anual específico	1.491,26 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	75,0 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	0,9 %/Ano
Emissões de CO ₂ evitadas	326.139 kg/ano

Fonte: elaborado pelo autor do projeto inicial da usina.

Ao fazer uma média mensal, ou seja, dividir o valor da geração total do ano (652.279,00 kWh) por 12 meses, resultou em um total de 54.356,58 kWh por mês. Além disso, existem meses em que a geração de energia é maior e há meses em que a geração é menor, variando conforme fatores exógenos do campo. Assim, o resultado de 652.279,00 kWh foi realizado levando em consideração as variações de campo.

O estudo para a usina foi realizado baseando no histórico de consumo de 2020. Na figura abaixo é apresentado o estudo que foi realizado utilizando a plataforma PV*SOL, que leva em consideração as melhores condições de irradiação solar, principais fatores climáticos, temperatura, entre outros.

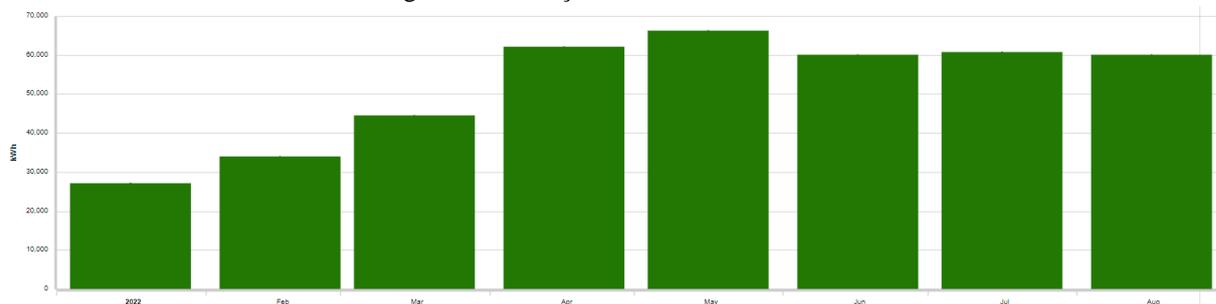
Figura 13 - Previsão de geração de energia em kWh



Fonte: elaborado pelo autor do projeto inicial da usina.

Analisando a previsão de rendimento da usina, foi necessário avaliar a geração real de energia em 2022 para comparação. Abaixo foi compilado a geração do ano de 2022, até o momento do presente estudo, e feito o comparativo com o rendimento previsto.

Figura 14 - Geração real da usina em kWh



Fonte: Aurora Vision (2022).

Figura 15 - Geração até o momento da análise em kWh

Referencia da Fatura Energisa	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22
Geração investidor kWh	26.902,00	33.823	44.304	61.884	66.066	59.890	60.553	59.997

Fonte: elaborado pelo autor.

Comparando a Figura 13 (simulação) com a Figura 14 (geração real) foi observado expressiva diferença entre valores mensais. Houve alguns motivos técnicos que impediram que

a usina apresentasse o desempenho esperado. Dessa forma, foi realizado uma análise mensal das faturas e do desempenho da usina fotovoltaica para identificar o suposto problema.

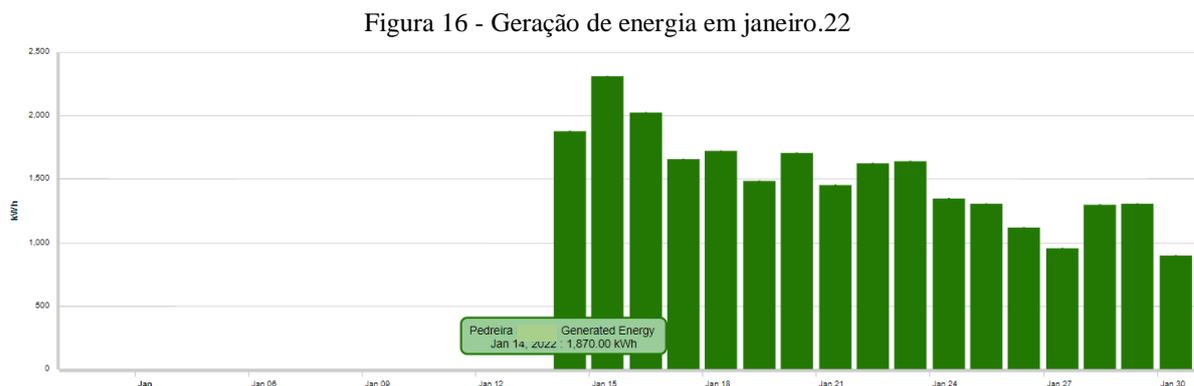
4.2 Análise mensal das faturas e do rendimento da usina fotovoltaica

Nessa seção será feita uma análise criteriosa do desempenho da usina e das faturas a fim de comparar a energia gerada com o consumo da unidade.

- **Janeiro 2022:**

Ao observar novamente a Figura 13 e Figura 15, observa-se um valor de 26.902,00 kWh, enquanto que o esperado deveria ser algo em torno de 50.000,00 kWh. Houveram dois motivos pelo qual a geração real foi cerca de metade do esperado.

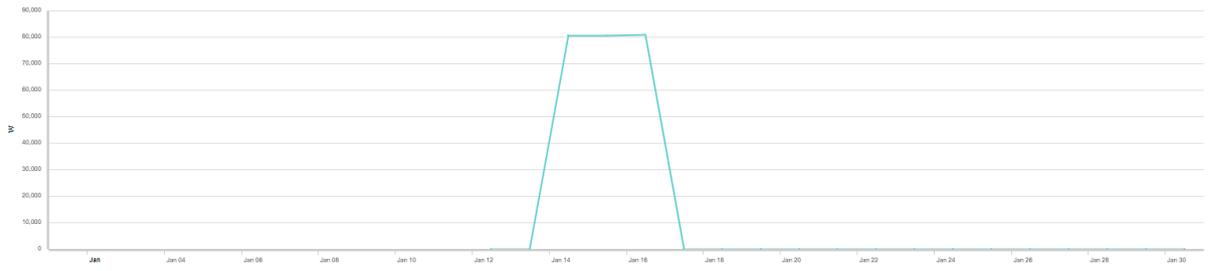
O primeiro fator esteve associado ao período de uso. A usina entrou em operação pela primeira vez apenas no dia 14 de janeiro, portanto gerou energia apenas 16 dias, cerca de metade do mês apenas, como demonstrado na figura abaixo. Importante informar que no dia 10/01/2022 foi realizado a troca de medidor e liberada a ligação da usina.



Fonte: Aurora Vision (2022).

O segundo motivo foi em relação à um problema técnico em um dos inversores. Que apresentou falha técnica com apenas 3 dias de uso, sendo que, no dia 17 de janeiro ele parou de funcionar. Foi acionado a garantia e solicitado manutenção, entretanto, o inversor danificado voltou a funcionar somente no mês de fevereiro. A Figura 17 mostra os dias em que o inversor apresentou falha técnica e parou de entregar energia.

Figura 17 - Geração do inversor 1



Fonte: Aurora Vision (2022).

A unidade consumidora em questão, em janeiro.22, operou com ciclo reduzido, devido à alta frequência de chuvas no período. O consumo total foi de 8.628,50 kWh.

Figura 18 - Fatura de energia referência janeiro.22

VALOR DA FATURA		VENCIMENTO		SITUAÇÃO DE DÉBITOS							
R\$ 13.667,52		02/03/2022									
REFERÊNCIA		CONSUMO									
Janeiro/2022											
CNPJ/CPF:		RESERVADO AO FISCO:		DATA DE EMISSÃO							
Insc. Est:		a781.a0e8 d712.a6ad.5996.8665.89a7 d1f2		17/02/2022							
				APRESENTAÇÃO							
				21/02/2022							
				PRÓXIMA LEITURA							
				28/02/2022							
DESCRIPTIVO											
CCI	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA SEM TRIBUTOS	TARIFA COM TRIBUTOS	VALOR TOTAL (R\$)	BASE CALC. ICMS (R\$)	% ALIQ. ICMS	ICMS (R\$)	BASE CALC. PIS/COFINS (R\$)	PIS (R\$) (0,6671%)	COFINS (R\$) (3,0729%)
0601	Consumo em kWh - Ponta	446,250	1,830720	2,291370	1.022,53	1.022,53	17	173,83	848,69	5,66	26,09
0601	Energia Atv Injetada - Ponta	315,000	1,830720	1,991590	-627,35	-166,30	17	-28,27	-599,08	-4,00	-18,41
0601	Energia Atv Injetada mUC 2/2022 oPT	131,250	1,830720	1,991590	-261,39	-69,29	17	-11,78	-249,62	-1,66	-7,67
0601	Consumo em kWh - Fora Ponta	4.908,750	0,357910	0,447960	2.198,97	2.198,97	17	373,82	1.825,15	12,17	56,08
0601	Energia Atv Injetada - Fora Ponta	4.908,750	0,357910	0,427920	-2.100,64	-1.620,54	17	-275,49	-1.825,15	-12,17	-56,08
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	708,750	0,276930	0,346610	245,66	245,66	17	41,76	203,90	1,36	6,26
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Fponta	3.088,750	0,276930	0,346610	1.070,60	1.070,60	17	182,00	888,59	5,92	27,30
0602	Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	245,000	20,460000	25,608350	6.274,04	6.274,04	17	1.066,59	5.207,46	34,74	160,02
0602	Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	275,000	20,460000	21,254930	5.845,10	0,00	0	0,00	5.845,10	38,99	179,61

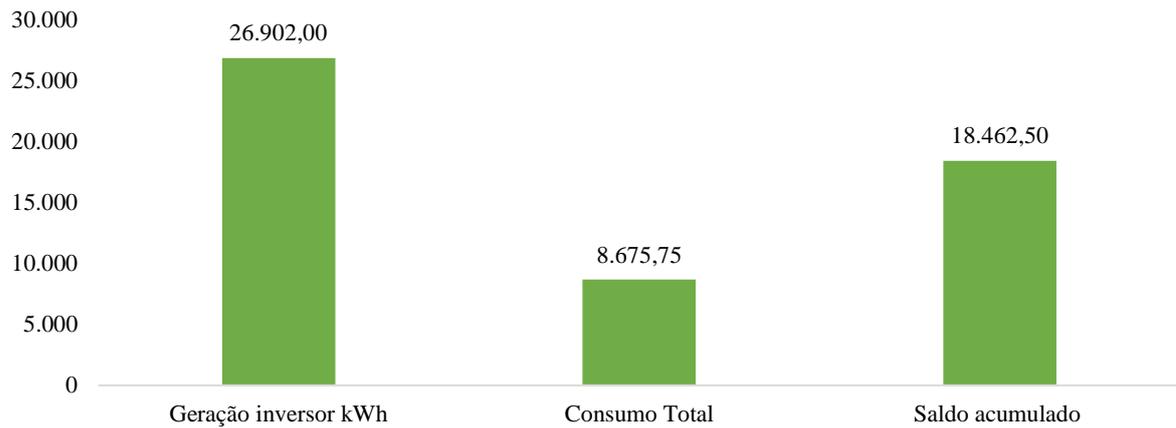
Fonte: Energisa (2022).

Sendo assim, de acordo com o compilado da geração de energia em janeiro, a usina fotovoltaica gerou apenas 26.902,00 kWh por causa de sua data de ligação que foi efetivado apenas no dia 10/01 e, além disso, começou a gerar de fato apenas no dia 14/01. Ademais, o problema no cooler do inversor, mencionado anteriormente, também causou impacto na geração de energia de janeiro.

No final foi faturado 0 kWh do cliente no valor de R\$ 0,00 devido à usina ter gerado mais energia que o consumido. A unidade acumulou um saldo de geração de 18.462,50 (FP) para serem utilizados nos meses seguintes.

Além disso, a análise da fatura constatou que a unidade mediu 3.088,75 kVArh de energia reativa, totalizando R\$ 1.316,26 em janeiro, valor acima do esperado visto que, nos anos anteriores, não estava sendo faturado energia reativa.

Gráfico 1 - Balanço energético de janeiro.22



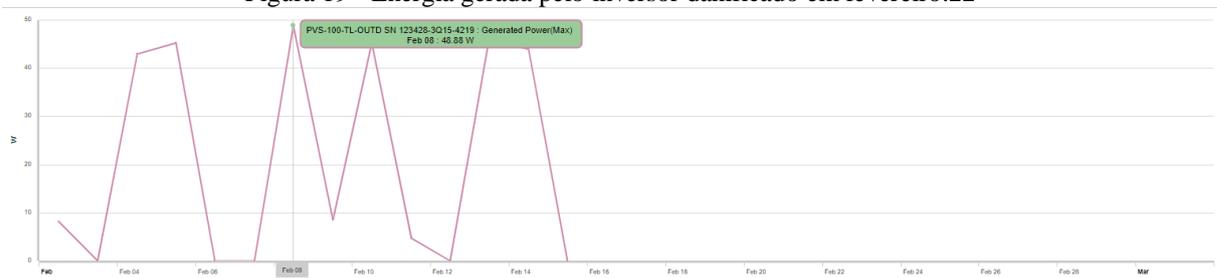
Fonte: elaborado pelo autor.

● Fevereiro 2022:

Analisando novamente as figuras 13, 14 e 15, observa-se um valor realmente gerado pela usina em fevereiro no valor de 33.823,00 kWh, enquanto o valor esperado de geração estava em torno de 53.500,00 kWh.

O mesmo inversor que estava com defeito no mês de janeiro ainda permaneceu com defeito durante o mês de fevereiro inteiro, como mostra o gráfico abaixo:

Figura 19 - Energia gerada pelo inversor danificado em fevereiro.22



Fonte: Aurora Vision (2022).

É importante prestar atenção que apesar de parecer que gerou algo, o maior pico de geração, como mostra no gráfico, foi de apenas 48 W ou seja, apenas 0,048 kW, esse inversor funcionando deveria ter um valor médio de 80,00 a 90,00 kW em seus valores de pico. No fim, ele teve uma geração de 0,196 kWh enquanto que se estivesse funcionando iria gerar em torno de 20.000,00 kWh.

Figura 20 - Fatura de energia referência fevereiro.22

VALOR DA FATURA R\$ 23.693,44	VENCIMENTO 16/03/2022	SITUAÇÃO DE DÉBITOS	
REFERÊNCIA Fevereiro/2022	CONSUMO 15.759 kWh 525,29 kWh MÉDIA DIÁRIA		
CNPJ/CPF Insc. Est.	RESERVADO AO FISCO: be33.d309.0928.dc00.a990.79d2.da62.435e	DATA DE EMISSÃO 07/03/2022	APRESENTAÇÃO 09/03/2022
		PRÓXIMA LEITURA 31/03/2022	

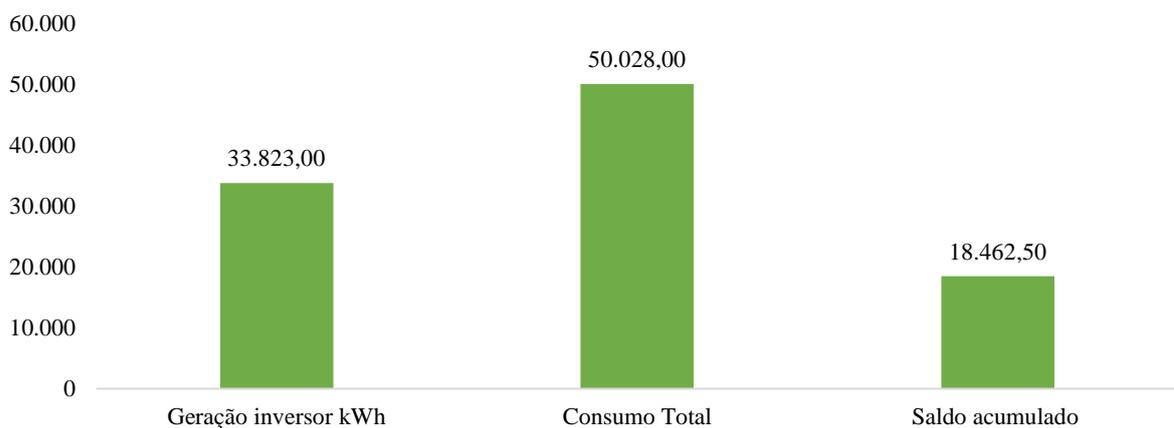
DESCRIPTIVO											
CCI	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA SEM TRIBUTOS	TARIFA COM TRIBUTOS	VALOR TOTAL (R\$)	BASE CALC. ICMS (R\$)	% ALÍQ. ICMS	ICMS (R\$)	BASE CALC. PIS/COFINS (R\$)	PIS (R\$) (0,6671%)	COFINS (R\$) (3,0729%)
0601	Consumo em kWh - Ponta	743,750	1,830720	2,291370	1.704,21	1.704,21	17	289,71	1.414,49	9,43	43,46
0601	Energia Atv Injetada - Ponta	78,750	1,830720	1,991590	-156,83	-41,57	17	-7,07	-149,76	-1,00	-4,59
0601	Consumo em kWh - Fora Ponta	22.452,500	0,357910	0,447960	10.058,06	10.058,06	17	1.709,87	8.348,19	55,69	256,53
0601	Energia Atv Injetada - Fora Ponta	7.358,750	0,357910	0,427920	-3.149,08	-2.429,35	17	-412,99	-2.736,10	-18,25	-84,08
0601	Adic. B. Vermelha				2.800,82	2.800,82	17	476,15	2.324,69	15,51	71,43
0601	Energia Reativa Exced em KWh - Ponta	113,750	0,276930	0,346610	39,42	39,42	17	6,70	32,72	0,22	1,00
0601	Energia Reativa Exced em KWh - Fponta	3.438,750	0,276930	0,346610	1.191,91	1.191,91	17	202,62	989,29	6,60	30,41
0602	Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	35,000	20,460000	25,608350	896,29	896,29	17	152,37	743,92	4,96	22,86
0602	Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	485,000	20,460000	21,254930	10.308,64	0,00	0	0,00	10.308,64	68,77	316,77

Fonte: Energisa (2022).

A unidade voltou a operar, com um ciclo de consumo moderado, com um consumo total de 49.660,5 kWh. Foi gerado apenas 33.823,00 kWh por ter um inversor a menos gerando na operação. No final foi faturado 16.157,75 kWh do cliente, no valor total de R\$ 8.456,36.

A unidade ainda tinha 18.462,5 kWh em créditos do mês passado, dos quais não foram utilizados para abater na fatura. Foi faturado um valor de 3552,5 kVARh em reativos da unidade no valor de R\$1.231,33.

Gráfico 2 - Balanço energético de fevereiro.22



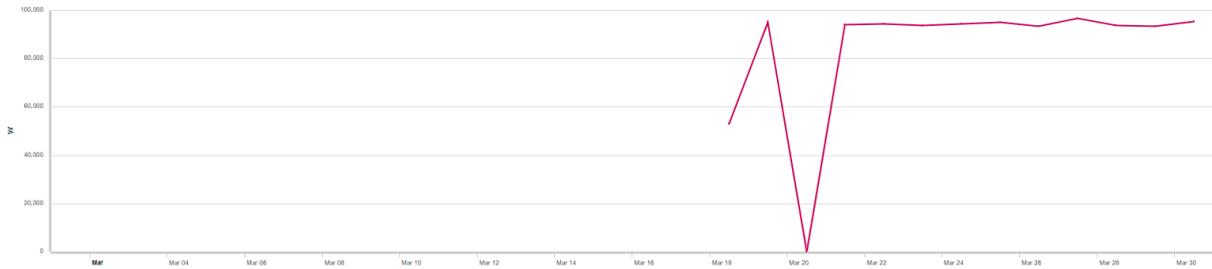
Fonte: elaborado pelo autor.

- **Março 2022:**

Novamente analisando as figuras 13, 14 e 15, observa-se uma previsão de geração de 51.000,00 kWh porém, ao comparar com o realmente gerado, temos uma geração de 44.304,00

kWh. Foi realizado novamente o levantamento dos motivos pelo qual a geração foi abaixo do previsto no estudo.

Figura 21 - Geração de energia do inversor 4 em março.22



Fonte: Aurora Vision (2022).

O inversor que deu problema no mês de janeiro foi trocado e instalado novamente um novo inversor no dia 18/03, como mostra no gráfico abaixo:

Caso o inversor 4 estivesse em pleno funcionamento o mês todo, a usina teria gerado a mais que o previsto, essa informação é baseada no fato que os inversores 3 e 4 tem uma geração muito próxima um do outro, da mesma forma que o 1 e 2 também estão próximos um do outro. Seguindo este raciocínio, o inversor 4 caso estivesse funcionando normalmente teria gerado aproximadamente 13.500,00 kWh (13.5 MWh) e com isso a geração mensal teria sido aproximadamente 52.600,00 kWh. Na Figura 22 abaixo temos a informação da geração mensal dos inversores:

Figura 22 - Geração mensal de cada inversor em MWh

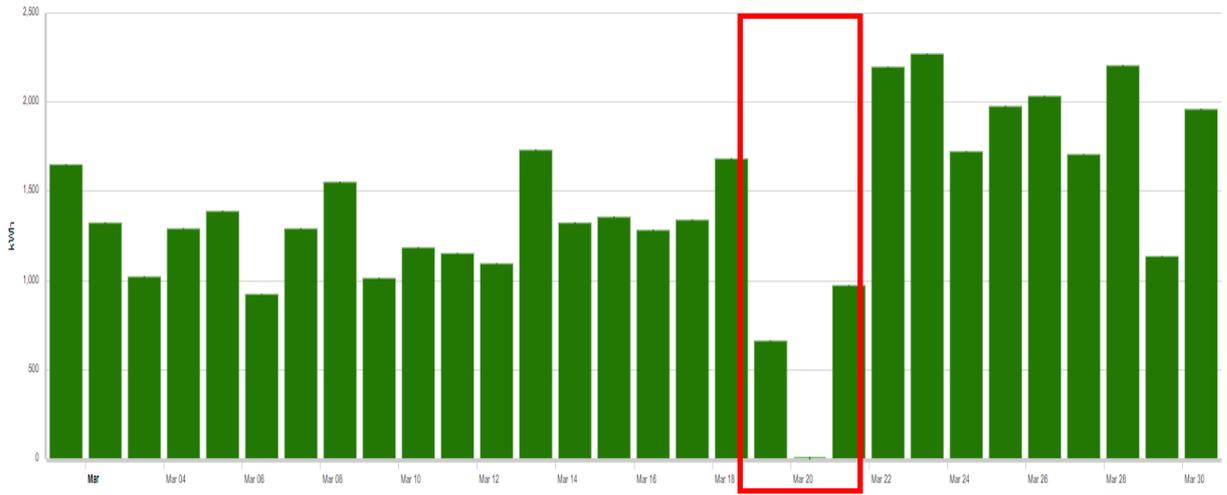
Device	kWh
PVS-100-TL-OUTD SN 119948-3Q15-4319	11.34 MWh
PVS-100-TL-OUTD SN 119950-3Q15-4319	11.95 MWh
PVS-100-TL-OUTD SN 123408-3Q15-4219	13.73 MWh
PVS-100-TL-OUTD SN 123428-3Q15-4219	5.20 MWh

Fonte: Aurora Vision (2022).

Outro fator determinante na geração mensal de março, foi que apesar do inversor 4 ter sido trocado no dia 18, nos dias 19, 20 e 21 houveram problemas na rede da Energisa, onde a geração foi bastante comprometida, por isso a geração foi abaixo do normalmente gerado por dia. Por dia a geração normal, em boas condições de clima e temperatura, é em média 2.000

kWh, porém nesses dois dias a geração foram de 651.000 kWh no dia 19, zero kWh no dia 20 e 967.000 kWh no dia 21. Na Figura 23, é observado em destaque a geração nesses 3 dias:

Figura 23 - Geração de energia em março.22



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 24 - Fatura de energia referência março.22

VALOR DA FATURA R\$ 21.774,92	VENCIMENTO 14/04/2022	SITUAÇÃO DE DÉBITOS
REFERÊNCIA Março/2022	CONSUMO 10.467 kWh 337,63 kWh MÉDIA DIÁRIA	
CNPJ/CPF: Insc. Est.:	RESERVADO AO FISCO: bc22.6815.7ca3.2669.eab9.fade.d5af.da00	DATA DE EMISSÃO 01/04/2022
		APRESENTAÇÃO 07/04/2022
		PRÓXIMA LEITURA 30/04/2022

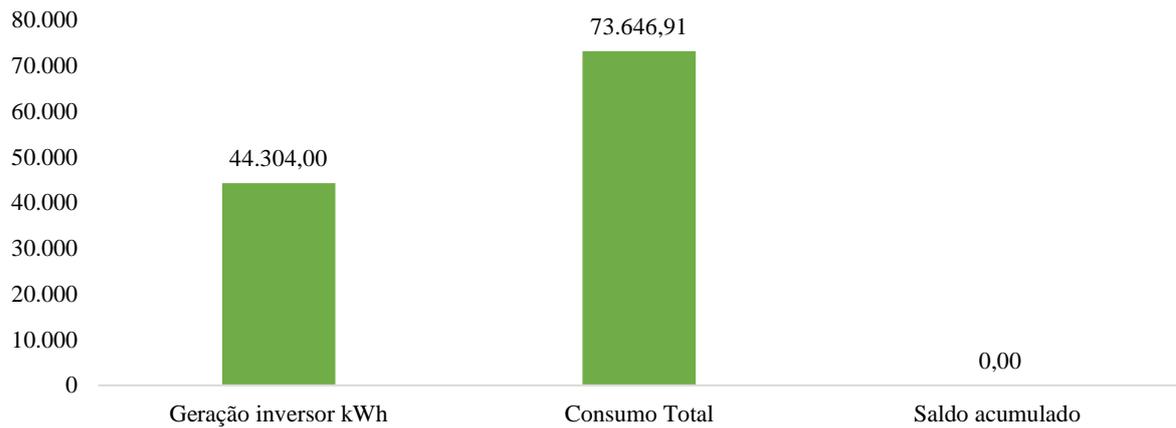
DESCRIPTIVO											
CCL	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA SEM TRIBUTOS	TARIFA COM TRIBUTOS	VALOR TOTAL (R\$)	BASE CALC. ICMS (R\$)	% ALÍQ. ICMS	ICMS (R\$)	BASE CALC. PIS/COFINS (R\$)	PIS (R\$) (0,6671%)	COFINS (R\$) (3,0729%)
0601	Consumo em kWh - Ponta	689,500	1,830720	2,291370	1.579,90	1.579,90	17	268,58	1.311,32	8,75	40,29
0601	Consumo em kWh - Fora Ponta	44.752,750	0,357910	0,447960	20.047,93	20.047,93	17	3.408,16	16.639,78	111,00	511,32
0601	Energia Atv Injetada - Fora Ponta	16.513,000	0,357910	0,447960	-7.397,34	-7.397,34	17	-1.257,55	-6.139,79	-40,96	-188,67
0601	Energia Atv Injetada mUC 2/2022 mPT	18.462,607	0,357910	0,447960	-8.270,71	-8.270,71	17	-1.406,02	-6.864,69	-45,79	-210,94
0601	Adic. B. Vermelha				1.860,25	1.860,25	17	316,24	1.544,01	10,30	47,44
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	112,875	0,276930	0,346610	39,12	39,12	17	6,65	32,46	0,22	1,01
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Fponta	4.655,875	0,276930	0,346610	1.613,79	1.613,79	17	274,34	1.339,45	8,93	41,16
0602	Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	287,000	20,460000	25,608350	7.349,59	7.349,59	17	1.249,43	6.100,17	40,69	187,45
0602	Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	233,000	20,460000	21,254930	4.952,39	0,00	0	0,00	4.952,39	33,04	152,18

Fonte: Energia (2022).

A unidade operou com um consumo elevado de 73.233,25 kWh. Foi gerado apenas 44.304 kWh por ter um inversor a menos gerando até o dia 17/03. No final foi faturado 10.880,343 kWh do cliente, no valor total de R\$ 5.959,78.

A unidade ainda tinha 18.462,5 kWh em créditos do mês de janeiro, dos quais foram utilizados para compensar na fatura. O reativo da unidade veio maior que o normal, em um valor de 4.768,75 kVArh, em reais: R\$ 1.652,91. Em 2020 no mesmo mês foi faturado 3500 kVArh e em 2021, zero kVArh.

Gráfico 3 - Balanço energético de março.22

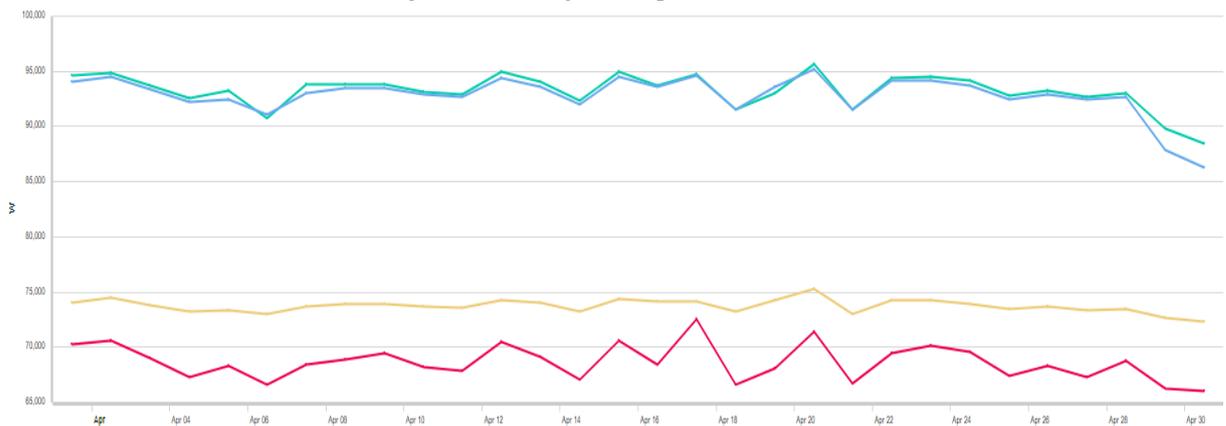


Fonte: elaborado pelo autor.

- **Abril 2022:**

No mês de abril foi previsto uma geração de 58.000 kWh, entretanto, a usina gerou na realidade 61.884 kWh, ultrapassando um pouco o previsto. Na Figura 25 mostra os 4 inversores operando normalmente com potência acima do esperado.

Figura 25 - Geração nos quatro inversores



Fonte: Aurora Vision (2022).

Figura 26 - Fatura de energia referência abril.22

VALOR DA FATURA R\$ 21.740,63	VENCIMENTO 13/05/2022	SITUAÇÃO DE DÉBITOS
REFERÊNCIA Abril/2022	CONSUMO 9.553 kWh 318,43 kWh MÉDIA DIÁRIA	
CNPJ/CPF Insc. Est.:	RESERVADO AO FISCO: 14ed.4317.4c80.e135.eca9.3a7e.424f.b7d7	DATA DE EMISSÃO 02/05/2022
		APRESENTAÇÃO 06/05/2022
		PRÓXIMA LEITURA 31/05/2022

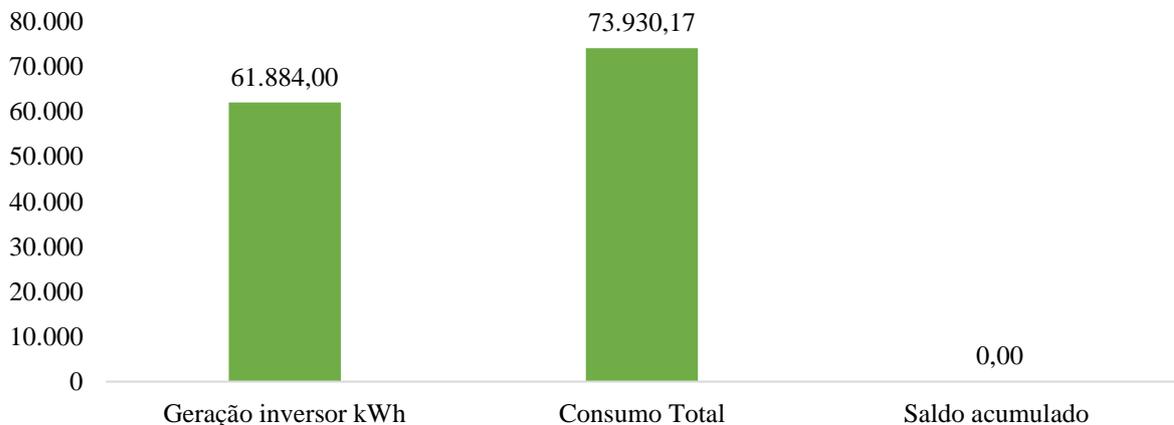
DESCRIPTIVO											
CCI	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA SEM TRIBUTOS	TARIFA COM TRIBUTOS	VALOR TOTAL (R\$)	BASE CALC. ICMS (R\$)	% ALIQ. ICMS	ICMS (R\$)	BASE CALC. PIS/COFINS (R\$)	PIS (R\$) (0,6671%)	COFINS (R\$) (3,0729%)
0601	Consumo em kWh - Ponta	833,700	2,097860	2,625730	2.189,08	2.189,08	17	372,14	1.816,93	12,12	55,83
0601	Energia Atv Injetada - Ponta	833,700	2,097860	2,625730	-2.189,08	-2.189,08	17	-372,14	-1.816,93	-12,12	-55,83
0601	Consumo em kWh - Fora Ponta	39.704,175	0,372970	0,466810	18.534,72	18.534,72	17	3.150,90	15.383,81	102,62	472,72
0601	Energia Atv Injetada - Fora Ponta	24.838,013	0,372970	0,466810	-11.594,89	-11.594,89	17	-1.971,13	-9.623,76	-64,20	-295,73
0601	Energia Atv Injetada mUC 4/2022 oPT	5.313,403	0,372970	0,466810	-2.480,40	-2.480,40	17	-421,67	-2.058,73	-13,73	-63,26
0601	Adic. B. Vermelha				848,93	848,93	17	144,33	704,59	4,71	21,64
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	800,100	0,274820	0,343970	275,21	275,21	17	46,78	228,42	1,52	7,02
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Fponta	5.236,088	0,274820	0,343970	1.801,07	1.801,07	17	306,18	1.494,89	9,97	45,94
0602	Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	254,100	24,795000	31,034170	7.885,78	7.885,78	17	1.340,58	6.545,19	43,66	201,13
0602	Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	265,900	24,795000	25,758360	6.849,14	0,00	0	0,00	6.849,14	45,69	210,47
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS											
0999	ATUALIZAÇÃO MONET COMP INDIC. 02/2019				-378,93	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Energisa (2022).

Unidade operou com um ciclo elevado de consumo, de 73.930,17 kWh. Foi gerado um valor de 61.884 kWh valor esse insuficiente para cobrir todo o consumo, porém acima do valor previsto para geração. No final foi faturado um valor de 9.553 kWh, no valor de R\$ 4.519,60.

Reativos da unidade aumentaram novamente, registrando um valor de 6.036,19 kVarh, no valor de R\$ 2.076,28 reais. Em abril dos anos de 2020 e 2021, foram respectivamente: 4375 kVarh e zero kVarh.

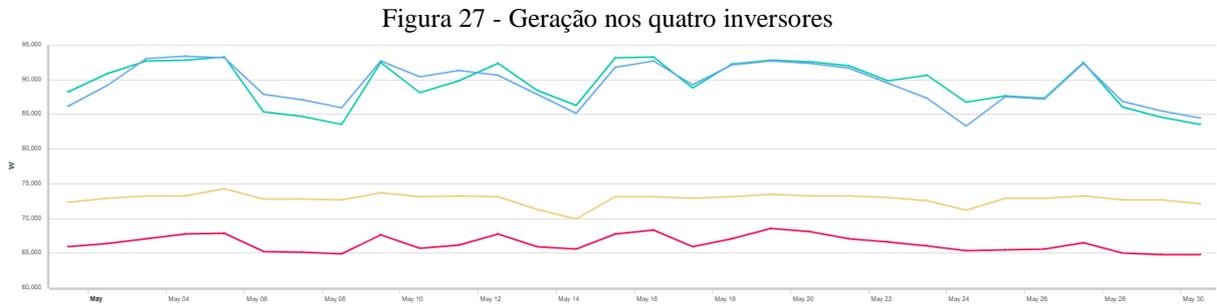
Gráfico 4 - Balanço energético de abril.22



Fonte: elaborado pelo autor.

- **Maior 2022:**

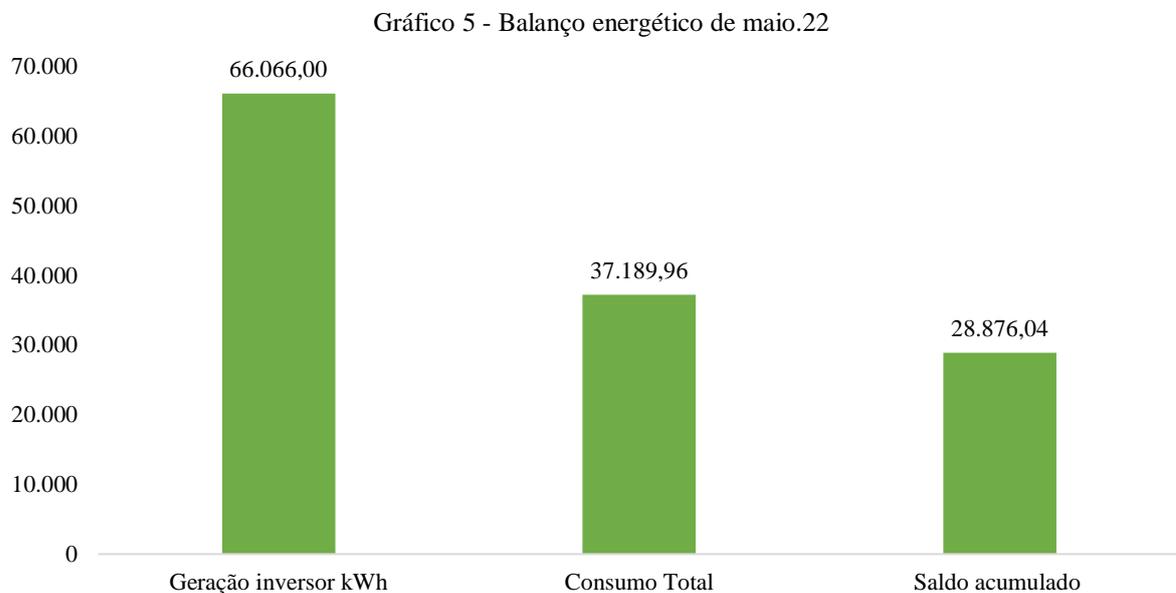
No mês de maio foi previsto uma geração de 60.000 kWh, entretanto, a usina gerou na realidade 66.066 kWh, ultrapassando um pouco o previsto. Na figura 27 mostra os 4 inversores operando normalmente com potência acima do esperado.



Fonte: Aurora Vision (2022).

A unidade operou com um consumo reduzido, de 37.189,96 kWh, valor este semelhante ao consumo de maio de 2021, onde a unidade teve o consumo de 42.000 kWh. Foi gerado apenas 66.066 kWh valor este que supriu todo o consumo da unidade e ainda sobrou para ser convertido em saldo. No final não houve fatura de energia ativa (zero kWh).

O excedente de geração foi convertido no seguinte saldo: 28.876,00 kWh (FP). Os reativos da unidade diminuíram, entretanto isso se deve ao fato que o consumo diminuiu também. Foi faturado um valor de 3.418,81 kVARh no valor em reais de R\$ 1.191,20.



Fonte: elaborado pelo autor.

- **Junho 2022:**

No mês de junho foi previsto uma geração de 51.000 kWh, entretanto, a usina gerou na realidade 59.890 kWh, ultrapassando o previsto. Na figura 28 mostra os 4 inversores operando normalmente com potência acima do esperado.

Figura 28 - Geração nos quatro inversores



Fonte: Aurora Vision (2022).

A unidade operou com um consumo bastante elevado, de 85.967,39 kWh, valor este significativamente maior ao consumo de junho de 2021, onde a unidade teve o consumo de 59.643 kWh. Foi gerado apenas 59.890 kWh. Mesmo gerando 8.890 kWh acima do previsto, não foi suficiente para suprir o todo o consumo da unidade. Foi utilizado 26.077,388 (FP) do saldo de créditos da unidade para abater completamente o consumo, sobrando ainda um saldo de 2.797 (FP) para serem utilizados futuramente.

Figura 29 - Fatura de energia referência junho.22

REF: MÊS / ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
Junho / 2022	14/07/2022	R\$ 23.143,20

Declaração de Quitação Anual de Débitos: Conforme previsto na Lei 12.007 de 29 de julho de 2009, Informamos a quitação dos débitos referentes aos faturamentos regulares de energia elétrica desta unidade consumidora vencidos no ano de 2021 e nos anos anteriores. Esta declaração substitui, para a comprovação do cumprimento das obrigações do consumidor, as quitações dos faturamentos mensais dos débitos do ano a que se refere, e dos anos anteriores.

Itens da Fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/COFINS (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	% Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Tarifa Unit (R\$)	Tributo	Base de Calc. (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
Consumo em kWh - Ponta	KWH	649,43	3,033860	1.970,27	99,42	1.970,27	17	334,94	2,365010	PIS	19.880,07	1,0845	215,59
Energia Atv Injetada mUC 5/2022 oPT	KWH	649,43	3,033860	-1.970,27	-99,42	-1.970,27	17	-334,94	2,365010	COFINS	19.880,07	4,9955	993,10
Consumo em kWh - Fora Ponta	KWH	45.026,63	0,497800	22.414,65	1.131,13	22.414,65	17	3.810,49	0,388060	ICMS	19.194,90	17,00	3.263,13
Energia Atv Injetada - Fora Ponta	KWH	19.988,33	0,497800	-9.950,36	-502,14	-9.950,36	17	-1.691,56	0,388060				
Energia Atv Injetada mUC 5/2022 mPT	KWH	25.038,30	0,497800	-12.464,28	-628,99	-12.464,28	17	-2.118,93	0,388060				
Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	UN	3,68	0,349830	1,28	0,06	1,28	17	0,22	0,272710				
Energia Reativa Exced em kWh - Fponta	UN	12.917,63	0,349830	4.519,05	228,04	4.519,05	17	768,24	0,272710				
Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	KW	392,70	37,368380	14.674,56	740,53	14.674,56	17	2.494,67	29,130000				
Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	KW	127,30	31,015750	3.948,30	240,06	0,00	0	0,00	29,130000				

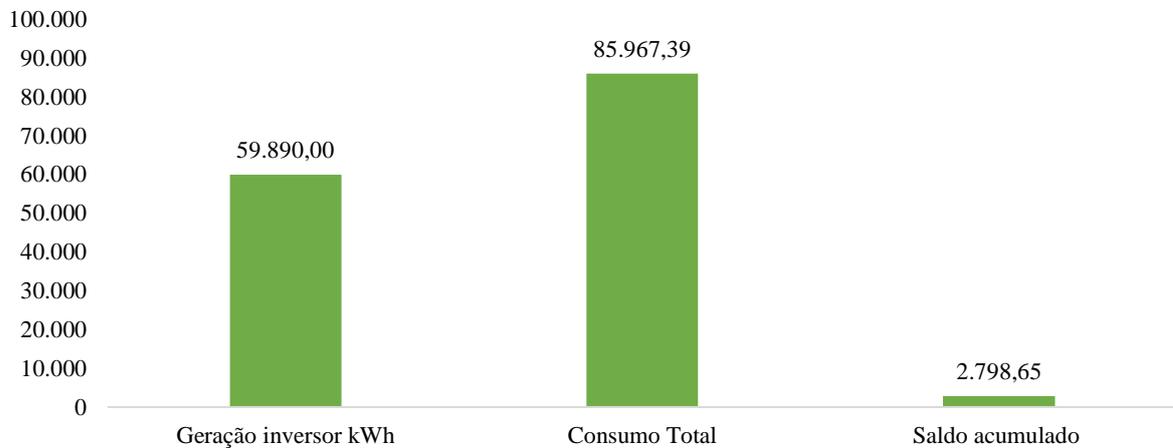
Itens da Fatura: Demanda ponta - kW, Demanda fora ponta - kW, 520

Fonte: Energisa (2022).

No final não houve fatura de energia ativa (zero kWh). O excedente de geração foi convertido no seguinte saldo: 28.876 (FP). Os reativos da unidade foram bastante elevados, sugerindo uma possível falha no funcionamento ou na operação do banco de capacitores. O

valor registrado foi de 12.921,31 kVArh, em reais R\$4.520,33. Em junho de 2020 e 2021, foram registrados respectivamente: 3.500 kVArh e zero kVArh.

Gráfico 6 - Balanço energético de junho.22

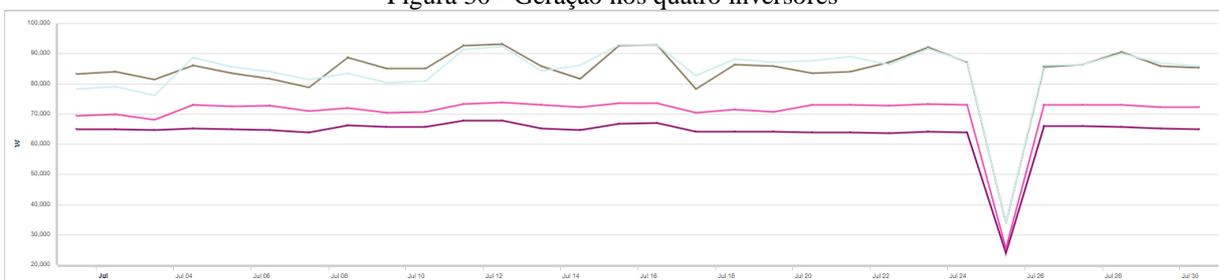


Fonte: elaborado pelo autor.

- **Julho 2022:**

No mês de julho foi previsto uma geração de 64.000 Wh, entretanto, a usina gerou na realidade 60.553 kWh, ficando um pouco abaixo do previsto. Abaixo está elencado os dois problemas responsáveis pela geração mesmo que por pouco, ter ficado abaixo do previsto: No dia 25 de julho a geração foi quase nula, na Figura 30 mostra a geração despencando a quase zero.

Figura 30 - Geração nos quatro inversores



Fonte: Aurora Vision (2022).

Neste houveram problemas na rede de energia, que só foram normalizados no dia 26 às 10:30h da manhã, desta forma também comprometendo parcialmente a geração no dia 26. Nas figuras abaixo ver a geração nula no dia 25 quase inteiro e no dia 26 também até as 10:30h. A partir do dia 26/09 o inversor SN 123428 teve um problema no seu cooler, onde ele passou a

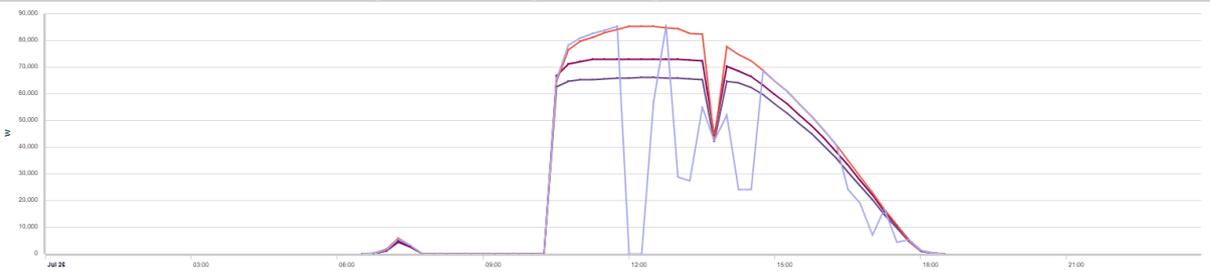
sobreaquecer e desligar e religar quando frio novamente. Com isso, o inversor 4 passou ter um rendimento cerca de 25% menor.

Figura 31 - Geração de energia no dia 25/07/22



Fonte: Aurora Vision.

Figura 32 - Geração de energia no dia 26/07/22



Fonte: Aurora Vision (2022).

A unidade operou com um consumo bastante elevado, de 103.539 kWh, valor este significativamente maior, chegando a ser quase o dobro do valor do consumo em julho de 2021 onde a unidade teve o consumo de 59.643 kWh. Foi gerado apenas 57.750 kWh. O valor gerado de 60.553 kWh não foi o suficiente para suprir o todo o consumo da unidade. Foi utilizado o restante dos créditos para compensar na fatura, isto é, foram usados os 2.796,96 (FP) do saldo de créditos, não sobrando mais nada no saldo.

Figura 33 - Fatura de energia referência julho.22

REF: MÊS / ANO
Julho / 2022

VENCIMENTO
12/08/2022

TOTAL A PAGAR
R\$ 44.224,52



3122 0103 4673 2100 0199 6600 2000 8413 3210 3004 6950
Protocolo de Autorização:
1512200003538627 - 01/08/2022 11:00:39

-Censo 2022 - Receba os recenseadores - Responda para o Brasil saber o que precisa. censo2022.ibge.gov.br.

Itens da Fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	COFINS (R\$)	PIS/COFINS (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	% Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Tarifa Unit (R\$)	Tributo	Base de Cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
Consumo em kWh - Ponta	KWH	516,08	2,953690	1.524,32	47,32	1.524,32	17	259,13	2,359880		PIS	37.752,63	0,6671	251,84
Consumo em kWh - Fora Ponta	KWH	61.262,25	0,484530	29.684,23	921,45	29.684,23	17	5.046,32	0,387130		COFINS	37.752,63	3,0729	1.160,10
Energia Atv Injetada - Fora Ponta	KWH	19.101,08	0,484530	-9.255,30	-287,30	-9.255,30	17	-1.573,40	0,387130		ICMS	41.731,73	17,00	7.094,39
Energia Atv Injetada mUC 5/2022 mPT	KWH	2.796,96	0,484530	-1.355,24	-42,06	-1.355,24	17	-230,39	0,387130					
Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	UN	58,80	0,340480	20,02	0,62	20,02	17	3,40	0,272030					
Energia Reativa Exced em kWh - Fponta	UN	17.462,55	0,340480	5.945,66	184,56	5.945,66	17	1.010,76	0,272030					
Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	KW	416,85	36,387300	15.168,04	470,84	15.168,04	17	2.578,57	29,071930					
Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	KW	103,15	30,201460	3.115,28	116,51	0,00	0	0,00	29,071930					
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS														
COMPENSAÇÃO POR INDICADOR- FIC 02/2019				-622,49	0,00	0,00	0	0,00						

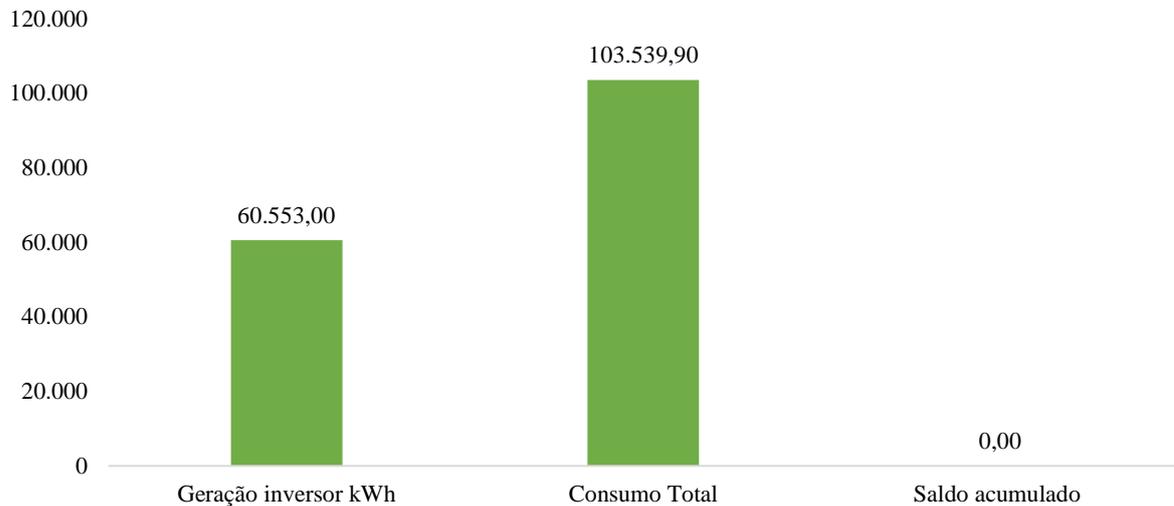
tratadas

Demanda ponta - kW	
Demanda fora ponta - kW	520

Fonte: Energisa (2022).

No final foi faturado 39.364,21 kWh Fora Ponta do cliente, no valor de R\$ 19.073,69. Também foi faturado um valor de 516,08 kWh Ponta no valor de R\$ 1.524,32. Não houve saldo de geração na FP e P. Os reativos da unidade vieram bem elevados, mais ainda que no mês anterior. O valor registrado foi de 17.521,35 kVArh, R\$ 5.965,68. Em julho de 2020 e 2021, os valores registrados foram respectivamente: 3.500 kVArh e zero kVArh.

Gráfico 7 - Balanço de energia de julho.22



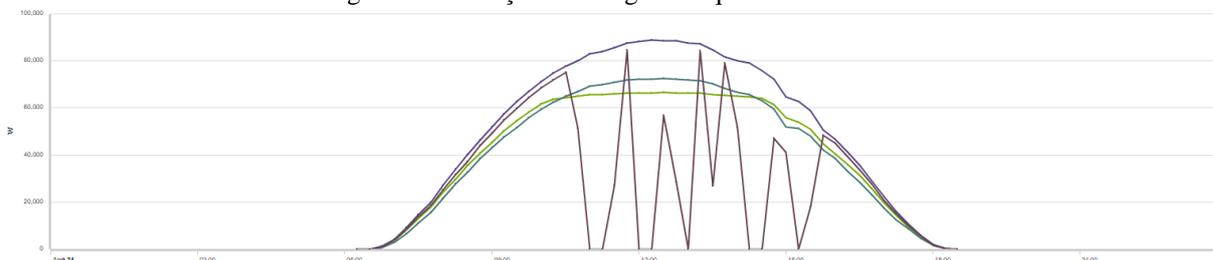
Fonte: elaborado pelo autor.

- **Agosto 2022:**

Em agosto, foi previsto uma geração de 58.000 kWh, entretanto, a usina gerou na realidade 59.997 kWh, ficando acima do previsto. Apesar de ter gerado mais que o previsto, ainda assim poderia ter gerado mais, e abaixo elencamos os motivos pelos quais poderia ter gerado mais.

Como falado anteriormente, no mês de julho, no dia 26 o inversor SN 123428 passou a sofrer de um problema de sobreaquecimento por conta de um defeito no cooler. Na imagem abaixo é visto um dia típico de geração do inversor quando apresentado problema:

Figura 34 - Geração de energia dos quatro inversores



Fonte: Aurora Vision (2022).

No geral, este inversor está gerando cerca de 24% a menos do que deveria. Este dado é obtido ao saber que é o mesmo número de strings conectadas em ambos os inversores:

- Inversor 123428: Inversor em questão, com problema no cooler;
- Inversor 123408: Inversor com o mesmo número de strings conectadas, porém funcionando normalmente.

Levando isso em consideração, e também olhando as duas figuras abaixo, que mostram a geração mensal dos dois inversores mencionados, em um mês onde ambos estão funcionando perfeitamente, é possível comprovar a afirmação que ele está gerando 24% abaixo do normal.

Figura 35 - Geração dos 4 inversores em MWh em junho.22

Device	kWh
PVS-100-TL-OUTD SN 119948-3Q15-4319	13.49 MWh
PVS-100-TL-OUTD SN 119950-3Q15-4319	13.88 MWh
PVS-100-TL-OUTD SN 123408-3Q15-4219	16.34 MWh
PVS-100-TL-OUTD SN 123428-3Q15-4219	16.19 MWh

Fonte: Aurora Vision (2022).

Figura 36 - Geração dos 4 inversores em MWh em maio.22

Device	kWh
PVS-100-TL-OUTD SN 119948-3Q15-4319	14.06 MWh
PVS-100-TL-OUTD SN 119950-3Q15-4319	14.93 MWh
PVS-100-TL-OUTD SN 123408-3Q15-4219	17.46 MWh
PVS-100-TL-OUTD SN 123428-3Q15-4219	17.47 MWh

Fonte: Aurora Vision (2022).

Levando isso em consideração, caso o inversor SN 123428 não estivesse com problemas no cooler, a geração seria maior, seria de aproximadamente 17.200 kWh, e com isso, a geração mensal total teria sido ainda maior. Ao invés de 59.997 kWh, ela poderia ter sido de 64.137 kWh.

Figura 37 - Fatura de energia referência agosto.22

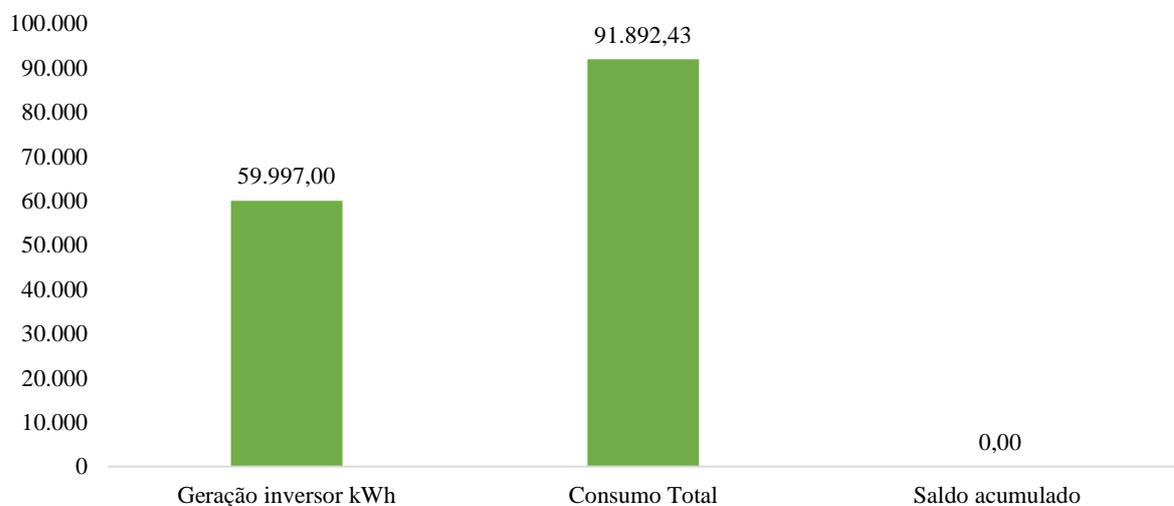
REF: MÊS / ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	5122 0803 4673 2100 0199 6600 2001 2952 0710 9270 3999										
Agosto / 2022	15/09/2022	R\$ 40.895,67	Protocolo de Autorização: 1512200005382262 - 01/09/2022 09:19:01										
ICMS suspenso conf. Processo judicial Nº 1018481-79.2021.8.11.000													
Itens da Fatura	Unid.	Quant	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/ COFINS (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	% Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Tarifa Unit (R\$)	Tributo	Base de Cálc.(R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
Consumo em kWh - Ponta	KWH	529,99	2,993150	1.586,34	80,05	1.586,34	17	269,67	2,333280	PIS	34.502,42	1,0845	374,18
Consumo em kWh - Fora Ponta	KWH	50.913,45	0,490480	24.972,88	1.260,23	24.972,88	17	4.245,39	0,382360	COFINS	34.502,42	4,9955	1.723,55
Energia Atv Injetada - Fora Ponta	KWH	19.866,00	0,490480	-9.744,21	-491,73	-9.744,21	17	-1.656,51	0,382360	ICMS	37.607,28	17,00	6.393,23
Energia Reativa Exced em KWh - Ponta	UN	385,88	0,344490	132,93	6,71	132,93	17	22,60	0,268550				
Energia Reativa Exced em KWh - Fponta	UN	15.761,55	0,344490	5.429,85	274,00	5.429,85	17	923,07	0,268550				
Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	KW	412,65	36,906570	15.229,49	768,54	15.229,49	17	2.589,01	28,770000				
Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	KW	107,35	30,632450	3.288,39	199,93		0	0,00	28,770000				
										Demanda ponta - kW			
										Demanda fora ponta - kW			520

Fonte: Energia (2022).

A unidade operou com um consumo bastante elevado, de 91.892,43 kWh, valor este maior que o consumo em agosto de 2021 onde a unidade teve o consumo de 71.750 kWh, e ao de agosto de 2020 no valor de 57.750 kWh. A geração mensal foi de 59.997 kWh, valor esse insuficiente para compensar todo o consumo do mês, de 91.892,43 kWh.

No final foi faturado 31.047,45 kWh Fora Ponta do cliente, no valor de R\$ 15.228,67. Também foi faturado um valor de 529,99 kWh Ponta no valor de R\$ 1.586,34. Não houve saldo de geração na FP e P. Os reativos foram bem elevados novamente, no valor de 16.127,43 kVArh, R\$ 5.562,58. O reativo no mês de agosto de 2020 e 2021 respectivamente foram de: 4375 kVArh e 0 kVArh.

Gráfico 8 - Balanço energético de agosto.22



Fonte: elaborado pelo autor.

4.3 Análise e discussão dos resultados

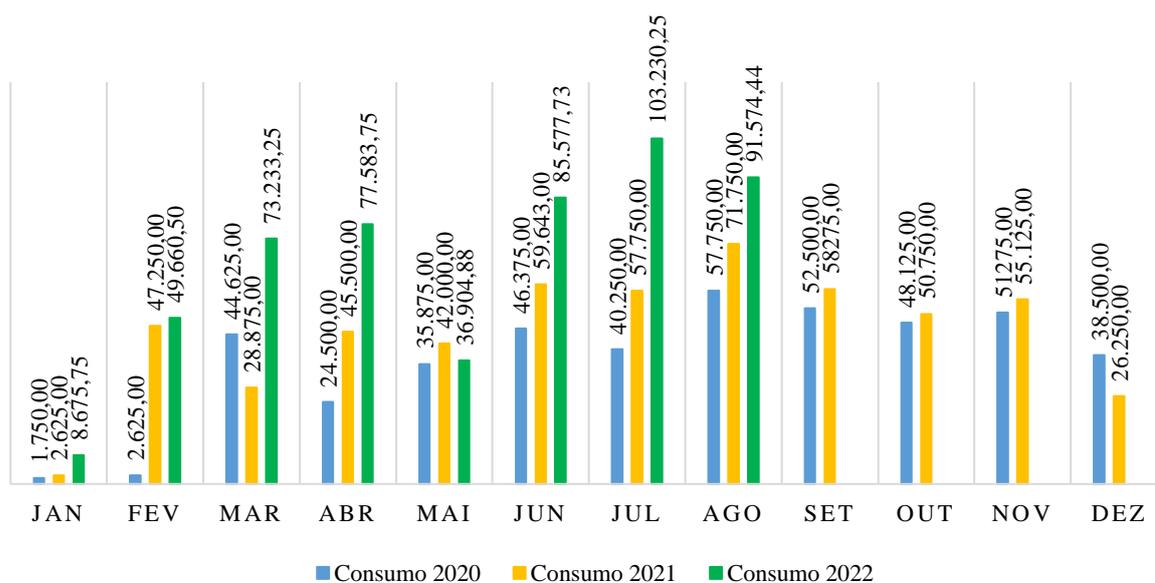
Primeiramente, foi realizado um comparativo do consumo da unidade entre os anos de 2020, 2021 e 2022, como demonstrado nas figuras abaixo:

Figura 38 - Comparação consumo 2020 x 2021 x 2022

Referência da Fatura Energisa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Consumo 2020	1.750,00	2.625,00	44.625,00	24.500,00	35.875,00	46.375,00	40.250,00	57.750,00	52.500,00	48.125,00	51.275,00	38.500,00
Consumo 2021	2.625,00	47.250,00	28.875,00	45.500,00	42.000,00	59.643,00	71.750,00	71.750,00	58.275,00	50.750,00	55.125,00	26.250,00
Consumo 2022	8.675,75	49.660,50	73.233,25	77.583,75	36.904,88	85.577,73	103.230,25	91.574,44				

Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 9 - Comparativo do consumo 2020 x 2021 x 2022



Fonte: elaborado pelo autor.

Houve uma elevação considerável no consumo de energia na unidade consumidora no ano de 2022, especialmente a partir do mês de março. Através de uma conversa com o gerente da pedreira e com o electricista responsável foi questionado sobre o aumento de consumo e foram coletadas informações cruciais que resultaram nos valores observados.

De acordo com os entrevistados, a partir de março, a pedreira passou a trabalhar 20hrs em alguns dias da semana, e que antes disso a pedreira trabalhava apenas no horário comercial. A segunda informação coletada foi a aquisição e instalação de um novo britador de 200cv na pedreira, que eleva consideravelmente o consumo da unidade.

4.3.1 Análise do consumo *versus* geração de energia

- **2021**

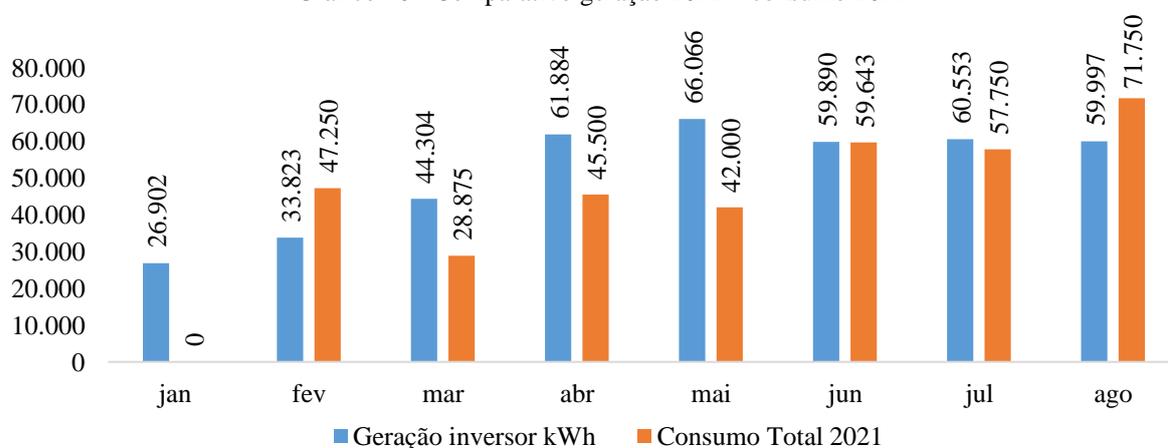
Analisando o estudo da geração de 2022 para verificar se iria conseguir suprir o consumo de 2021, com a finalidade de verificar se a usina atenderia o consumo da unidade caso não tivesse acontecido esse aumento no consumo de energia.

Figura 39 - Comparativo geração 2022 x consumo 2021

Referencia da Fatura Energisa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Geração Inversor kWh	26.902,00	33.823,00	44.304,00	61.884,00	66.066,00	59.890,00	60.553,00	59.997,00
Consumo Total 2021	-	47.250,00	28.875,00	45.500,00	42.000,00	59.643,00	57.750,00	71.750,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 10 - Comparativo geração 2022 x consumo 2021



Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se ver que a geração de energia estava em um patamar parecido com o consumo de energia da unidade em 2021. O consumo de 2021 foi de 545.793 kWh enquanto o de 2020 foi de 444.150 kWh. O consumo de 2021 foi aproximadamente 23% maior que o de 2020. A usina foi projetada para suprir a unidade em caso de um aumento para até 652.279 kWh, ou seja, seria o suficiente para suprir o consumo de 2021 no valor de 545.793 kWh.

- **2022**

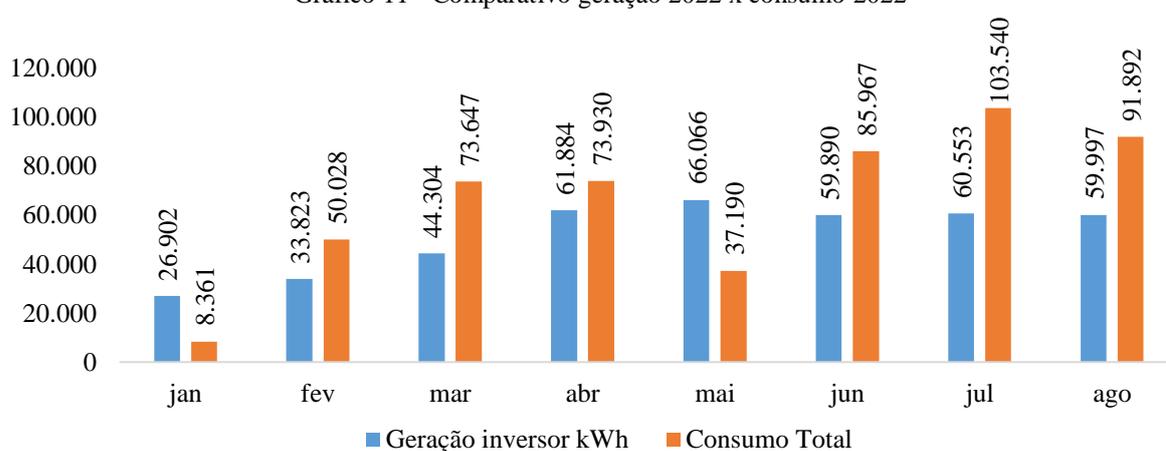
Anteriormente, foi feita a comparação entre a geração de 2022 com o consumo de 2022, porém através de um estudo mês a mês. Foi feito agora esse estudo, porém, comparando o ano de 2022 inteiro, até o momento.

Figura 40 - Comparativo geração 2022 x consumo 2022

Referência da Fatura Energisa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Geração inversor kWh	26.902	33.823	44.304	61.884	66.066	59.890	60.553	59.997
Consumo Total	8.360,75	50.028,00	73.646,95	73.930,17	37.189,96	85.967,39	103.539,90	91.892,43

Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 11 - Comparativo geração 2022 x consumo 2022



Fonte: elaborado pelo autor.

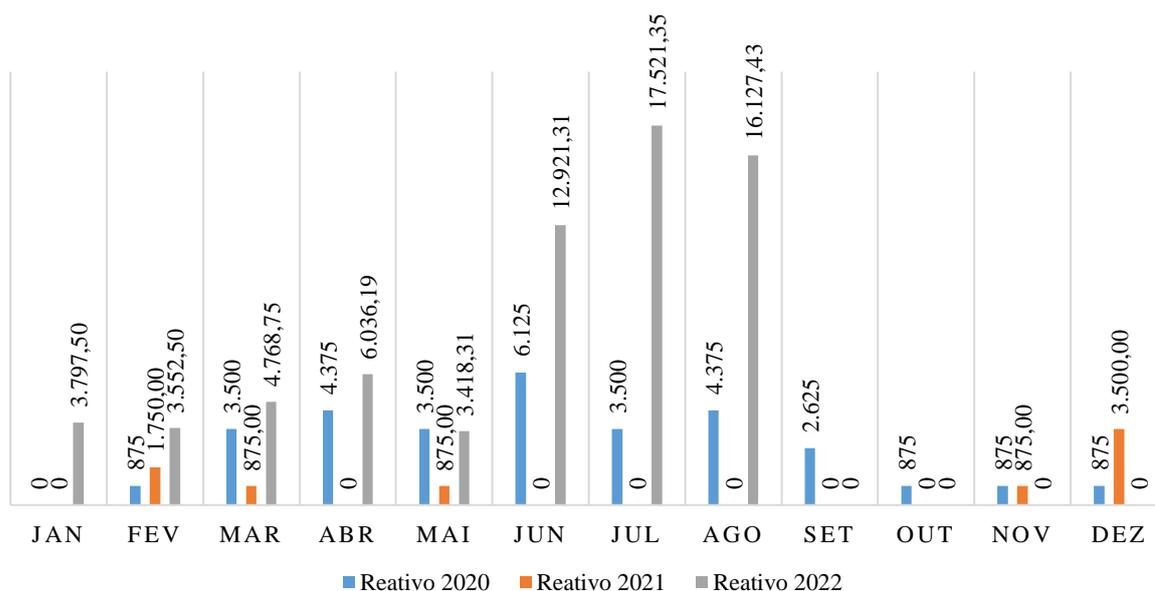
Atualmente fazendo uma média do consumo do cliente, sob esse novo padrão de operação da pedreira e mais o britador novo, temos uma média de consumo de 865.022,26 kWh para o ano de 2022. Valor este que ultrapassa o valor que a usina foi projetada para gerar. Para poder suprir o padrão de consumo atual da unidade, seria necessário uma usina com a capacidade de suprir por ano o valor de 212.743,26 kWh.

Porém, o padrão é construir uma usina pensando em um futuro aumento de carga para a unidade. Normalmente este valor é 30% maior que o consumo total atual. Dessa forma, uma usina de na verdade 472.249,938 kWh.

4.3.2 Análise dos reativos da unidade

Foi feito uma análise da energia reativa da pedreira nos últimos 3 anos, pois a unidade estava com um valor bem elevado de reativo. A seguir tem o gráfico 13 que faz um comparativo da energia reativa em kVarh:

Gráfico 12 - Levantamento de energia reativa 2020 x 2021 x 2022



Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando o gráfico 12, observa-se que houveram problemas com o reativo na unidade, abaixo estão elencados os problemas conhecidos e obtidos através de informações fornecidas pelo eletricista responsável e gerente da pedreira.

Em março foi comprado um novo britador de 200cv, o qual o banco de capacitores precisaria ser ampliado para conseguir suprir reativo capacitivo o suficiente para compensar esse novo britador. Observa-se que a partir de março que o reativo começa a aumentar fora do normal.

Em junho, o banco de capacitores sofreu com algum problema, e necessitou de uma manutenção que ainda não foi realizada, desta forma, somando o novo britador e mais o mal funcionamento do banco de capacitores, resultaram em valores de reativos muito maiores que o padrão que a unidade estava acostumada a medir.

5 Considerações finais

No geral, o objetivo deste trabalho era de fazer um levantamento de todos os elementos que estavam irregulares e causando um aumento significativo em reais nas faturas mensais de energia da UC. Os principais elementos fora do padrão e dessa forma, os principais causadores no aumento em reais da fatura de energia eram o consumo faturado e a energia injetada. Dessa forma foi feita uma análise também do desempenho da UFV.

Observando aquela quantidade de informações todas juntas na fatura, e olhando para todas juntas, realmente não era fácil de identificar onde estariam os problemas. Dessa forma,

fazendo o levantamento mês a mês, acabou sendo um fator crucial para identificar quais eram os elementos problemáticos da unidade.

Analisando mês a mês, acabou revelando que a usina fotovoltaica apesar de todos os problemas que teve de desempenho, ainda estava entregando mais energia do que o prometido na venda do sistema para o cliente assim como mostra explicitamente nas análises de todos os meses agrupados, onde foi mostrado que caso a unidade tivesse mantido o consumo dentro dos padrões do período usado como referência para o dimensionamento da usina (2021) a usina que gerou 652.279 kWh teria conseguido suprir todo o consumo no valor de 545.793 kWh, e ainda estaria sobrando sendo o suficiente para caso o proprietário quisesse aumentar seu consumo em até 19,5% em média.

Conclui-se que será necessário o dimensionamento de uma nova usina fotovoltaica, de acordo com o apresentado nos resultados seria necessário uma usina com capacidade de gerar 212.743,26 kWh para suprir a carga atual, entretanto, que o ideal seria uma usina com capacidade de gerar 472.249,938 kWh.

Quanto aos problemas dos reativos, foi constatado que de fato houve um aumento expressivo nos reativos, e principalmente nos meses de junho, julho e agosto onde o faturamento de reativos ultrapassa o valor de R\$ 4.451,15. Sendo isso um valor inadmissível, considerando que o proprietário da unidade consumidora já fez um investimento anteriormente para que houvesse o mínimo de faturamento de reativos possíveis. Assim sendo, foi concluído que seria necessário apresentar os dados deste estudo à empresa que vendeu os bancos de capacitores, para que os mesmos pudessem realizar uma avaliação in loco e verificar quais medidas seriam tomadas para voltar a faturar o mínimo possível de energia reativa excedente.

Como sugestões para trabalhos futuros, é interessante realizar uma análise da viabilidade de fazer uma nova usina fotovoltaica, financeiramente e tecnicamente falando. Caso seja concluído que sim, poderia fazer o dimensionamento e o projeto da mesma para finalmente haver a compensação total do consumo de energia da UC. Outra sugestão de trabalho é realizar um estudo a fundo para entender a origem dos reativos, podendo utilizar um analisador de energia portátil e realizar medições em diversos pontos da carga. No final realizando uma medição na saída do secundário do transformador que alimenta a carga total e dimensionar um aumento dos bancos de capacitores.

REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482, de 07 de abril de 2012**. 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. Brasil, 2012.

AURORA VISION. **Plataforma de Monitoramento do Inversor Fimer**. 2022. Disponível em: <https://www.auroravision.net/>. Acesso em: 10 out. 2022.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL); Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB); Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRESESB, 1999. 204p.

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB). **Potencial Solar**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 01 out. 2022.

ENERGISA. **Segunda via fatura de energia**. 2022. Disponível em: <https://www.energisa.com.br>. Acesso em: 01 out. 2022.

IBGE. **Estimativas da População**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 11 nov. 2022.

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>

PORTAL ENERGIA. **Manual e Guia Técnico de Energia Solar Fotovoltaica**. Programa Comunitário Altener, 2004. 368 p. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2022.

PREFEITURA DE ÁGUA BOA - MT. **História**. Disponível em: <https://aguaboa.mt.gov.br/>. Acesso em: 12 nov. 2022.

RAUSCHMAYER, H. **Manual de Energia Solar**. Rio de Janeiro: Solarize Treinamentos Profissionais Ltda, 2019. 69 p. Disponível em: <https://www.solarize.com.br/>. Acesso em: 07 nov. 2022.

Yin, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.