

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**JEAN DIAS PORTELLA**

**ESTUDO COMPARATIVO DE UM SISTEMA DE MICROGERAÇÃO  
FOTOVOLTAICA: UMA PROPOSTA DE MODELO DE AUDITAGEM**

**Alegrete  
2021**

**JEAN DIAS PORTELLA**

**ESTUDO COMPARATIVO DE UM SISTEMA DE MICROGERAÇÃO  
FOTOVOLTAICA: UMA PROPOSTA DE MODELO DE AUDITAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: José Wagner Kaehler

**Alegrete  
2021**

**JEAN DIAS PORTELLA**

**ESTUDO COMPARATIVO DE UM SISTEMA DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA: UMA PROPOSTA DE MODELO DE AUDITAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 24 de setembro de 2021.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler

Orientador

UNIPAMPA

---

Eng. Jonathan Behrens

EGD

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Natalia Braun Chagas

UNIPAMPA

---

Assinado eletronicamente por **NATALIA BRAUN CHAGAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/09/2021, às 16:56, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais



aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JONATHAN BEHRENS, Usuário Externo**, em 24/09/2021, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JOSE WAGNER MACIEL KAEHLER, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/09/2021, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0622878** e o código CRC **01A55017**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete  
Av. Tiarajú, 810 – Bairro: Ibirapuitã – Alegrete – RS CEP: 97.546-550

Telefone: (55) 3422-8400

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

A481o Portella, Jean Dias

Estudo comparativo de um sistema de microgeração fotovoltaica: Uma proposta de modelo de auditoria.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação) – Universidade Federal do Pampa, BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, 2021.  
"Orientação: José Wagner Kaehler".

1. Engenharia Elétrica. 2. Sistemas Fotovoltaicos. 3. Estudo de caso.

**JEAN DIAS PORTELLA**

Dedico este trabalho a todos que de alguma forma se fizeram presente nessa jornada.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente minha mãe e meu pai por todo apoio durante todos esses anos e com certeza pelo apoio que darão nos anos que ainda estão por vir, sem vocês nada disso seria possível, amo muito vocês.

Também agradeço meu irmão Joner e minha irmã Juliane e suas famílias, vocês sempre estiveram comigo e sempre estarão.

Minha tia Cinara, tio Rodrigo e Helena, acompanharam o início de tudo e sempre estarão comigo em minha vida.

Não posso deixar de dedicar um espaço ao meu gato Zé, que mesmo sem nunca dizer uma única palavra sempre demonstrou um verdadeiro amor e muito companheirismo nas noites de estudo.

De todos amigos que fiz nessa caminhada não posso deixar de agradecer especialmente ao Vinicius e o Pietro, dois irmãos de mães diferentes que o destino colocou em minha vida, que estiveram sempre ao meu lado independentemente de a situação estar ruim ou boa. Amo vocês meus irmãos.

Todos os demais amigos que me acompanharam nessa jornada como Maria Eduarda, Ivan, Pedrinho, Diovana, Nadine, Gabriele, Raul, Shianne, Jonathan, Leonardo, Felipe, Adão, Eduardo, Alessandra, Caroline, e dentre outros que com certeza acabei esquecendo de citar, mas não deixam de ter sua importância.

A todos professores que tive durante a formação e que sempre levarei como referência para a vida, em especial meu orientador José Wagner que se tornou um amigo desde o primeiro semestre da faculdade e a professora Natália que sempre em que precisei ela se fez presente, seja para ensinar ou confortar.

A todos me viram chegar aqui, muito obrigado!

“O trabalho duro vence o dom natural”.

Rock Lee

## RESUMO

A necessidade de produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis fez com que a geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos esteja cada vez mais presente no planeta. A possibilidade de crescimento e lucratividade nesse novo ramo de atuação proporcionou a migração de profissionais de diversas áreas de trabalho. Em consequência desse movimento e do crescimento descomunal do setor, muitos itens importantes foram deixados de lado ao longo do desenvolvimento do trabalho com sistemas fotovoltaicos. A falta de uma literatura base de referência e profissionais de forte atuação permite que possam ocorrer algumas falhas na implementação de geradores fotovoltaicos que, se feitos de forma incorreta, impactam negativamente tanto o consumidor quanto o setor em si. Com isso, o objetivo do presente trabalho é estabelecer um modelo de auditoria aplicável a diferentes tipos de geradores fotovoltaicos e que atenda todos os requisitos mínimo já pré-estabelecidos, bem como melhorar os déficits das referências atuais buscando otimizar o processo de auditoria.

Palavras-Chave: sistemas fotovoltaicos, desempenho de geração, manutenção de fotovoltaicos, modelo de avaliação.

## **ABSTRACT**

The need to produce electricity from renewable sources has meant that the generation of electric energy through photovoltaic systems is increasingly present on the planet. The possibility of growth and profitability in this new field of activity provided the migration of professionals from different areas of work. As a result of this movement and the huge growth of the sector, many important items were left out during the development of work with photovoltaic systems. The lack of a strong reference literature and professionals opens a gap for failures to occur in the implementation of photovoltaic generators the, if done incorrectly, negatively impact the consumer and the sector itself. Thus, the objective of this work is to establish an auditing model applicable to different types of photovoltaic generators and that meets all the minimum requirements already pre-established, as well improving the deficits of current references, seeking to optimize the auditing process.

Keywords: photovoltaic system, generation performance, photovoltaic maintenance, valuation model.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz Elétrica Brasileira no ano de 2019 .....	15
Figura 2 – Corte transversal de uma célula fotovoltaica .....	18
Figura 3 – Materiais utilizados na fabricação de módulos fotovoltaicos.....	19
Figura 4 – Curva $V \times I$ do módulo Max Power CS6U-325-330-335P .....	20
Figura 5 – Inversor de frequência CSI-3k-TL.....	21
Figura 6 – Fixação de módulos fotovoltaicos em telhado .....	21
Figura 7 – Usina fotovoltaica instalada em solo .....	22
Figura 8 – Estrutura de <i>carport</i> .....	22
Figura 9 – Dados mensais de geração em 2020 .....	29
Figura 10 – Dados mensais de geração em 2021 .....	29
Figura 11 – Imagem via satélite do local de instalação .....	30
Figura 12 – Imagem aérea da instalação .....	31
Figura 13 – Módulos fotovoltaicos instalados .....	31
Figura 14 – Cabeamento CC e aterramento dos módulos .....	32
Figura 15 – Conector MC4 exposto sob o telhado .....	32
Figura 16 – Conector MC4 protegido sob os módulos.....	33
Figura 17 – Estrutura de fixação dos módulos .....	33
Figura 18 – Inversor de frequência.....	34
Figura 19 – Conectores MC4 acoplados ao inversor .....	35
Figura 20 – Stringbox (parte CA).....	35
Figura 21 – Stringbox (parte CC) .....	36
Figura 22 – Dados de corrente e tensão (via monitoramento).....	36
Figura 23 – Corrente no MPPT1 .....	37
Figura 24 – Corrente no MPPT2 .....	37
Figura 25 – Tensão no MPPT1 .....	38
Figura 26 – Tensão no MPPT2 .....	38
Figura 27 – Comparativo dos cabos CC.....	40
Figura 28 – Comparativo de cabos de aterramento .....	40
Figura 29 – Comparativo de conectores MC4 dos módulos .....	41
Figura 30 – Comparativo de estrutura de fixação.....	41
Figura 31 – Gráfico de geração projetada vs geração real .....	42
Figura 32 – Imagem térmica da parte CC da stringbox .....	43

Figura 33 – Imagem térmica do conector MC4 exposto sobre o telhado .....	44
Figura 34 – Imagem térmica dos módulos fotovoltaicos .....	44
Figura 35 – Camada de sujeira sobre um módulo fotovoltaico .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados gerais do gerador fotovoltaico .....	26
Tabela 2 – Índices de geração mensal, total de geração anual e média de geração mensal .....	27
Tabela 3 – Geração mensal prevista .....	27
Tabela 4 – Dados reais de geração de out/20 até jul/21 .....	30
Tabela 5 – Comparativo de geração projetada vs geração real .....	39
Tabela 6 – Relação entre geração real/geração projetada .....	39
Tabela 7 – Comparativo dos valores de tensão e corrente .....	42
Tabela 8 – Relatório final de Auditoria Fotovoltaica .....	46

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CA – Corrente alternada

CC – Corrente contínua

kW – Quilo Watt

kWh – Quilo Watt hora

kWp – Quilo Watt pico

MPPT – Maximum Power Point Traking

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Sistemas Fotovoltaicos</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1.1 Efeito Fotovoltaico</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1.2 Módulos Fotovoltaicos</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1.3 Inversores de Frequência</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2 Estruturas de fixação</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.1 Estruturas para telhado</b> ....	<b>21</b>
<b>2.2.2 Estruturas de solo</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2.3 Estruturas do tipo caport</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3 NBR 16274</b> ....	<b>20</b>
<b>2.3.1 Inspeção e Ensaio de Comissionamento</b> ... ..	<b>20</b>
<b>2.3.2 Procedimentos de Ensaio</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3.3 Relatórios de verificação e Avaliação do desempenho</b> .....	<b>20</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 Coleta de dados técnicos</b> ... ..	<b>24</b>
<b>3.2 Coleta de dados reais</b> ... ..	<b>25</b>
<b>3.3 Vistoria do local de instalação</b> ... ..	<b>25</b>
<b>3.4 Análise comparativa das informações</b> ... ..	<b>25</b>
<b>3.5 Parecer final</b> .....	<b>25</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1 Coleta de dados técnicos</b> ... ..	<b>26</b>
<b>4.1.1 Componentes e potência do gerador</b> ... ..	<b>26</b>
<b>4.1.2 Índices de geração</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1.3 Perdas do sistema</b> .....	<b>27</b>

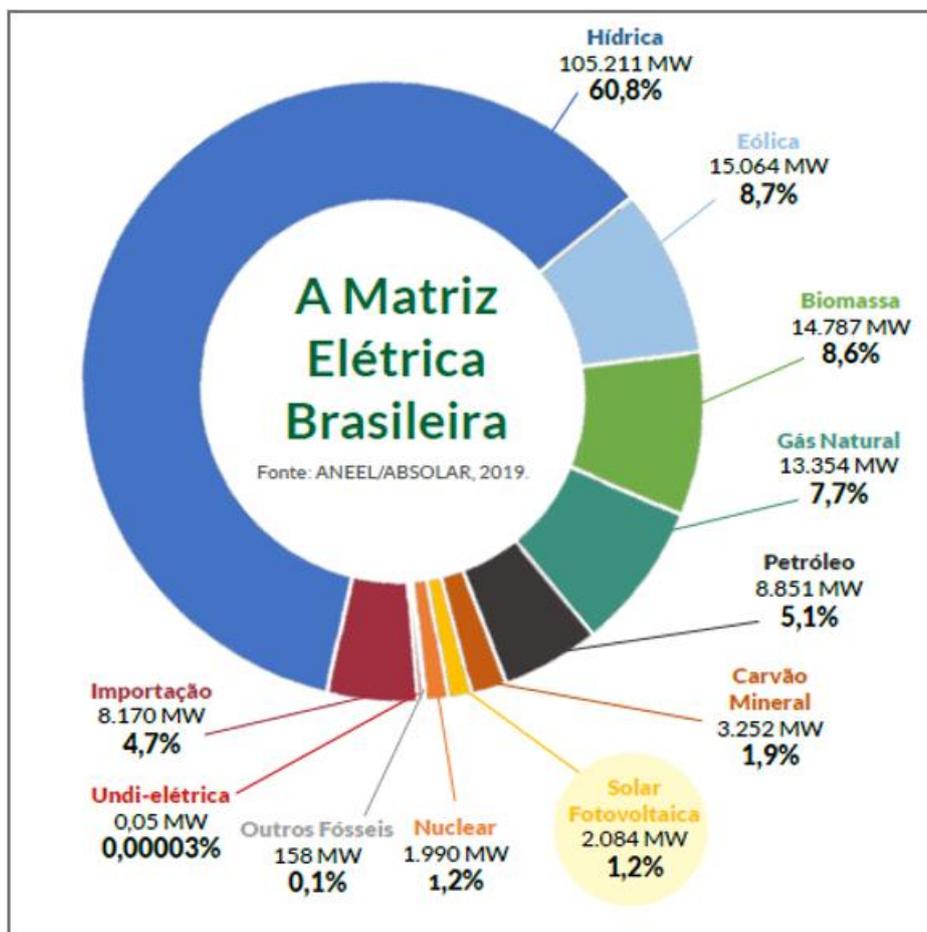
<b>4.2 Coleta dos dados reais .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3 Vistoria do local de instalação .....</b>	<b>30</b>
<b>4.4 Análise comparativa das informações ... ..</b>	<b>39</b>
<b>4.4.1 Análise de geração.....</b>	<b>39</b>
<b>4.4.2 Análise dos componentes físicos.....</b>	<b>39</b>
<b>4.5 Parecer final .....</b>	<b>42</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios do fornecimento da energia elétrica a quantidade de consumidores cresceu de forma acelerada e, conseqüentemente, a necessidade de geração de energia acompanha esse aumento.

Com um padrão de geração predominantemente feito por usinas hidrelétricas, o Brasil apresentou no ano de 2016 uma capacidade instalada de geração de 150.338 MW, sendo deste montante cerca de 61% produzido por usinas hidrelétricas (Figura 1) (Anuário Estatístico de Energia Elétrica, 2017). Por essa prevalência da geração hidrelétrica e a instabilidade no abastecimento de barragens devido a variação das condições climáticas, o preço pago pelo fornecimento de energia é variável dentro território nacional.

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira no ano de 2019. Fonte: ABSOLAR (2019, não paginado)



Buscando alternativas para suprir a carência de geração em épocas de secas e diminuir o monopólio das usinas hidrelétricas, novas formas de geração por meio

de fontes renováveis vem ganhando cada vez mais destaque. Dentre eles destaca-se os sistemas de geração fotovoltaica que, desde a Resolução Normativa nº 482/12 publicada pela Agência Nacional de energia Elétrica – ANEEL, vem aumentando sua capacidade instalada chegando até 2,4 GW de produção até maio de 2019, sendo metade deste montante instalado somente no ano de 2018 (ABSOLAR, 2019).

Sistemas de geração fotovoltaicas são sistemas que utilizam da luz fornecida pelo Sol e através do efeito fotovoltaico geram uma corrente elétrica (CRESESB). Essa transformação ocorre nos módulos fotovoltaicos, compostos normalmente por células de silício, e a corrente gerada (de forma contínua) é entregue a um inversor de corrente para então ser inserida na instalação ou na rede de distribuição de energia.

Pelo enorme crescimento do setor de geração distribuída ao longo últimos anos, o número de sistemas de micro e mini geração fotovoltaica tem cada vez mais batido recordes de potência instalada.

Apesar de o setor ainda ser considerado novo, se comparado a outros setores de engenharia, inúmeras empresas surgiram e especializaram-se na instalação de geradores fotovoltaicos. Porém, algo que se identifica evolutivamente é a falta de orientação quanto a manutenção dos geradores fotovoltaicos já instalados há algum tempo, sendo o setor em si, de certa forma, precário tanto em bibliografia quanto em profissionais de referência no tema.

Existem hoje a REN ANEEL 482/2012 e NBR 16274/2014, que são as normativas que regem como um todo a instalação e execução de sistema de geração fotovoltaica. Mesmo sem muita atualização, a NBR 16274 ainda é o documento mais completo quando se trata de auditoria de sistemas fotovoltaicos. E mesmo com a existência de pesquisas acerca de índices desempenhos de geradores fotovoltaicos (Chioncel, 2017), acompanhamentos da performance ao longo de anos de execução de um sistema fotovoltaico (Lufft, 2017) e estudos do monitoramento da degradação de sistemas fotovoltaicos (Paudyal, 2015), os modelos atuais de auditoria se demonstram inviáveis de executar de uma maneira ampla e acessível para os diversos tipos de cases de sistemas fotovoltaicos.

Considerando isso, o presente trabalho tem como propósito geral obter um modelo de auditoria que seja de fácil aplicação para todos os diversos tipos de geradores fotovoltaicos por meio de uma análise detalhada. Especificamente, se busca identificar pontos a serem melhorados nos modelos de auditoria já

existentes sem que sejam perdidas as informações fundamentais como análises de geração e desempenho, análises dos desgastes estruturais, modelos de ensaio, análise da degradação dos componentes e, uma vez que executado e melhorado o estudo, entregar para o proprietário uma análise simples e objetiva do cenário atual de seu gerador fotovoltaico.

Para isso a metodologia proposta buscará atender todos os detalhes citados, trabalhando acerca de um gerador fotovoltaico instalado em baixa tensão já instalado, com 10 meses já em operação, a fim de determinar seu desempenho em relação a geração e o estado atual da instalação, tendo o ponto de vista pós comissionamento.

## 2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

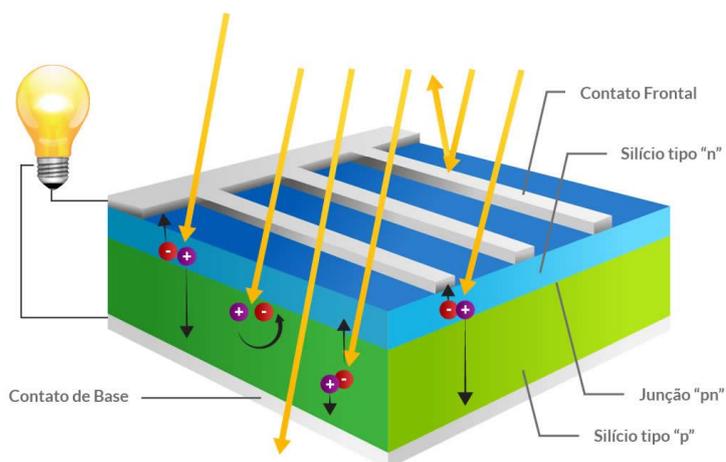
### 2.1 Sistemas Fotovoltaicos

Como já citado, sistemas fotovoltaicos são sistemas de geração de energia elétrica que dependem da incidência de raios solares e por meio do efeito fotovoltaico produzem uma corrente elétrica, estando esta presente nos sistemas de distribuição e sendo a principal fonte de funcionamento de grande parte dos aparelhos elétricos e eletrônicos de uso cotidiano.

#### 2.1.1 Efeito Fotovoltaico

Trata-se da conversão da energia solar em energia elétrica através da absorção da radiação solar por um material semiconductor presente nas células fotovoltaicas (Figura 2) (Passos, 2016).

Figura 2 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica. Fonte: WGSol (2019, não paginado)

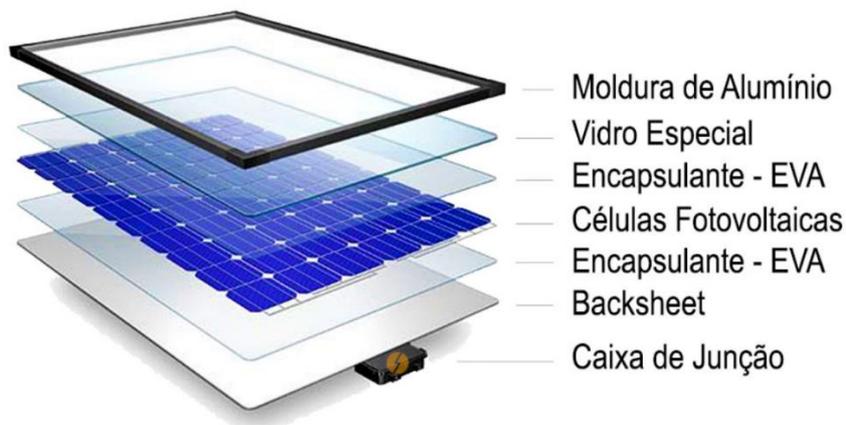


A incidência de luz solar sobre a célula fotovoltaica causa a liberação de elétrons que orientados pelo campo elétrico presente na junção tipo  $pn$ , formam a corrente elétrica. Essa corrente tem amplitude proporcional à radiação solar, portanto quanto maior a incidência de raios solares maior será a corrente (StromBrasil, 2020).

## 2.1.2 Módulos Fotovoltaicos

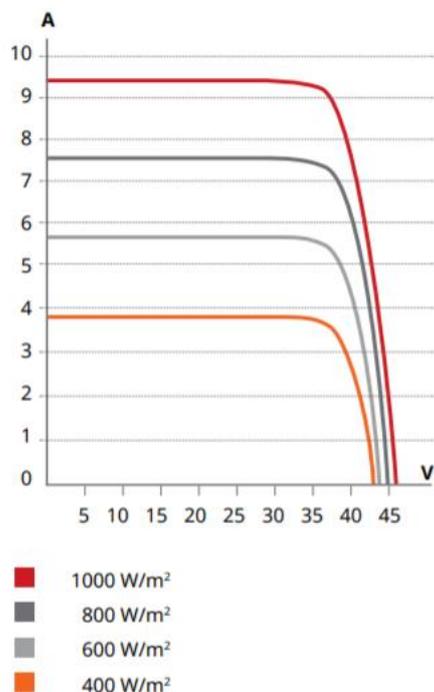
São estruturas (Figura 3) formadas pela associação de células fotovoltaicas ligadas em série, a fim de manter o valor da corrente e aumentar o valor final de tensão. A tensão nominal do módulo será igual ao produto do número de células que o compõe pela tensão de cada célula (cerca de 0,5V) (SolarBrasil, 2017).

Figura 3 - Materiais utilizados na fabricação de módulos fotovoltaicos. Fonte: Portal Solar (2019, não paginado)



O comportamento da conversão de energia de um módulo fotovoltaico pode ser analisado a partir da curva  $V \times I$  (Figura 4), que relaciona tensão (volts) e corrente (amperes) do módulo, e conseqüentemente mostra a influência da incidência de raios solares sobre o módulo fotovoltaico visto que a corrente gerada é proporcional ao índice e incidência desses raios (dada em Watts por metros quadrados).

Figura 4 - Curva  $V \times I$  do módulo MaxPower CS6U-325-330-335P. Fonte: Canadian Solar (2018, datasheet do produto)



### 2.1.3 Inversores de Frequência

São os equipamentos responsáveis em transformar a corrente contínua gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente alternada a ser injetada na instalação do sistema (Figura 5).

Utilizam componentes eletrônicos de potência para fazer o chaveamento dos fluxos de corrente de forma que se obtenha uma corrente senoidal como sinal de saída (Passos, 2016). Também são responsáveis por manter os sinais de tensão e corrente de saída na mesma frequência dos valores presentes na rede de distribuição de energia elétrica pelo fato da energia excedente da geração ser injetada na rede nos casos de sistemas interligados à rede elétrica (*on-grid*). Em aparelhos mais sofisticados também se faz presente o monitoramento de geração do sistema em tempo real que, em alguns casos, pode ser acompanhado via aplicativos e sites de monitoramento específicos do produto.

Figura 5 - Inversor de frequência CSI-3K-TL. Fonte: Canadian Solar (2018, datasheet do produto)



## 2.2 Estruturas de fixação

Existem predominantemente três tipos de estrutura de fixação de geradores fotovoltaicos: estruturas para telhados, estruturas de solo e estruturas do tipo *carpot*.

### 2.2.1 Estruturas para telhado

Sendo o tipo mais comum de estruturas utilizados, devido ao aproveitamento de um espaço já existente, é possível ser adaptado para diferentes tipos de telhado de acordo com a necessidade.

Figura 6 - Fixação de módulos fotovoltaicos em telhado



### 2.2.2 Estruturas de solo

São utilizadas predominantemente para usinas de minigeração, onde a demanda de espaço para alocação dos módulos fotovoltaicos é de maior porte.

*Figura 7 - Usina fotovoltaica instalada em solo*



### 2.2.3 Estruturas do tipo carport

São soluções de estruturas utilizados para suprir uma necessidade específica da instalação, utilizada comumente em estabelecimentos comerciais.

*Figura 8 - Estrutura de carport*



## 2.3 NBR 16274

Elaborada no ano de 2014 e intitulada “Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho”, a NBR 16274 traz como premissa estabelecer “[...] as informações e a documentação mínimas que devem ser compiladas após a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede. [...] A Norma também pode ser utilizada para verificações periódicas e avaliação do desempenho de sistemas fotovoltaicos conectados à rede.” (NBR 16274, 2014).

Com uma introdução breve de referências, termos e definições e requisitos de documentação do sistema, a Norma apresenta em seu **Item 5** um escopo de Inspeção que serve de base para todo tipo de vistoria em um sistema de energia fotovoltaico.

### 2.3.1 Inspeção e Ensaios de Comissionamento

Apresentados nos **Itens 5.2 e 5.3** da NBR 16274, respectivamente, a Inspeção e os Ensaios de Comissionamento são definidos em subitens afim de definir um passo-a-passo técnico de procedimentos base para a avaliação de desempenho de um gerador fotovoltaico.

São 33 etapas de verificação presentes na Inspeção e 16 etapas de Ensaios e Comissionamento.

### 2.3.2 Procedimentos de Ensaios

Dispostos entre o **Item 6, Item 7 e Item 8**, a Norma apresenta três modelos diferentes de procedimentos para ensaio em sistemas fotovoltaicos.

Contando com sete etapas no Item 6, duas etapas no Item 7 e quatro etapas no Item 8, os ensaios apresentados na Norma verificam desde a continuidade dos condutores (Item 6), medições de curvas como *IV* (Item 7) até ensaios de tensão de solo (Item 8).

### 2.3.3 Relatórios de verificação e Avaliação do desempenho

Os **itens 9 e 10** apresentados na Norma trazem modelos de relatório a serem apresentados ao final da vistoria do sistema, bem como modelos de avaliação do desempenho global do sistema que possuam um ou múltiplos inversores em sua instalação.

### 3 METODOLOGIA

Tendo como base a NBR 16274, a proposta do presente trabalho busca uma alternativa que abranja de uma forma objetiva e precisa todos os itens de inspeção e avaliação de um sistema fotovoltaico. Também se busca adicionar melhorias nos modelos de avaliação com base na bibliografia de pesquisas estudadas.

A metodologia proposta seguirá uma etapa de passos a serem seguidos que consistem em um primeiro estudo dos dados teóricos até uma análise detalhada dos componentes físicos do gerador fotovoltaico.

Os passos a serem seguidos foram:

- 1) Coleta de dados técnicos: obter os dados bases que foram utilizados para o dimensionamento do gerador, como perdas adotadas, irradiância média do local, desempenho global do sistema, etc;
- 2) Coleta dos dados reais: obter através do sistema de monitoramento do gerador fotovoltaico os históricos de geração diária, mensal e anual;
- 3) Vistoria do local de instalação: uma visita técnica ao local da instalação para a coleta de imagens e demais informações necessárias;
- 4) Análise comparativa das informações: um estudo comparativo entre os dados técnico e reais de geração, comparação do estado de degradação dos componentes físicos, inspeção da estrutura de fixação, avaliação dos itens de conexão e cabeamento (tanto CC quanto CA) e análise final de desempenho;
- 5) Parecer final: um parecer com o resumo de todos os dados coletados e a análise final do desempenho do sistema.

Tabela 1 - Comparativo de Abordagens (Metodologia vs Norma)

Comparativo de Abordagens	
Etapa da Metodologia	Item da Norma
1) Coleta de dados técnicos	4 - Requisitos de documentação do sistema
Objetivo: Listar a documentação mínima fornecida para a instalação de um gerador fotovoltaico. Obter dados como quantidade de módulos, potência de inversores, tipos de estruturas de fixação, dados base de geração, perdas adotadas no dimensionamento do gerador, dados de previsão de geração mensais.	
2) Coleta de dados reais	5 - Verificação, 6 - Procedimentos de ensaios (1), 7 - Procedimentos de ensaios (2) e 8 - Procedimentos de ensaios (3)
Objetivo: Obter os dados reais de geração via monitoramento do gerador fotovoltaico, conhecer as características atuais do gerador instalado, verificar tanto a parte CC quanto CA da instalação do inversor, reconhecer os componentes utilizados para a instalação do gerador fotovoltaico.	
3) Vistoria do local de instalação	6 - Procedimentos de ensaios (1), 7 - Procedimentos de ensaios (2) e 8 - Procedimentos de ensaios (3)
Objetivo: Reforçar a etapa anterior com uma vistoria <i>in loco</i> , registrar fotograficamente todas as partes da instalação: cabeamentos (CC e CA), estruturas de fixação, inversores, módulos, conectores. Registrar todos itens relevantes que possam afetar o desempenho do gerador FV.	
4) Análise comparativa das informações	9 - Relatórios de verificação e 10 - Avaliação de desempenho
Objetivo: Comparar os dados das etapas 1) e 2), analisar o desempenho do gerador comparado ao dimensionamento prévio, analisar de forma sucinta as estruturas físicas do gerador: cabeamentos, conectores, inversores, estruturas de fixação.	
5) Parecer final	9 - Relatórios de verificação e 10 - Avaliação de desempenho
Objetivo: Emitir um parecer final que relate de forma objetiva o estado atual do gerador fotovoltaico e indicar recomendações para melhoria do gerador fotovoltaico.	

O passo 1 tem a finalidade de abranger todo Item 4 da Norma NBR 16274.

O passo 2 tem a finalidade de abranger todo o Item 5 e parte dos Itens 6, 7 e 8 da Norma.

O passo 3 tem o intuito de reforçar os ensaios demonstrados nos itens 6, 7 e 8 da Norma.

Os passos 4 e 5 unificam os itens 9 e 10 da Norma bem como seus procedimentos e anexos.

Sem que haja a perda de precisão nos ensaios e avaliações executados, os itens a seguir descrevem como serão feitas as etapas.

### **3.1 Coleta de dados técnicos**

Os dados obtidos nessa etapa serão a base para o estudo de caso do gerador fotovoltaico.

Dentre os dados a serem obtidos, algumas informações serão essenciais como: geração média projetada, orientação e inclinação adotados, perdas elétricas adotadas, desempenho de equipamentos pré-definidos, demais perdas adotadas.

### **3.2 Coleta de dados reais**

Os dados reais do sistema servirão para definir o desempenho do gerador fotovoltaicos. A partir deles serão gerados gráficos comparativos e então elaborado a base do relatório de desempenho.

### **3.3 Vistoria do local de instalação**

Com uma visita técnica ao local serão obtidos a imagens das condições reais do gerador fotovoltaico.

Serão analisados de forma técnica e visual alguns aspectos que influenciam na geração do sistema como estado de conservação da limpeza dos módulos fotovoltaicos, existência ou não de sombreamento no local, medições de tensões tanto do inversor quanto do arranjo de módulos, avaliação do estado da estrutura de fixação, avaliação do cabeamento do gerador, avaliação de demais componentes elétricos do gerador.

Das avaliações dos componentes físicos devem-se atentar os detalhes de (Anexo 1):

- Estrutura de fixação: condição das estruturas metálicas de fixação, verificar a existência de rachaduras no metal, verificar de forma manual se a estrutura cede quando uma força externa é aplicada, verificar os grampos que prendem os módulos quanto a sua fixação.
- Cabeamento: verificar a existência de rompimento em qualquer tipo de cabo (seja CC ou CA), verificar se os cabos estão tensionados ou com muita “folga”.
- Conectores: verificar manualmente a crimpagem dos conectores, verificar a existência de sujeira nas extremidades dos conectores, verificar a existência de ranhuras e/ou quebras nos conectores.
- Módulos: verificar a existência de ranhuras e/ou quebras no vidro de proteção dos módulos, verificar o perfil metálico que reveste o módulo.
- Inversor: verificar a condição do local da instalação (se é ventilado, se é abrigado da chuva, por exemplo), verificar o aquecimento do inversor, verificar se danos físicos foram causados ao inversor (o que pode indicar má instalação ou mau uso).
- Stringbox: verificar se as conexões dos cabos estão bem fixadas, verificar se a fiação está bem alocada dentro da caixa de proteção, verificar os níveis de tensão nas conexões.

### **3.4 Análise comparativa das informações**

Após a obtenção de todas as informações necessárias serão elaborados modelos comparativos, tanto de dados de geração quanto dados estruturais.

Serão criados métodos de avaliação de desempenho e qualidade para que enfim seja feita uma definição do estado atual do gerador fotovoltaico.

### **3.5 Parecer final**

Por fim, será criado um modelo de apresentação dos resultados dos estudos feitos na etapa anterior para a demonstração dos resultados obtidos.

## **4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Conforme o estudo se desenvolveu, todos os tópicos posteriormente expressos descrevem o andamento conforme os passos já previamente citados.

### **4.1 Coleta de dados técnicos**

Os dados prévios para o dimensionamento do gerador fotovoltaico foram:

#### **4.1.1 Componentes e potência do gerador**

O quantitativo de módulos fotovoltaicos e inversores, juntamente com a potência de cada componente, está expresso na Tabela 2.

*Tabela 2 – Dados gerais do gerador fotovoltaico*

Potência Total (kWp)	4,02
Quantidade de módulos	12
Potência dos módulos (Wp)	335
Quantidade de inversores	1
Potência dos inversores (kW)	5

#### **4.1.2 Índices de geração**

Os índices de geração utilizados para o dimensionamento do gerador fotovoltaicos são expressos na Tabela 3.

*Tabela 3 – Índices de geração mensal, total de geração anual e média de geração mensal*

<b>Geração média mensal</b>	<b>kWh/kWp</b>
jan	155,93
fev	129,63
mar	130,75
abr	104,22
mai	80,22
jun	66,42
jul	72,31
ago	88,58
set	105,93
out	126,9
nov	151,79
dez	157,84
Total anual	1370,52
Média mensal	114,21

A geração esperada mensalmente está apresentada na Tabela 4.

*Tabela 4 – Geração mensal prevista*

<b>Geração mensal prevista</b>	<b>kWh</b>
jan	627
fev	521
mar	526
abr	419
mai	322
jun	267
jul	291
ago	356
set	426
out	510
nov	610
dez	635

#### **4.1.3 Perdas do sistema**

As perdas adotadas para o dimensionamento do gerador fotovoltaico, obtidas a partir de simulações via software, foram as perdas no cabeamento, perdas nos módulos, perdas por sujeira e perdas por envelhecimento.

Para o cabeamento os padrões adotados foram:

- Resistência do cabeamento CC: 530,3  $\Omega$ ;
- Perdas em STC: 1,50%;
- Comprimento do cabeamento até o inversor: 25m;
- Bitola do cabeamento até o inversor: 6mm<sup>2</sup>.

Para os módulos os padrões adotados foram:

- Perda de eficiência: -0,8%
- Perda de potência ao conectar no inversor 1%;
- Perda quando tensão fixada: 2,5%;

Já as perdas por envelhecimento adotadas foram:

- Fator médio de degradação: 0,4% a.a.;
- Dispersão  $I_{sc}$  (RMS): 0,4% a.a.;
- Dispersão  $V_{oc}$  (RMS): 0,4% a.a.

Juntamente com essas perdas foi considerado um índice de 2% de perdas por sujeira nos módulos.

## **4.2 Coleta dos dados reais**

Os dados reais de geração do gerador fotovoltaico foram obtidos através da consulta da planta do gerador via sistema de monitoramento do sistema.

As Figuras 9 e 10 demonstram o painel de visualização do sistema de monitoramento para os meses de geração do ano de 2020 e 2021.

Figura 9 – Dados mensais de geração em 2020



Figura 10 – Dados mensais de geração em 2021



Como o sistema ainda não completou 12 meses de funcionamento, será considerado apenas o período de geração de outubro/2020 até julho/2021, totalizando 10 meses.

Para uma melhor visualização dos dados de geração reais foi criado a Tabela 5.

Tabela 5 – Dados reais de geração de out/20 até jul/21

Mês	Geração (kWh)
out/20	586
nov/20	664,6
dez/20	695,2
jan/21	625
fev/21	577,2
mar/21	528,5
abr/21	441,3
mai/21	344,2
jun/21	236,2
jul/21	358,8

### 4.3 Vistoria do local de instalação

Durante a visita ao local da instalação do sistema (Figura 11) foram registradas as imagens de alguns componentes do gerador fotovoltaico e verificados alguns pontos importantes que podem interferir no desempenho de geração.

Figura 11 – Imagem via satélite do local de instalação (Fonte: Google Earth Pro)



Com a imagem obtida via satélite do local para referência da orientação do telhado de instalação foram feitos alguns registros aéreos do local.

*Figura 12 – Imagem aérea da instalação*



Foram registrados os principais equipamentos que ficam expostos no telhado para uma análise comparativa da degradação do material após o período de utilização do gerador.

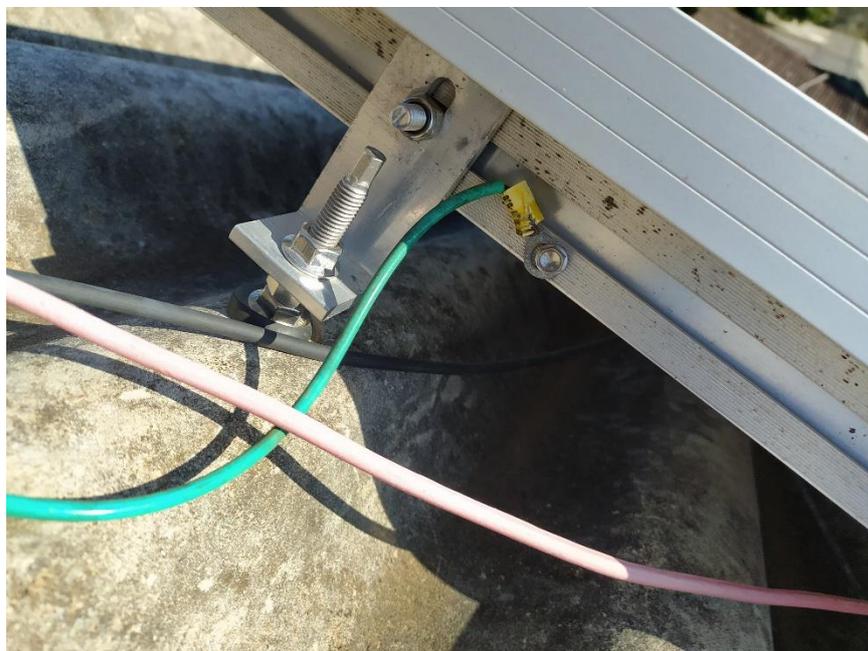
Os módulos fotovoltaicos, principais componentes do sistema, apresentavam uma camada de poeira pouco espessa conforme a Figura 13.

*Figura 13 – Módulos fotovoltaicos instalados*



O cabeamento que está posicionado sobre o telhado não apresentou avarias conforme ilustrado na Figura 14.

*Figura 14 – Cabeamento CC e aterramento dos módulos*



Os conectores MC4 estavam dispostos em duas maneiras: alguns expostos sobre o telhado e outros sob os módulos.

*Figura 15 – Conector MC4 exposto sob o telhado*



*Figura 16 – Conector MC4 protegido sob os módulos*



A estrutura de fixação também foi avaliada e documentada.

*Figura 17 – Estrutura de fixação dos módulos*



Já em solo, foram registradas imagens do inversor, os conectores MC4 conectados ao inversor e a string box.

*Figura 18 – Inversor de frequência*



Figura 19 – Conectores MC4 acoplados ao inversor



Figura 20 – Stringbox (parte CA)



Figura 21 – String box (parte CC)



Das grandezas elétricas que regem o gerador fotovoltaico foram registrados os valores de tensão e corrente fornecidos pelo sistema de monitoramento bem como mensurados esses valores com o auxílio de equipamentos adequados conforme as Figuras 23, 24, 25 e 26.

Figura 22 – Dados de corrente e tensão (via monitoramento)

Dados importantes			
	Tensão (V)	Corrente (A)	POTÊNCIA (W)
PV1	206.2	4.5	947.6
PV2	209.2	4.5	945.7
AC1	220.9	8.4	1857.1
AC2	0.0	0.0	0.0
AC3	0.0	0.0	0.0

Figura 23 – Corrente no MPPT1



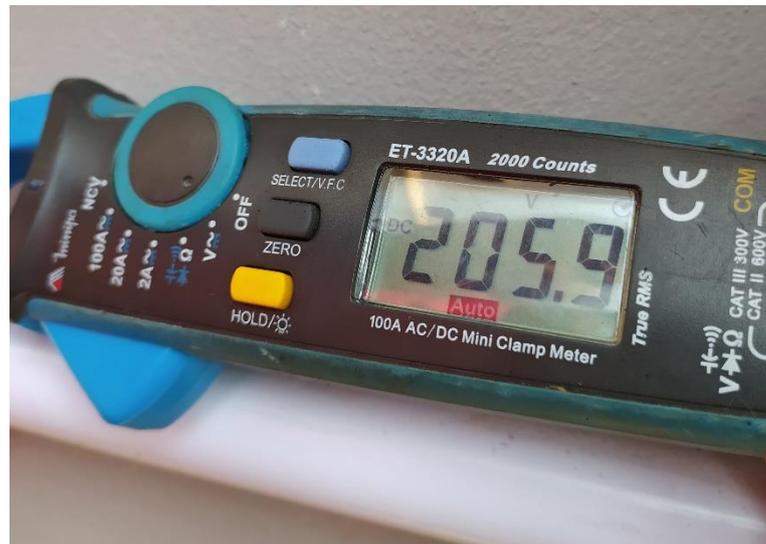
Figura 24 – Corrente no MPPT2



Figura 25 – Tensão no MPPT1



Figura 26 – Tensão no MPPT2



Com todas as informações necessária obtidas, todos os registros fotográficos armazenados e os testes feitos *in loco* realiza-se então a análise comparativa.

#### 4.4 Análise comparativa das informações

Dividida em duas etapas, a análise comparativa fará um estudo das médias de geração projetadas e as médias reais. Posteriormente serão comparados os componentes físicos do gerador com equipamentos novos.

##### 4.4.1 Análise de geração

Uma vez organizados os dados os dados de geração projetados e reais na Tabela 6, alguns pontos podem ser anotados.

*Tabela 6 – Comparativo de geração projetada vs geração real*

Mês	Geração projetada (kWh)	Geração real (kWh)
out/20	510	586
nov/20	610	664,6
dez/20	635	695,2
jan/21	627	625
fev/21	521	577,2
mar/21	526	528,5
abr/21	419	441,3
mai/21	322	344,2
jun/21	267	236,2
jul/21	291	358,8

Nota-se que nos meses de janeiro e junho as gerações projetadas não foram alcançadas. Já nos demais meses a geração projetada foi ultrapassada.

Com isso, comparou-se a relação de geração no período de acordo com a Tabela 7.

*Tabela 7 – Relação entre geração real/geração projetada*

Mês	Relação
out/20	14,90%
nov/20	8,95%
dez/20	9,48%
jan/21	-0,32%
fev/21	10,79%
mar/21	0,48%
abr/21	5,32%
mai/21	6,89%
jun/21	-11,54%
jul/21	23,30%

Chegando a um rendimento global do gerador de aproximadamente 6,83% de geração acima da geração projetada.

#### 4.4.2 Análise dos componentes físicos

Foram comparados os materiais já instalados no local com materiais novos para a identificação visual de possíveis avarias.

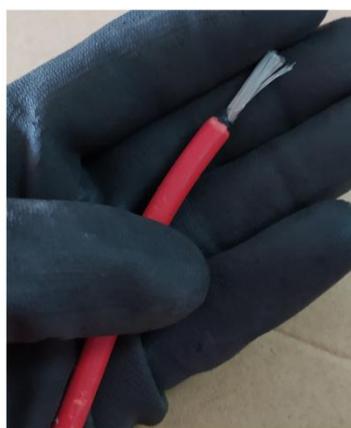
Para vias de estudo foram comparados os cabamentos de corrente contínua, cabamentos de aterramento dos módulos, conectores MC4, estruturas de fixação e inversor.

A Figura 27 demonstra o comparativo dos cabamentos CC do gerador fotovoltaico (a) e nota-se que não há depreciação do material se comparado a um cabo novo (b).

*Figura 27 – Comparativo dos cabos CC*



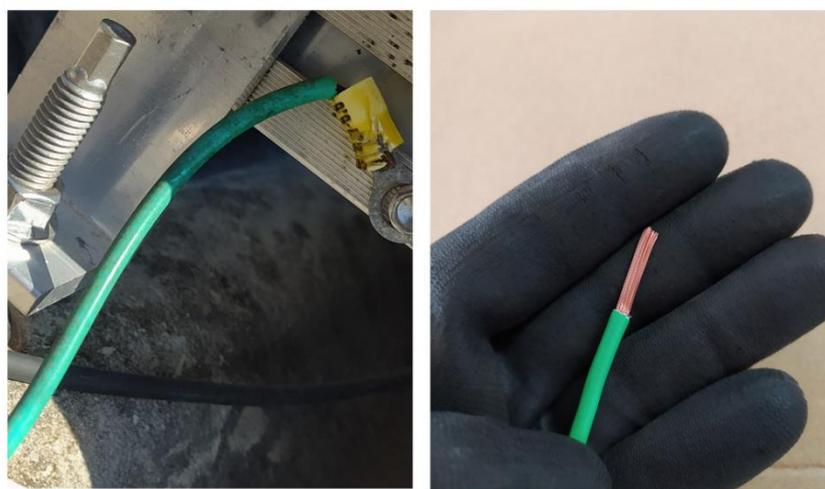
(a)



(b)

Já a Figura 28 mostra o cabamento do aterramento dos módulos (a) e um cabo novo de aterramento (b). Nota-se também que não há avarias no material que está em utilização.

Figura 28 – Comparativo de cabos de aterramento



(a)

(b)

Apesar do conector MC4 registrado na Figura 29 (a) estar exposto no telhado da instalação, não foram identificados danos se comparados a um conector MC4 novo (Figura 29 (b) e (c)).

Figura 29 – Comparativo de conectores MC4 dos módulos



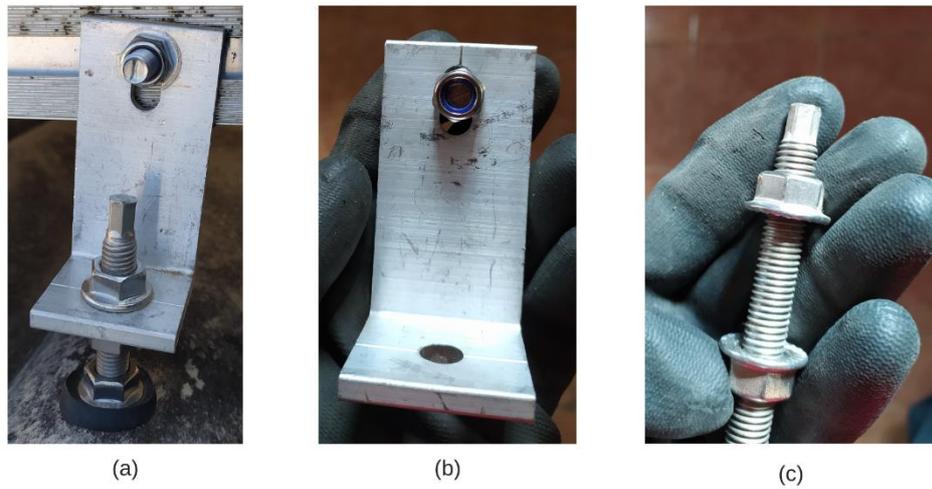
(a)

(b)

(c)

Como exposto na Figura 30 (a), nas estruturas de fixação dos módulos não foram identificadas nenhum tipo de rachaduras ou danos que prejudiquem a fixação do material. Nas Figuras 30 (b) e (c) estão materiais ainda não utilizados para vias de comparação.

Figura 30 – Comparativo de estrutura de fixação



A Tabela 8 expressa os valores de tensão e corrente nos *MPPTs*, obtidos pelo monitoramento e por medições.

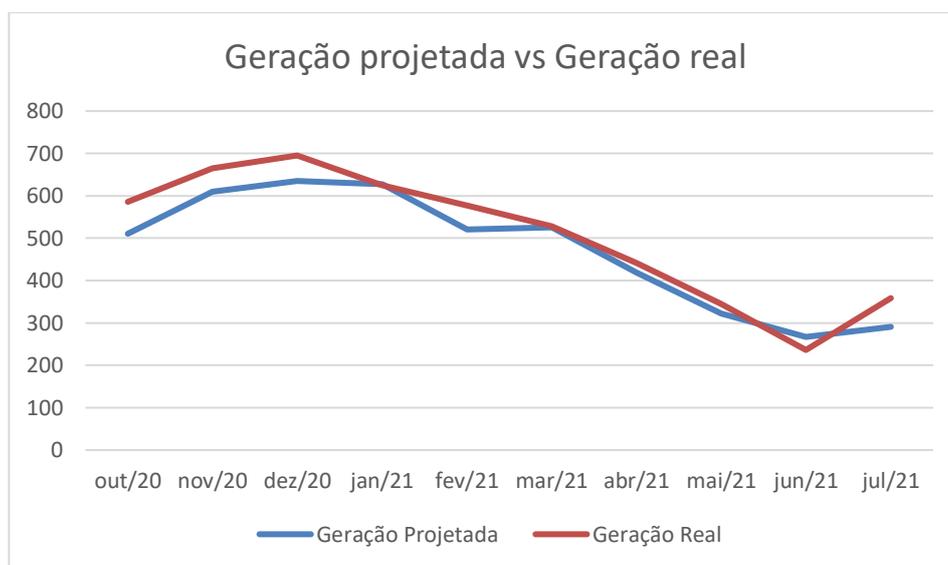
Tabela 8 – Comparativo dos valores de tensão e corrente

<b>Monitoramento</b>			
MPPT1		MPPT2	
Tensão	206,2 V	Tensão	209,2 V
Corrente	4,5 A	Corrente	4,5 A
<b>Medição</b>			
MPPT1		MPPT2	
Tensão	204,8 V	Tensão	205,9 V
Corrente	4,68 A	Corrente	4,53 A

#### 4.5 Parecer final

Após a análise dos dados de geração mensal do gerador fotovoltaico, os cálculos da relação de geração real/projetada e o cálculo do rendimento global do sistema, como uma maneira de representação foi elaborado o gráfico da Figura 31.

Figura 31 – Gráfico de geração projetada vs geração real



Visualmente a curva de geração real, em média, sobrepõe a curva de geração projetada.

Com uma média de geração mensal projetada a partir da Equação 1:

$$E = M \times P \quad (1)$$

Onde:

- $E$  é a energia média gerada mensalmente (kWh/mês);
- $M$  é a média de geração mensal (kWh/kWp);
- $P$  é a potência total do gerador (kWp).

E utilizando a média de geração mensal projetada (Tabela 3) e a potência total do sistema (Tabela 2), teríamos uma geração média de:

$$E = 114,21 \times 4,02$$
$$E = 459,12 \text{ kWh/mês}$$

Enquanto que em uma média aritmética dos meses de geração adotados têm-se a média real de 505,7 kWh/mês, o que confirma o desempenho acima do esperado do gerador.

Estruturalmente não foram identificados danos em nenhuma das estruturas de fixação dos 12 módulos, nenhum tipo de rompimento de cabos ou qualquer tipo de dano causado aos conectores MC4 e as Figuras 27 a 30 demonstram uma breve comparação do estado desses componentes.

Já na Tabela 8 foram encontradas algumas pequenas disparidades dos valores obtidos via monitoramento para os valores medidos, o que poderia indicar algum possível dano interno dos componentes.

Fez-se então uma nova visita ao local para obter imagens térmicas dos componentes a fim de identificar algum tipo de defeito e as imagens à seguir servem de exemplificação.

Figura 32 – Imagem térmica da parte CC da stringbox

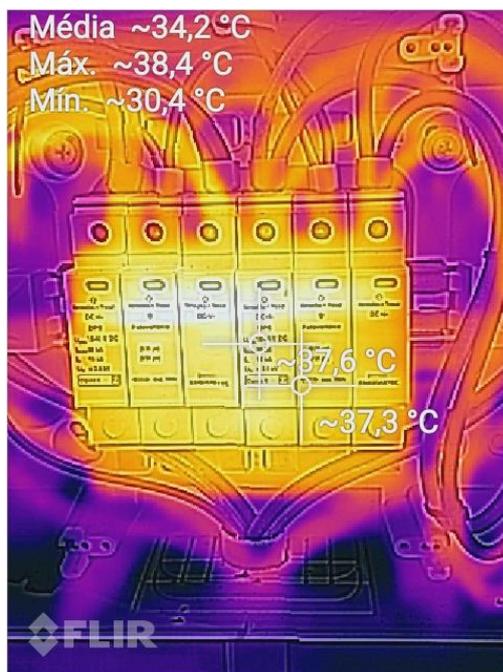


Figura 33 – Imagem térmica do conector MC4 exposto sobre o telhado

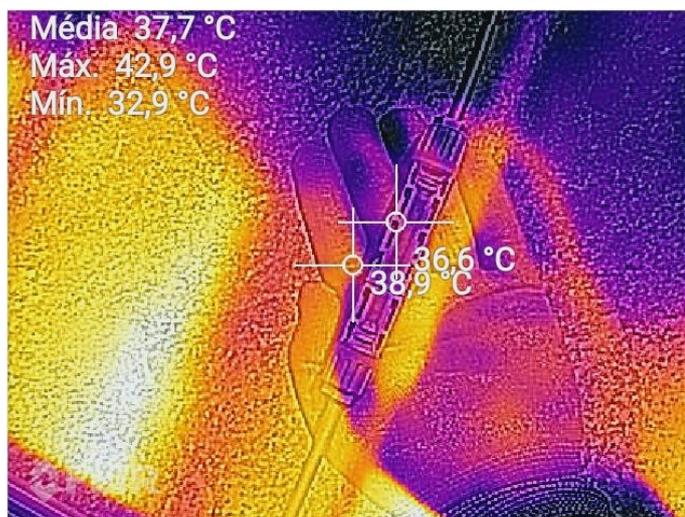
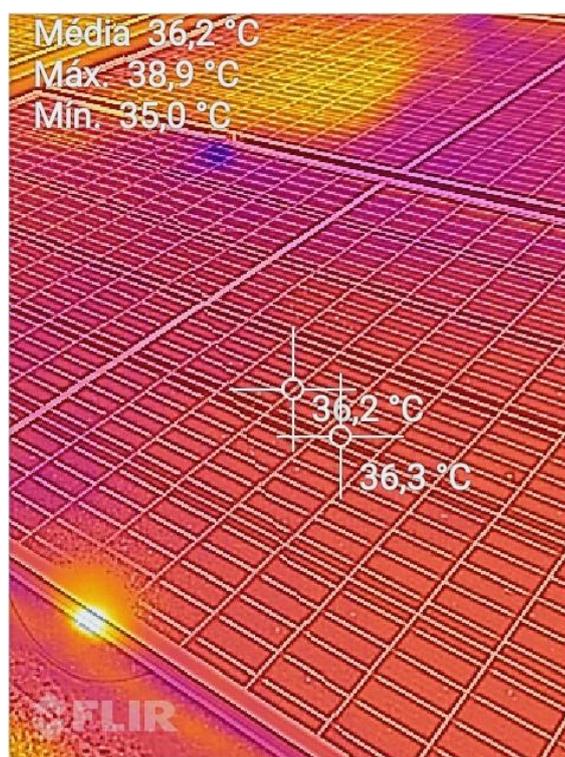


Figura 34 – Imagem térmica dos módulos fotovoltaicos



Pela análise termográfica dos componentes não foram identificados pontos críticos de calor na stringbox (Figura 32), nos conectores MC4 (Figura 33), nos módulos (Figura 34) e nos cabeados, o que indica que os componentes não possuem danos que estejam afetando o seu desempenho.

A disparidade dos valores da Tabela 8 fica então atrelada às perdas adotadas de acordo com o item 4.1.3 ou ao possível *delay* na atualização dos dados do sistema de monitoramento. Ambas possibilidades não comprometem o desempenho do gerador fotovoltaico.

Como após todas as análises não foram identificados pontos críticos que afetassem o desempenho de geração, a única recomendação a ser feita é a

execução de uma limpeza dos módulos fotovoltaicos que, conforme a Figura 13, apresentaram uma pequena camada de sujeira em sua superfície.

*Figura 35 – Camada de sujeira sobre um módulo fotovoltaico*



Entretanto, como já foi adotado um índice de perda por sujeira de 2% (Item **4.3.1**), o desempenho global do gerador não será afetado de forma crítica devido a esse acúmulo.

Em uma forma análoga aos itens 9 e 10 da NBR 16274 e com o intuito de elaborar um modelo de relatório final do estudo do caso, se criou a Tabela 9.



Tabela 9 – Relatório Final de Auditoria Fotovoltaica

<b>Relatório de Auditoria Fotovoltaica</b>			
<b>Dados do Proprietário</b>			
Nome:	_____		
Endereço:	_____		
<b>Dados do Sistema Fotovoltaico</b>			
Potência dos módulos:	335Wp	N° de módulos:	12
Potência do(s) inversor(es):	5kW	N° de inversor(es):	1
Potência total do gerador:	4,02 kWp	Fixação:	Telhado de Fibrocimento
<b>Avaliação Estrutural</b>			
Módulos:	Não possuem avarias estruturais nem pontos de aquecimento crítico identificados nas leituras térmicas.		
Estrutura da fixação:	Não foram identificados danos que prejudiquem a fixação dos módulos sobre o telhado. A vedação dos parafusos também está em bom estado.		
Conectores:	Estão bem fixados e não foram identificados problemas estruturais, nem pontos de calor crítico após a leitura térmica.		
Cabeamento CC:	Não apresentam nenhum tipo de rompimento externo ou interno (verificado com leitura térmica).		
Stringbox (CC):	Não foi acionado a proteção e não apresentam aquecimento crítico nas conexões.		
Inversor(es):	Não possui dano estrutural, não apresentou aquecimento no seu funcionamento e não apresentou aquecimento crítico nas conexões.		
Cabeamento (CA):	Não apresentam nenhum tipo de rompimento externo ou interno (verificado com leitura térmica).		
Stringbox (CA):	Não foi acionado o DPS, o disjuntor está em ótimo estado e não apresentou aquecimento crítico nas conexões.		
<b>Avaliação de Geração</b>			
Relação de geração real / geração projetada:	6,83% acima		
Desempenho global do sistema:	106,83%		
Comentário:	O gerador possui um ótimo desempenho apesar de apresentar um sombreamento transitório nos meses de verão e um acúmulo de sujeira nos módulos.		
<b>Recomendações:</b>			
Recomenda-se o acompanhamento da geração por mais 02 meses até os meses de verão e então pode ser feita uma limpeza nos módulos caso acumulem mais sujeira. Uma nova avaliação é recomendada em até 12 meses.			
<b>Assinatura do Responsável</b>			
_____ Jean Portella			

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com uma premissa simples, o trabalho desenvolvido consegue de uma forma coerente atender a demanda inicial.

Geradores fotovoltaicos têm tido uma expansão cada vez maior, porém o índice de pessoas especialistas no assunto não acompanha esse ritmo. Essa divergência torna-se um problema tanto para engenheiros quanto para consumidores. A necessidade de padrões usuais a serem seguidos é cada vez mais evidente.

Ao decorrer do desenvolvimento do trabalho, cada vez mais detalhes tiveram de ser lapidados e aprendidos para que a elaboração do mesmo atendesse o objetivo. Com isso a ideia de se ter um modelo pré-estabelecido de auditoria de geradores fotovoltaicos pôde ser definido. Seguindo apenas as cinco etapas: coleta de dados técnicos, coleta dos dados reais, vistoria do local de instalação, análise comparativa das informações e parecer final, uma análise completa e objetiva de um sistema de microgeração fotovoltaico pôde ser aplicada.

Com as etapas propostas concluídas, os dados analisados definem uma avaliação completa do gerador fotovoltaico. Toda a análise de desempenho de geração foi analisada com o máximo de dados possíveis se serem obtidos, o que eleva o grau de precisão na avaliação do desempenho. As análises estruturais, mesmo que feitas de maneira sucinta, expressam as reais condições do gerador fotovoltaico e não condenam de nenhuma maneira a instalação dos equipamentos.

Ainda há maneiras de aperfeiçoar os métodos de avaliação em cada etapa para que a análise seja mais precisa, porém o modelo utilizado por hora consegue atender a demanda específica de sistemas de microgeração, instalados em telhados, de uma forma completa.

Por fim, o trabalho apresentado atende a demanda atual de um nicho do mercado de energia fotovoltaica que é a verificação do desempenho de geradores fotovoltaicos, porém ainda será melhorado com estudos futuros e com a obtenção de equipamentos próprios para atenderem as necessidades que surgirem no decorrer das análises futuras.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Não Paginado. Disponível em < <https://www.absolar.org.br>>. Acesso em: set/21.

ALET, P. J; CUONY, P; DUTOI, J. “Soiling and value of cleaning for low-tilt PV systems in temperate climates: A Swiss case study”. 2014. IET Conference Publications, 2014.

ALET, P. J; CUONY, P; DUTOI, J. “Soiling and value of cleaning for low-tilt PV systems in temperate climates: A Swiss case study”. 2014. IET Conference Publications, 2014.

BASANT, R. “Review of Guidelines for PV Systems Performance and Degradations Monitoring”. 2020. 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 2020.

CANADIAN. Canadian Solar. Não Paginado. Disponível em < <https://www.canadiansolar.com/br/>>. Acesso em: mar/20.

CHIONCEL, Cristian. “Performance Ratio of a Photovoltaic Plant”. 2008. University Politehnica Timisoara – Faculty of Engineering Hunedoara, 2008.

LUFT. “Simultaneously keep na eye on 10 Solar System Performance Factors”. 2017. Luft Mess – und Regeltechnik GmbH, 2017.

KUHN, R. L. Rastreamento Diário e Anual dos Níveis Máximos de Radiação Solar para Otimização da Produção Fotovoltaica. 2013. 80 páginas. Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete, Alegrete-RS, 2013.

NBR 16274: Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho. 1ª Ed. Brasil, 2014.

PASSOS, F. L. L. Metodologia e Ferramenta Computacional para Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica de um Sistema de Microgeração Fotovoltaica. 2016. 173 páginas. IFF Campus Pelotas, Pelotas – RS, 2016.

PORTAL SOLAR. Portal Solar: Tudo sobre energia solar fotovoltaica. Não Paginado. Disponível em < <https://www.portalsolar.com.br>>. Acesso em: mar/20.

SOLAR BRASIL. Módulos Fotovoltaicos: Características Elétricas. Solar Brasil, 2018. Disponível em < <https://www.solarbrasil.com.br/blog/modulos-fotovoltaicos-caracteristicas-eletricas/>>. Acesso em: jul/20.

TREVELIN, F. C. Estudo Comparativo Entre Métodos de Rastreamento Solar Aplicados a Sistemas Fotovoltaicos. 2014. 67 páginas. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos- SP, 2014.

WGSOL. WGSol, Não paginado. Disponível em < <https://wgsol.com.br>> . Acesso em: dez/20.

## ANEXOS

### Anexo 1

Na vistoria do local de instalação alguns itens (conforme tabela abaixo) devem ser avaliados. Também é necessário conhecer algumas premissas estabelecidas para a instalação dos equipamentos que podem ser obtidas através dos datasheets e/ou manuais de instalação.

<b>Itens a serem avaliados nas estruturas</b>	
Devem sempre ser verificados alguns quesitos básicos na auditoria dos itens a seguir:	
Estrutura de fixação:	Verificar rompimentos nos trilhos de fixação, rompimento ou quebra nos grampos que fixam os módulos, verificar a existência de parafusos quebrados, aplicar força manual sobre a estrutura para ver se cedem de alguma maneira, verificar rachaduras no telhado instalado.
Cabeamento:	Verificar se os cabos estão tensionados (o que pode acarretar rompimento ou esforço físico), verificar rompimento ou ranhuras nos cabos, verificar se a isolação dos cabos se mantém ao longo da instalação, verificar a existência de emendas nos cabeamento, verificar se existe aquecimento nos
Conectores:	Verificar se a crimpagem está feita corretamente (Atenção: o cabeamento CC com má fixação pode ocasionar o surgimento de arco elétrico!), verificar a existência de sujeira (pó, barro, cimento...) nos conectores, verificar se existe aquecimento nos
Módulos:	Verificar se há algum tipo de rompimento na estrutura dos módulos, verificar a integridade da estrutura metálica dos módulos, verificar a espessura da camada de sujeira (se houver), verificar se há aquecimento sobre os módulos
Inversor:	Verificar a ventilação do local de instalação, verificar se há danos causados ao equipamento, verificar se há aquecimento no equipamento, verificar se há acúmulo de sujeira sobre o equipamento.

Vale ressaltar que é indispensável o uso de EPI's e materiais adequados para a avaliação de todos os itens. Por mais que o Inversor de um gerador FV esteja desligado os módulos fotovoltaicos produzem corrente elétrica de maneira independente à luz do Sol. Todo tipo de cuidado seguindo a NR 10 e NR 16274 deve ser levado em conta quando a vistoria for feita.

**JEAN DIAS PORTELLA**

**ESTUDO COMPARATIVO DE UM SISTEMA DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA: UMA PROPOSTA DE MODELO DE AUDITAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 24 de setembro de 2021.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler

Orientador

UNIPAMPA

---

Eng. Jonathan Behrens

EGD

---

Assinado eletronicamente por **NATALIA BRAUN CHAGAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/09/2021, às 16:56, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais



aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JONATHAN BEHRENS, Usuário Externo**, em 24/09/2021, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JOSE WAGNER MACIEL KAEHLER, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/09/2021, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0622878** e o código CRC **01A55017**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete  
Av. Tiarajú, 810 – Bairro: Ibirapuitã – Alegrete – RS CEP: 97.546-550  
Telefone: (55) 3422-8400

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Natalia Braun Chagas  
UNIPAMPA