

# DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA ALIMENTAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DA CAERN.

*Felipe Augusto da Silva Mendonça, Maria Izabel da Silva Guerra.*

**Resumo:** Devido à grande demanda por energia elétrica ocasionada pelo crescimento populacional, tem-se a necessidade de diversificar a matriz energética. Com isso, a procura por um meio de geração de energia limpa e segura vem crescendo. É perante esse cenário que a energia fotovoltaica se destaca, uma tecnologia de fácil implementação, com um investimento relativamente baixo se comparado com outras fontes geradoras e com ótimo retorno à longo prazo. Este artigo apresenta a elaboração do dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) destinado a alimentação de uma Estação Elevatória da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), o sistema é composto por 28 painéis fotovoltaicos com uma potência nominal total de 7,7 kWp. Também é feita uma análise de viabilidade econômica do projeto através do Valor Presente Líquido (VPL). Como resultados foi possível verificar que o sistema se mostra viável economicamente, mesmo tendo um tempo de retorno a médio prazo, de aproximadamente 7 anos e, projetando uma vida útil do sistema em 20 anos, seria possível ter 13 anos de lucratividade.

**Palavras-chave:** energia limpa; sistema fotovoltaico conectado à rede; estação elevatória.

## 1. INTRODUÇÃO

A energia é de extrema importância nas economias modernas e tem grande relação com desenvolvimento tecnológico e com o crescimento econômico. Ao longo dos últimos anos, foi visto um elevado crescimento no consumo energético mundial que teria como principais fatores o exponencial aumento da população e o grande avanço tecnológico. Por outro lado, com a recorrente queda na oferta de combustíveis fósseis, a principal fonte de energia que existe e levando em consideração os grandes índices de poluição resultante dessa fonte, surge uma grande preocupação acerca da oferta mundial de energia [1].

As fontes renováveis de energia aproveitam-se dos recursos inesgotáveis disponíveis como, a energia hidráulica, a energia gerada pelos ventos e a energia do sol. O uso das fontes renováveis tem como vantagem principal o fato de serem inesgotáveis e provocam um impacto ambiental menor em relação aos combustíveis fósseis, tendo em vista que não produz dióxido de carbono e alguns outros gases nocivos à saúde [2].

Dentre as fontes renováveis, a energia solar fotovoltaica é uma opção viável, considerando que é uma fonte limpa e inesgotável. A geração de energia elétrica através do Sol ocorre por meio da conversão fotovoltaica, no qual os fótons incidem sobre as células solares fotovoltaicas, construídas com materiais semicondutores, que resultam na produção de energia elétrica de forma direta [1].

Segundo [3] o consumo de energia elétrica na rede no ano de 2016 no Brasil foi cerca de 460 TWh e poderá chegar até 654 TWh no ano de 2026. Esse grande crescimento na demanda por energia elétrica reforça a necessidade da inserção das fontes alternativas de energia para uma maior diversificação na matriz energética brasileira.

No setor de saneamento, por exemplo, estima-se que as despesas com energia elétrica situam-se na faixa de 10 a 20%, sendo essas despesas um item de extrema importância nos seus orçamentos. De modo geral, os motores elétricos das bombas centrífugas utilizadas em estações elevatórias de água e esgoto são responsáveis por cerca de 90% das despesas com energia elétrica nesse setor [4].

Desta maneira, busca-se na presente pesquisa realizar o dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) como sendo a fonte parcial ou total de energia elétrica em uma estação elevatória de esgoto da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e verificar a viabilidade em termos econômicos do projeto.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

No presente item serão apresentados os conceitos básicos e os elementos fundamentais para o entendimento sobre o dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede para suprir a demanda parcial ou total de uma estação elevatória.

## 2.1. A energia solar fotovoltaica

A geração de energia elétrica através do sol é o resultado da conversão direta da radiação solar em eletricidade por meio de efeito fotovoltaico. Os sistemas fotovoltaicos captam os fótons diretamente da radiação solar, gerando uma diferença de potencial, que produz corrente elétrica contínua. A célula fotovoltaica é um dispositivo fabricado em material semicondutor, geralmente de Silício, e é a unidade fundamental responsável pelo processo de conversão [5].

Segundo [5], um sistema fotovoltaico geral é constituído por um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e eventualmente um bloco de armazenamento. O bloco gerador é composto pelos arranjos fotovoltaicos, que por sua vez são constituídos por módulos fotovoltaicos em diferentes associações, o cabeamento elétrico que interliga os painéis e a estrutura de suporte. O bloco de condicionamento de potência pode ter conversores CC-CC, seguidor de ponto de potência máxima, inversores de corrente, controladores de carga, caso haja armazenamento, bem como outros dispositivos de proteção, supervisão e controle. Por último, o bloco de armazenamento, é composto por acumuladores elétricos e/ou outras formas de armazenamento.

Desse modo, a energia gerada por sistemas fotovoltaicos pode ser armazenada em baterias, nos chamados Sistemas Fotovoltaicos Isolado, pode ser utilizada em Sistemas Conectados à Rede Elétrica (SFCR) ou para ambos os casos. A utilização de cada uma dessas opções depende da aplicação e da disponibilidade dos recursos energéticos nos locais em questão. Cada um deles pode ser de diferentes graus de dificuldade, dependendo da aplicação e das restrições específicas de cada projeto [5].

Os Sistemas Isolados, por exemplo, necessitam de um sistema para o controle e adequação dos parâmetros elétricos, controladores de carga, inversores e de algum tipo de armazenamento, que podem ser baterias, quando se deseja utilizar a energia em períodos em que não há geração fotovoltaica ou quando não há conexão com a rede elétrica convencional [5].

Já os SFCR são aqueles que se dispensa o uso de acumuladores, pois a energia produzida por eles pode ser consumida diretamente pela carga ou injetada diretamente na rede elétrica para ser consumida pelas unidades consumidoras conectadas ao sistema de distribuição, podendo ainda ser compensada a concessionária local segundo o regimento da mesma, porém, é válido ressaltar que esses sistemas não operam injetando energia em caso de falta na rede elétrica, representando somente uma fonte complementar ao sistema elétrico no qual está conectado, diferindo-se dos sistemas isolados, que tem sua aplicação em locais sem acesso à rede elétrica tradicional e necessitam de bancos de baterias. [5][6].

Os componentes básicos em um SFCR são o módulo fotovoltaico e o inversor de corrente, os quais serão detalhados nos itens 2.2.1 e 2.2.2

### 2.1.1 Módulo fotovoltaico

Um módulo fotovoltaico é composto por Células Fotovoltaicas (FV) conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente suficiente para a utilização da energia ao mesmo tempo que promove a proteção das células. Um módulo fotovoltaico é o único componente do gerador e, dependendo da associação, pode ter diferentes valores de tensão e corrente nominais [5].

Para sistemas conectados à rede ou arranjos utilizados em sistemas de bombeamento de água, os níveis de tensão necessários são extremamente variáveis e por diversas vezes exigem a associação de muitos módulos em série, sendo esse o motivo de se encontrar painéis de tensões nominais bastante variadas [5].

É comum que os módulos sejam identificados pela sua potência de pico (Wp). Nos módulos FV existem cinco parâmetros que o especificam, são eles tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ), a corrente de circuito-aberto ( $I_{sc}$ ), além das tensões ( $V_m$ ) e correntes ( $I_m$ ) de máxima potência, que ao serem multiplicadas é possível descobrir a sua potência máxima ( $P_m$ ). Esses parâmetros são mostrados graficamente na Figura 1, que representa uma curva característica da corrente em relação a tensão de um painel fotovoltaico [5].

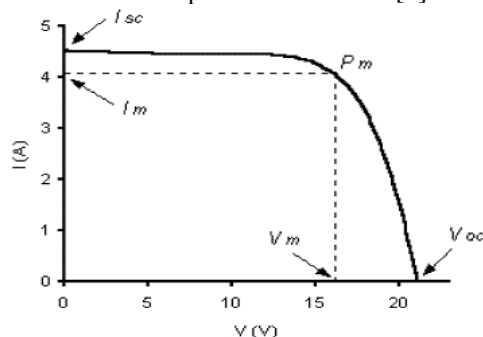


Figura 1 – Curva  $I \times V$ . (García, 2002)

Como a tensão gerada através do sistema fotovoltaico é dada em corrente contínua e a tensão da rede é em corrente alternada, é fundamental a conexão do painel FV ao um inversor de corrente, para se obter a energia gerada em corrente alternada, na mesma frequência da rede.

---

### 2.1.2 Inversor de corrente

O inversor é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em Corrente Alternada (CA) através de uma fonte de energia elétrica em Corrente Contínua (CC). A energia CC originária pode ser, por exemplo, de baterias, células a combustível ou módulos fotovoltaicos. A tensão de saída CA deve ter os parâmetros adequados às cargas a serem alimentadas. No caso dos sistemas conectados à rede elétrica tensão de saída do inversor deve ser sincronizada com a tensão da rede, que para o Rio Grande do Norte é de 220V/60Hz [5].

Em sistemas fotovoltaicos, os inversores podem ser divididos dependendo do seu tipo de aplicação, podendo ser um Sistema Isolado ou um Sistema Conectado à Rede. De maneira geral, os inversores para conexão à rede com potências individuais de até cerca de 5kW têm saída monofásica, acima dessa potência é mais comum a utilização de inversores com saída trifásica ou inversores monofásicos em associação trifásica. Os inversores atuais possuem uma função que permite regular a tensão nos terminais do sistema fotovoltaico, a fim de se obter a máxima potência produzida pelo módulo, este recurso é chamado de MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) [2].

Após descritas as características do inversor de corrente, o próximo tópico versará a respeito da Resolução Normativa nº482/2012, onde será explicitado a inclusão dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede nos sistemas de geração distribuída.

### 2.1.3. Sistema de compensação de energia elétrica

O sistema de compensação tem como finalidade reduzir os gastos com energia elétrica fornecida pela concessionária através da geração de energia por fontes diversificadas. A regulamentação desse sistema para a geração distribuída foi abrangida em uma resolução normativa disposta pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), através da resolução normativa 482 de abril de 2012 [6] e revisada pela resolução normativa 687/2015 [7].

Consiste em um sistema no qual a energia ativa injetada pela unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, através de empréstimo gratuito a concessionária local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora que estiver sobre a mesma titularidade da unidade em que os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda [5].

Tendo sido descritas as regulamentações a respeito do sistema de compensação adotado na geração distribuída de energia elétrica, o próximo tópico abordará de forma geral as Estações Elevatórias (EE), bem como o seu elevado consumo de energia elétrica, visto que é um dos pontos principais da presente pesquisa.

## 2.2. Estações elevatórias

As Estações Elevatórias (EE) são definidas, entre outros pontos, pelos tipos de bombas e por seus motores acoplados, que são responsáveis pela formação dos principais aspectos da operação e manutenção do local. Com isto, elas recebem também o nome de poços de bombeamento ou estações de bombeamento, e são usadas quando as águas residuais precisam de um reforço de pressão ou necessitam, em virtude da topografia não permitir a ação da gravidade, de serem deslocadas de um nível baixo para um nível mais alto, para que assim, possam fluir pela tubulação do sistema da rede de água e esgotos.

De acordo com [8], pouco mais de 2% do consumo total de energia elétrica no Brasil deve-se as empresas prestadoras de serviços de saneamento. Esse consumo abrange os diversos usos nos processos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com grande ressalva para os conjuntos motor-bomba, que são responsáveis por 90% do consumo nesse tipo de instalação. As despesas com energia elétrica atingem, em média, 12,2% de todo o gasto das prestadoras dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Após ser apresentadas as características e principais componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR), bem como uma breve explicação acerca das EE, o capítulo 3 tratará do dimensionamento dos componentes de um SFCR voltado para a alimentação de uma Estação Elevatória.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente capítulo é exposto a metodologia e considerações utilizadas para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Inicialmente será feita uma breve análise do espaço físico disponível, no qual será mensurado o nível de radiação solar incidente no local que será instalado o sistema.

### 3.1. Dimensionamento do SFCR

Inicialmente foram obtidas as faturas mensais de energia elétrica no intervalo de um ano de uma EE da Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), a qual estava classificada no grupo de consumidores B pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN). Além disso, foi analisado o espaço físico disponível para inserção de SFCR na localidade, de modo a definir se o sistema iria suprir o consumo de energia da localidade parcialmente ou totalmente.

### 3.1.1. Avaliação do espaço físico

O local escolhido está dentro do espaço físico da Estação Elevatória P-05 da CAERN, que é a unidade consumidora em estudo, localizada no bairro Aeroporto, situada na cidade de Mossoró, no interior do Rio Grande do Norte, cuja suas coordenadas são 5°11'48.17" S 37°22'16.58" O. Além disso, o local possui uma área total de aproximadamente 175 m<sup>2</sup> e conta com uma área livre de aproximadamente 60 m<sup>2</sup>, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Vista aérea da estação elevatória (Google Earth, 2018).

### 4.1.2. Perfil de Consumo da Unidade geradora

A análise do perfil de consumo do cliente pode ser feita com posse das faturas de energia, no qual nelas estão detalhados todos os consumos durante o período de um ano. O Gráfico 1 mostra o consumo mensal em kWh da Estação Elevatória P-05 da CAERN, no período de dezembro de 2016 até dezembro de 2017.

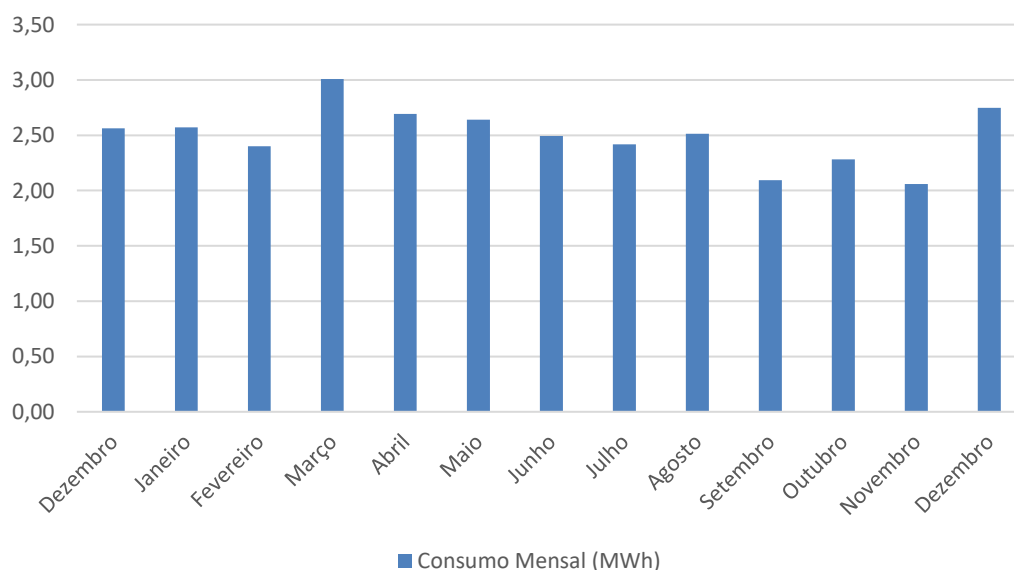


Gráfico 1 - Consumo Mensal em MWh (Autoria própria).

A partir da análise do Gráfico 1, tem-se que o consumo médio mensal da unidade geradora é de 2,5 MWh, tendo o mês de março com o maior consumo e o mês de novembro com menor consumo. A unidade geradora é

classificada no grupo B3, que pertence ao grupo de baixa tensão, que engloba o serviço público de água, esgoto e saneamento.

Com base na análise do perfil de consumo da unidade, não seria possível dimensionar um sistema que suprisse toda a demanda, pois existe uma limitação no espaço físico disponível, por esse motivo o sistema fotovoltaico será responsável somente por gerar parte da energia consumida. Desta forma, o item 4.2 realiza a estimativa de geração do SFCR que supre parte da demanda da unidade consumidora.

### 3.1.3. Níveis de irradiação no local

Para obter a irradiação do local foi utilizado o *software* Radiasol2, que é um *software* gratuito fornecido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul capaz de fornecer os dados de irradiância ao inserir as coordenadas, a inclinação e o azimute do local.

Dessa maneira, ao inserir no Radiasol2 as coordenadas, foi possível obter os valores de irradiação solar em kW/m<sup>2</sup>/dia correspondente às diárias médias mensais para um intervalo de 12 meses do ano. A Tabela 1 mostra a irradiação média local levando em consideração o azimute de 45° e a inclinação de 15°. Para o dimensionamento do sistema FV foi utilizado a inclinação de 15°, pois [9] recomenda somar 10° a latitude da região, que nesse caso é 5°, assim obtendo uma inclinação de 15°.

| IRRADIAÇÃO MÉDIA (Wh/m <sup>2</sup> /dia) |                  |
|-------------------------------------------|------------------|
| Mês                                       | Inclinação - 15° |
| Janeiro                                   | 5294             |
| Fevereiro                                 | 5327             |
| Março                                     | 5129             |
| Abril                                     | 4968             |
| Maio                                      | 5361             |
| Junho                                     | 5078             |
| Julhi                                     | 5501             |
| Agosto                                    | 6255             |
| Setembro                                  | 6183             |
| Outubro                                   | 6348             |
| Novembro                                  | 6197             |
| Dezembro                                  | 5734             |

Tabela 1 – Irradiação Média (Autoria própria).

### 3.1.4. Dimensionamento e arranjo dos módulos fotovoltaicos

Atualmente existem diversos tipos de módulos fotovoltaicos no mercado, foi pesquisado alguns que apresentam certo destaque pelo seu custo benefício, o modelo escolhido foi o Canadian CS6K-275p [10], esse módulo FV possui 275 Wp de potência, é um módulo amplamente utilizado no mercado nacional e tem garantia de 10 anos para defeitos de fabricação, além de 25 anos para uma eficiência menor que 80%. Na Tabela 2 é apresentado as principais informações do produto utilizado durante o dimensionamento.

|                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| Modelo                           | CS6K-275p          |
| Dimensões                        | 1650 x 992 x 40 mm |
| Potência Máxima (Pmax)           | 275 Wp             |
| Tensão Máxima (Vmax)             | 31,0 V             |
| Corrente Máxima (Imax)           | 8,88 A             |
| Tensão de Circuito Aberto (Voc)  | 38,0 V             |
| Corrente de Curto Circuito (Isc) | 9,45 A             |
| Eficiência do Módulo             | 16,8%              |
| Peso                             | 18,2 kg            |
| Tensão Máxima do Sistema         | 1000 V             |
| Seção transversal dos condutores | 4 mm <sup>2</sup>  |

Tabela 2 – Principais características de um Módulo FV (Casa solar, 2018).

O arranjo dos módulos FV a serem dispostos em série foi dimensionado a partir do espaço disponível para o sistema, que é de 60 m<sup>2</sup>, e sem comprometer o espaçamento adequado entre os módulos. Com isso, foi visto que seria possível associar 2 grupos de painéis em paralelo, tendo cada grupo 14 módulos em série.

Dessa maneira, a tensão de circuito aberto (Voc) do sistema FV será de 14\*38,0V = 532 V e sua tensão de operação no ponto de máxima potência será de 14\*31,0V = 434 V. O valor da corrente de curto-circuito (Isc) é de 9,45 A e a corrente de máxima de operação é de 8,88 A em cada módulo fotovoltaico.

Levando em consideração as dimensões de cada painel, cada arranjo terá um comprimento de 0,992 x 14 = 13,88 m e uma largura de 1,650 m, o que corresponde a área total ocupada de aproximadamente 45,8 m<sup>2</sup>. Essa aproximação tem em vista o fato dos módulos necessitarem de um afastamento entre si de modo a não ocasionar

sombreamento. Com isso, a potência instalada será de aproximadamente 7,7 kWp, com uma tensão de 434 V e uma corrente 17,76 A. A Tabela 3 expõe como será distribuído os arranjos. No Apêndice 1 é representado a distribuição dos arranjos através de um diagrama funcional.

| Número de módulos         | Potência instalada |
|---------------------------|--------------------|
| Arranjo 1 - 14 Módulos FV | 3,85 kW            |
| Arranjo 2 - 14 Módulos FV | 3,85 kW            |
| <b>Total</b>              | <b>7,7 kW</b>      |

Tabela 3 – Distribuição dos Módulos FV (Autoria Própria).

### 3.1.5. Dimensionamento dos inversores

O dimensionamento do inversor foi baseado principalmente pela potência gerada pelo sistema FV, ou seja, 7,7 kWp distribuídos em 2 grupos de 14 módulos FV cada. Com base na potência oferecida pelos inversores presentes no mercado, foi escolhido o inversor *Grid-Tie* 8,2kW com *Wi-Fi* Fronius - Primo 8.2 [11]. Segundo [5] é recomendado que o Fator de Dimensionamento de Inversores (FDI), que é o quociente entre a potência nominal do inversor e potência de pico do sistema, esteja entre 0,75 e 1,10. No sistema em questão, o FDI foi de 1,06 ficando dentro da recomendação. O inversor foi dimensionado respeitando os critérios citados anteriormente, mas segundo [5], também deve-se levar em consideração: a tensão de entrada do inversor, que deve ser maior que a tensão de circuito aberto do sistema FV; a corrente de entrada do inversor, que deve ser maior que a corrente de curto-circuito do sistema FV e a temperatura ambiente.

É válido ressaltar que neste projeto só será necessário um inversor e o mesmo será responsável pelos 28 módulos FV. Tendo em vista que o inversor possui 2 MPPT, será utilizado um MPPT por *string*, ou seja, o inversor conta com 2 entradas com corrente máxima de 27 A e com faixa de tensão por MPPT de 270 a 800. A Tabela 4 mostra as principais características do inversor.

| Parâmetros                       | Entrada – CC   Saída CA |
|----------------------------------|-------------------------|
| Modelo                           | Fronius - Primo 8.2     |
| Potência                         | 8,2 kW                  |
| Tensão Máxima de Entrada         | 1000 V                  |
| Faixa de tensão MPPT             | 270 - 800 V             |
| Corrente Máxima por String       | 27,0 A                  |
| Número de MPPT / String por MPPT | 2/1                     |
| Corrente de Saída                | 35,7 A                  |
| Tensão Nominal de Saída          | 220 V                   |

Tabela 4 – Principais Características do Inversor (Fronius, 2018).

Levando em consideração a corrente de saída do inversor é possível dimensionar também a seção do condutor que deve ser utilizado no lado CA do inversor, tendo em vista que a corrente de saída do inversor é de 35,7 A, a bitola utilizada foi de 10 mm<sup>2</sup>, pois segundo [12] um condutor de dessa seção nominal suporta uma corrente de até 50 A. Com relação a seção do condutor do lado CC, essa deve ser igual à utilizada no painel e definida pelo fabricante, ou seja, 4mm<sup>2</sup>.

Depois de conhecer as características do inversor, bem como dimensionar a bitola dos condutores utilizados no sistema, é fundamental dimensionar os dispositivos de proteção do sistema.

### 3.1.6. Dimensionamento dos disjuntores CC e CA

No dimensionamento dos disjuntores CC foi utilizado um disjuntor para cada arranjo do sistema FV. Segundo [12], a corrente nominal do disjuntor ( $I_d$ ) deve ser maior ou igual a corrente nominal de projeto ( $I_n$ ), no caso do próprio sistema fotovoltaico, e menor ou igual a máxima corrente admissível no condutor ( $I_{max}$ ), ou seja,  $I_n \leq I_d \leq I_{max}$ .

Como a seção transversal do condutor deve ser igual à dos painéis FV, que é de 4,0mm<sup>2</sup>, então a corrente máxima permitida no condutor é de 32 A, além disso, como a corrente nominal do arranjo fotovoltaico é de 9,45 A, então atendendo aos critérios da [12], a corrente do disjuntor deve estar entre  $9,45 \leq I_d \leq 32$  A. Desta forma, o disjuntor a ser utilizado no projeto será um disjuntor bipolar projetado para suportar uma corrente de até 16 A, em cada arranjo. Para o lado CC foi utilizado uma *String Box* [14] contendo 2 disjuntores bipolares de 16 A, 2 Dispositivos Contra Surtos (DPS) de 500 Vcc e 40 kA com um cabo de 4 mm<sup>2</sup> ligando o disjuntor ao DPS.

No dimensionamento do disjuntor CA foi levado em consideração a corrente de saída do inversor, que é de 35,7 A e também a máxima corrente permitida no condutor de 10 mm<sup>2</sup>, que é de 50 A e foi constatado que o disjuntor mais adequado para a proteção do sistema é um disjuntor unipolar de 40 A. Para o sistema será adotado um disjuntor unipolar Alumbra 40 A [15].

### 3.1.7. Sistema de medição

Segundo [16] o sistema de medição de energia utilizado nas unidades consumidoras com microgeração e que façam adesão do sistema de compensação de energia deverá ser bidirecional ou unidirecional, neste segundo caso, sendo utilizados dois medidores, que terá a função de medir a energia ativa injetada na rede e a energia ativa consumida pela rede. Ainda de acordo com [16], a concessionária, será responsável pela instalação do medidor e o cliente deverá arcar com os custos referentes a diferença entre o valor de um medidor bidirecional e um medidor unidirecional. Desta forma, a nível de custo total do projeto, foi adotado um medidor bidirecional trifásico Nansen 380/220V [17].

Finalizado o dimensionamento do SFCR proposto, o Capítulo 4 analisa o perfil de consumo da unidade geradora, bem como realiza uma estimativa da geração de energia elétrica desse sistema, verifica a quantidade em reais a ser abatida na fatura de energia, desenvolve um levantamento sobre dos preços dos equipamentos e posteriormente faz uma análise acerca da viabilidade econômica do sistema.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente tópico é analisado o perfil do consumo da unidade geradora, a estimativa de geração, o abatimento dos valores da geração na fatura de energia através do sistema de compensação, o levantamento dos preços dos equipamentos bem como a viabilidade econômica do projeto.

##### 4.1. Estimativa de geração

No presente artigo, foi realizado o dimensionamento para a Estação Elevatória P-05 da CAERN em Mossoró-RN e devido a limitação do espaço físico, foi determinado um sistema fotovoltaico com 7,7 kWp, de modo a atender parcialmente a demanda da Unidade Consumidora. Normalmente, a vida útil de um sistema fotovoltaico é de no mínimo 25 anos, no qual a maior parte dos fabricantes oferece garantia de eficiência em 90% nos primeiros 10 a 15 anos e de 80% com até 25 anos. Dessa forma, se nota uma lenta degradação dos componentes.

Na Tabela 5 foi calculado através do método da insolação a energia gerada pelo sistema FV, levando em consideração uma área de ocupação dos painéis de aproximadamente 46 m<sup>2</sup>, uma eficiência de 16,8% e levando em consideração a irradiação média que atinge os módulos que possuem uma inclinação de 15°. Devido as oscilações tarifárias a cada mês, para fins de cálculos, foi levado em consideração o preço do kWh no mês de dezembro de 2017, de modo a obter um resultado mais próximo da realidade atual, já que essa foi a tarifa da fatura de energia mais recente, ou seja, 0,45674 reais por kWh.

| Mês                 | Irradiação (kWh/m <sup>2</sup> /dia) | Dias/mês | Número de Módulos | Geração Diária Média (kWh) | Geração Mensal (kWh) | R\$/Mês        |
|---------------------|--------------------------------------|----------|-------------------|----------------------------|----------------------|----------------|
| Dez                 | 5,73                                 | 31       | 28                | 44,28                      | 1.372,68             | 626,96         |
| Jan                 | 5,29                                 | 31       | 28                | 40,88                      | 1.267,28             | 578,82         |
| Fev                 | 5,32                                 | 28       | 28                | 41,11                      | 1.151,08             | 525,74         |
| Mar                 | 5,12                                 | 31       | 28                | 39,56                      | 1.226,36             | 560,13         |
| Abr                 | 4,96                                 | 30       | 28                | 38,33                      | 1.150,00             | 525,25         |
| Mai                 | 5,36                                 | 31       | 28                | 41,42                      | 1.284,02             | 586,46         |
| Jun                 | 5,07                                 | 30       | 28                | 39,18                      | 1.175,40             | 536,85         |
| Jul                 | 5,50                                 | 31       | 28                | 42,50                      | 1.317,50             | 601,75         |
| Ago                 | 6,25                                 | 31       | 28                | 48,30                      | 1.497,30             | 683,88         |
| Set                 | 6,18                                 | 30       | 28                | 47,75                      | 1.435,50             | 655,65         |
| Out                 | 6,34                                 | 31       | 28                | 49,00                      | 1.519,00             | 693,79         |
| Nov                 | 6,19                                 | 30       | 28                | 47,83                      | 1.434,90             | 655,38         |
| Dez                 | 5,73                                 | 31       | 28                | 44,28                      | 1.372,68             | 626,96         |
| <b>Média mensal</b> |                                      |          |                   |                            | <b>1.323,36</b>      | <b>601,75</b>  |
| <b>Total anual</b>  |                                      |          |                   |                            | <b>17.203,69</b>     | <b>7857,62</b> |

Tabela 5 - Energia gerada pelo Sistema FV (Autoria própria).

Analisando a Tabela 5, a geração anual total através do sistema FV é de cerca de 17,2 MWh e a geração média mensal é de 1,323 MWh, já o valor em reais que seria abatido gira em torno de 7.900 reais anuais.

##### 4.2. Abatimento na conta de energia

Após calcular a estimativa de geração, conforme mostrado na Tabela 5, foi calculado os valores que deverão ser abatidos nas contas de energia através do sistema de compensação. Na Tabela 6 é comparado os valores mensais de consumo sem geração com os valores mensais com geração, sem levar em consideração as tarifas adicionais. Para isso, foi adotado que o consumo da unidade geradora se repetia e também mostra os valores que serão abatidos levando em consideração a tarifa do mês de dezembro de 2017.

| Mês                | Consumo(kWh)     | Geração (kWh)    | Fatura Sem Geração   | Fatura Com Geração |
|--------------------|------------------|------------------|----------------------|--------------------|
| <b>Dez</b>         | 2.563,00         | 1.372,68         | R\$ 1.167,24         | R\$540,28          |
| <b>Jan</b>         | 2.572,00         | 1.267,28         | R\$ 1.178,66         | R\$599,84          |
| <b>Fev</b>         | 2.399,00         | 1.151,08         | R\$ 1.099,38         | R\$573,64          |
| <b>Mar</b>         | 3.008,00         | 1.226,36         | R\$ 1.377,01         | R\$816,88          |
| <b>Abril</b>       | 2.694,00         | 1.150,00         | R\$ 1.108,18         | R\$582,93          |
| <b>Mai</b>         | 2.642,00         | 1.284,02         | R\$ 1.116,78         | R\$530,32          |
| <b>Jun</b>         | 2.492,00         | 1.175,40         | R\$ 1.198,60         | R\$661,75          |
| <b>Jul</b>         | 2.418,00         | 1.317,50         | R\$ 1.142,59         | R\$540,84          |
| <b>Ago</b>         | 2.513,00         | 1.497,30         | R\$ 1.175,29         | R\$491,41          |
| <b>Set</b>         | 2.093,00         | 1.435,50         | R\$ 995,90           | R\$340,25          |
| <b>Out</b>         | 2.283,00         | 1.519,00         | R\$ 1.070,82         | R\$377,03          |
| <b>Nov</b>         | 2.058,00         | 1.434,90         | R\$ 943,37           | R\$287,99          |
| <b>Dez</b>         | 2.748,00         | 1.372,68         | R\$ 1.255,12         | R\$628,16          |
| <b>Total anual</b> | <b>32.483,00</b> | <b>17.203,69</b> | <b>R\$ 14.828,94</b> | <b>R\$6.971,32</b> |

Tabela 6 - Abatimento da geração no consumo mensal (Autoria própria).

Com relação a Tabela 6, pode-se observar que os custos anuais (em reais) com consumo de energia elétrica cairia pela metade ao final do interstício de doze meses. Em relação a geração, o sistema supriria cerca de metade do consumo mensal dessa unidade.

#### 4.3. Levantamento do preço dos equipamentos

Os equipamentos utilizados no projeto são todos encontrados no mercado nacional. Sendo assim, foi realizado um levantamento sobre os preços dos produtos para poder fazer os cálculos econômicos relacionados ao projeto. A Tabela 7 representa os principais equipamentos utilizados no dimensionamento para sistema FV e seu valor de mercado.

| Orçamento Geral     |                               |                                 |                |            |             |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------|------------|-------------|
| Equipamentos        | Modelos                       | Descrição                       | Valor (R\$)    | Quantidade | Total (R\$) |
| <b>Módulos</b>      | Canadian Solar - CS6K         | 270 Wp                          | 506,85 [10]    | 28         | 14.191,80   |
| <b>Inversor</b>     | Fronius – Primo 8.2           | 8.2 kW                          | 14.209,00 [11] | 1          | 14.209,00   |
| <b>String Box</b>   | Agatec Solar - B2CC-40.2C     | 2 disjuntores bipolares e 2 DPS | 520,74 [13]    | 1          | 520,74      |
| <b>Disjuntor CA</b> | Siemens Din 5sx1 340-7        | 40 A                            | 7,67 [14]      | 1          | 7,67        |
| <b>Medidor</b>      | Nansen Trifásico Bidirecional | 380 V / 120 A                   | 565,00 [16]    | 1          | 565,00      |

Tabela 7 – Custo dos equipamentos (Autoria própria).

Os demais componentes que completam um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica são relacionados a: estruturas para fixação dos módulos; condutores; quadros elétricos; projeto; autorização na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); licenciamento; e instalação. De acordo com [18], uma estimativa de custo dos demais componentes do SFCR pode ser calculada, conforme mostra na Tabela 8, para uma instalação residencial de até 3 kW, uma instalação comercial de até 30 kW e uma usina de até 30 MW.

| Aplicação                                | Residencial | Comercial | Usina      | Sistema FV |
|------------------------------------------|-------------|-----------|------------|------------|
| <b>Capacidade</b>                        | 3 kW        | 30 kW     | 30 MW      | 7,7 Kw     |
| <b>Custo de Cabos e Proteções (R\$)</b>  | 2.250,00    | 18.000,00 | 13.100,00  | 5.775,00   |
| <b>Custo do Sistema de Fixação (R\$)</b> | 3.750,00    | 24.000,00 | 14.000,00  | 9.625,00   |
| <b>Serviços (R\$)</b>                    | 3.750,00    | 30.000,00 | 18.000,00  | 9.625,00   |
| <b>Custo Total</b>                       | 9.750,00    | 72.000,00 | 45.1000,00 | 25.025,00  |

Tabela 8 – Custo com os demais componentes (Adaptada de ABINEE, 2017).

Na Tabela 8 é mostrado a estimativa com os demais custos de um projeto para o SFCR de 7,7 kWp desenvolvido neste artigo. Os valores foram obtidos através de interpolação tendo como base os valores referentes a uma unidade residencial de 3kW.

#### 4.4. Viabilidade Econômica

Após o levantamento dos custos dos equipamentos foi possível determinar o custo total do projeto, a qual é mostrada na Tabela 9. Para obter o custo total do projeto em relação a potência instalada é feita a divisão do valor total gasto em equipamentos e serviços pela potência instalada. De acordo com [18] o custo com uma instalação do tipo residencial é de 7,12 R\$/Wp, de 6,27 R\$/Wp para instalações comerciais e de 5,45 R\$/Wp em usinas. No presente projeto foi calculado um valor de 7,02 R\$/Wp, o que é um valor aceitável, já que está R\$0,10 abaixo do estimado para instalações residenciais.

| Equipamentos                | Valor (R\$)      |
|-----------------------------|------------------|
| Módulos                     | 14.191,80        |
| Inversor                    | 14.209,00        |
| String Box                  | 520,74           |
| Disjuntor CA                | 7,67             |
| Medidor Bidirecional        | 565,00           |
| Custo de Cabos e Proteção   | 5.775,00         |
| Custo do Sistema de Fixação | 9.625,00         |
| Serviços                    | 9.625,00         |
| <b>Custo Total</b>          | <b>54.519,21</b> |

Tabela 9 – Custo total do projeto (Autoria própria).

Após o levantamento dos custos dos equipamentos, foi analisado a viabilidade econômica do projeto, a Tabela 10 representa a viabilidade econômica do projeto, o qual se realizou cálculos levando em consideração a queda na eficiência dos módulos fotovoltaicos, de 1,5% no primeiro ano e 0,75% nos anos seguintes, foi além de um ajuste de 5% ao ano na tarifa de energia elétrica. Os valores de Operação e Manutenção (O&M) também foram levados em consideração e representam 1% do custo total do projeto. Para o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) foi considerado uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 15% [18].

| Ano | Desempenho | Tarifa (R\$) | Geração Anual (kWh) | Economia (R\$) | O&M (R\$) | Fluxo de Caixa Acumulado (R\$) |
|-----|------------|--------------|---------------------|----------------|-----------|--------------------------------|
| 0   |            |              |                     |                |           | -54.519,21                     |
| 1   | 100%       | 0,45674      | 17.203,69           | 7857,61        | R\$545,19 | -47.206,79                     |
| 2   | 98,50%     | 0,47958      | 16945,63            | 8126,74        | R\$545,19 | -39.625,24                     |
| 3   | 97,75%     | 0,50356      | 16816,61            | 8468,10        | R\$545,19 | -31.702,34                     |
| 4   | 97,00%     | 0,52873      | 16687,58            | 8823,28        | R\$545,19 | -23.424,24                     |
| 5   | 96,25%     | 0,55517      | 16558,55            | 9192,82        | R\$545,19 | -14.776,62                     |
| 6   | 95,50%     | 0,58293      | 16429,52            | 9577,24        | R\$545,19 | -5.744,57                      |
| 7   | 94,75%     | 0,61208      | 16300,50            | 9977,13        | R\$545,19 | 3.687,37                       |
| 8   | 94,00%     | 0,64268      | 16171,47            | 10393,06       | R\$545,19 | 13.535,24                      |
| 9   | 93,25%     | 0,67481      | 16042,44            | 10825,65       | R\$545,19 | 23.815,70                      |
| 10  | 92,50%     | 0,70855      | 15913,41            | 11275,51       | R\$545,19 | 34.546,01                      |
| 11  | 91,75%     | 0,74398      | 15784,39            | 11743,29       | R\$545,19 | 45.744,11                      |
| 12  | 91,00%     | 0,78118      | 15655,36            | 12229,66       | R\$545,19 | 57.428,58                      |
| 13  | 90,25%     | 0,82024      | 15526,33            | 12735,31       | R\$545,19 | 69.618,69                      |
| 14  | 89,50%     | 0,86125      | 15397,30            | 13260,95       | R\$545,19 | 82.334,45                      |
| 15  | 88,75%     | 0,90431      | 15268,27            | 13807,31       | R\$545,19 | 95.596,57                      |
| 16  | 88,00%     | 0,94953      | 15139,25            | 14375,16       | R\$545,19 | 109.426,54                     |
| 17  | 87,25%     | 0,99701      | 15010,22            | 14965,28       | R\$545,19 | 123.846,63                     |
| 18  | 86,50%     | 1,04686      | 14881,19            | 15578,47       | R\$545,19 | 138.879,91                     |
| 19  | 85,75%     | 1,09920      | 14752,16            | 16215,57       | R\$545,19 | 154.550,29                     |
| 20  | 85,00%     | 1,15416      | 14623,14            | 16877,43       | R\$545,19 | 170.882,52                     |
| 21  | 84,25%     | 1,21187      | 14494,11            | 17564,93       | R\$545,19 | 187.902,27                     |
| 22  | 83,50%     | 1,27246      | 14365,08            | 18279,00       | R\$545,19 | 205.636,07                     |
| 23  | 82,75%     | 1,33608      | 14236,05            | 19020,56       | R\$545,19 | 224.111,44                     |
| 24  | 82,00%     | 1,40289      | 14107,03            | 19790,57       | R\$545,19 | 243.356,82                     |
| 25  | 81,25%     | 1,47303      | 13978,00            | 20590,04       | R\$545,19 | 263.401,67                     |

Tabela 10 – Viabilidade econômica (Autoria própria).

Como visto, para a implantação do SFCR será necessário um investimento inicial de R\$54.519,21. Tendo o valor do investimento e o valor de economia anual, aplicou-se o método do Valor Presente Líquido (VPL) através do *software* Excel®, o que mostrou o investimento seguro e com retorno estimado em 7 anos. Calculando o *payback* do investimento, foi obtido um valor aproximado ao do VPL de um pouco mais de 7 anos. O Gráfico 2 ilustra o fluxo de caixa acumulado ao longo dos 25 anos de geração do SFCR dimensionado.

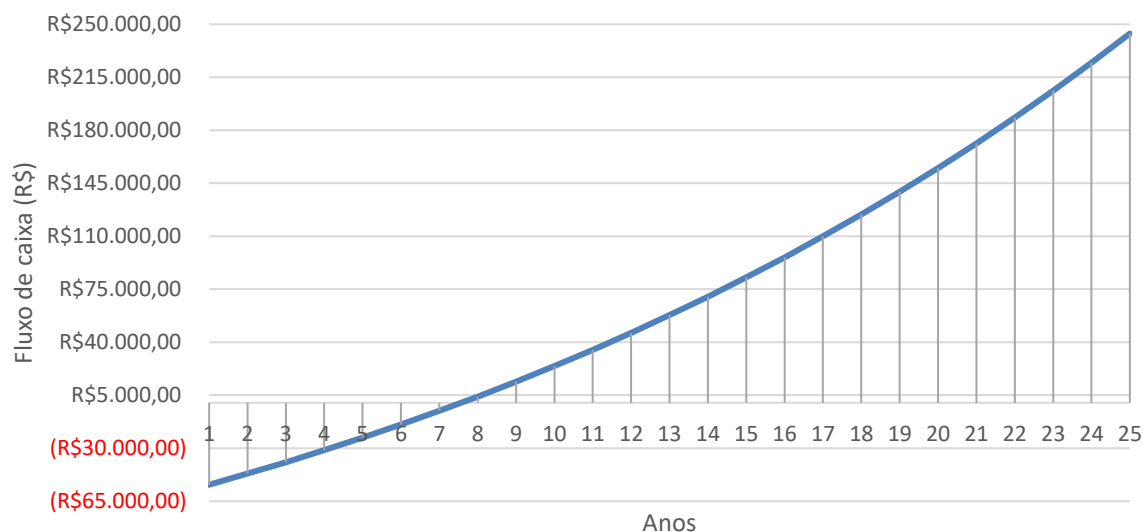


Gráfico 2 – Fluxo de Caixa Acumulado ao longo de 25 anos (Autoria própria).

A economia ao decorrer da vida útil do sistema é considerável, pois ao longo dos 25 anos de funcionamento do sistema o fluxo de caixa vai ser equivalente a cinco vezes o valor investido inicialmente, tornando-se um ótimo investimento a médio e longo prazo.

## 5. CONCLUSÃO

O presente artigo teve como objetivo dimensionar um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica para suprir uma Estação Elevatória da CAERN, além de indicar a viabilidade econômica do projeto e seu tempo de retorno através do método VPL, aplicado para se saber o *payback* do sistema.

Foi possível avaliar que o sistema teria a capacidade de gerar cerca de 50% da energia consumida, em média, podendo gerar uma energia com confiabilidade e qualidade. Os resultados durante o desenvolvimento desse trabalho demonstram grandes vantagens de se implantar um sistema fotovoltaico, mostrando-se ser um bom investimento a médio e longo prazo reduzindo aproximadamente 50% dos gastos com energia elétrica. Partindo dos resultados obtidos se concluiu que a utilização de energias renováveis, como a solar fotovoltaica, ainda se necessita de um investimento relativamente alto, aproximadamente 54 mil reais, com um custo de 7,02 R\$/Wp, produzindo em média 1.323,36 kWh mensais e 17.203,69 kWh anuais de energia.

Avaliando no âmbito econômico, percebeu-se que o sistema apresenta um tempo de retorno a médio prazo, pouco mais de 7 anos, entretanto, vale salientar que os SFCR apresentam vida útil de 20 a 25 anos, se mostrando assim viável tecnicamente, possibilitando, desta maneira um total 13 a 18 anos de economia, o que corresponde a um valor em caixa, ao fim dos 25 anos, de cinco vezes o valor investido inicialmente. Assim, o projeto é viável quanto a sua implantação, se mostrando como uma solução para geração de energia renovável, além de promover uma maior diversificação na matriz energética.

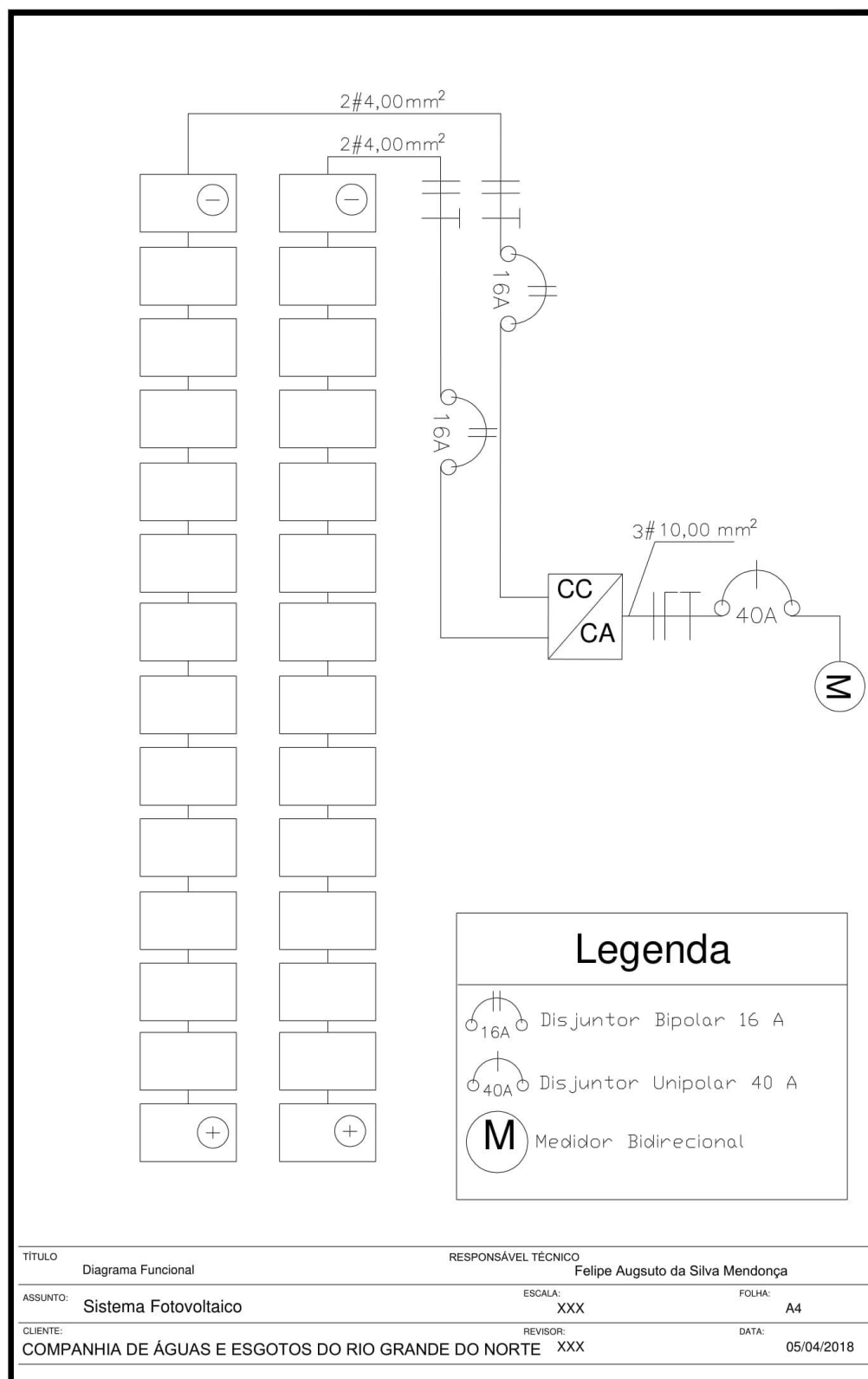
Por fim, tendo em vista que o limitado espaço disponível na unidade geradora foi o fator determinante para o cálculo da potência instalada, propõe-se realizar o dimensionamento em outro local, já que se pode aproveitar do sistema de compensação, desde que seja no mesmo CNPJ, tendo como base a energia consumida mensalmente sem ter que se preocupar com o espaço, podendo aumentar o percentual de suprimento de energia para um valor total.

Na elaboração do estudo de viabilidade através do método VPL não foram considerados alguns parâmetros como por exemplo a vida útil do inversor e o crescimento das bandeiras tarifárias de energia durante os anos, desta forma, recomenda-se uma análise que englobe o máximo de fatores que possam influenciar no tempo de retorno do sistema.

## 6. REFERÊNCIAS

- 
- [1] GUERRA, M.I.S. **Análise do desempenho elétrico de um gerador fotovoltaico com o auxílio da tecnologia PVT**. João Pessoa/PB, 2016.
- [2] BASTOS, Matheus Fonseca. **Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico para o campus da UFERSA Caraubas**. 2017. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraubas, 2017.
- [3] EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Projeção da demanda de energia elétrica**. Rio de Janeiro: Epe, 2017. 95 p. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2017-2026). Disponível em: <[http://antigo.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA\\_001\\_2017 - Projeções da Demanda de Energia Elétrica 2017-2026\\_VF.pdf](http://antigo.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA_001_2017_-_Projeções_da_Demanda_de_Energia_Elétrica_2017-2026_VF.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2018.
- [4] GOMES, Daniel Mescoito. **Importância do volume útil do poço de sucção na redução do consumo de energia elétrica em estação elevatória de esgoto**. 2010. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. Disponível em: <[http://www.ufpa.br/ppgec/data/producaoacademica/Daniel Mescoito.pdf](http://www.ufpa.br/ppgec/data/producaoacademica/Daniel_Mescoito.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2018.
- [5] CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. **Manual de engenharia para sistema fotovoltaico**. Rio de Janeiro, 2014.
- [6] SILVEIRA, Maria Teresa Targino Macedo. **Estudo de viabilidade técnico-econômica para utilização de um sistema fotovoltaico conectado à rede em uma unidade de bombeio centrífugo submerso**. 2016. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia de Energia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.
- [7] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **687/2015: RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015**. Brasília: Aneel, 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2018.
- [8] ELETROBRÁS/Procel – Plano de ação Procel Sanear 2006/2007, setembro de 2005. Léo Heller e Valter Lúcio de Pádua (Organizadores). **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 859 p.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15569:2008: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - projeto e instalação**. Rio de Janeiro: Abnt, 2008.
- [10] CASA SOLAR. **PAINEL SOLAR 275W CANADIAN SOLAR – CS6K-275P**. Disponível em: <<https://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-275w-canadian-solar-cs6k-275p-79244?atributo=178:UNICA&atributo=25:U&atributo=26:UNICA#topo>>. Acesso em: 05/04/2018.
- [11] CASA SOLAR. **INVERSOR GRID-TIE 8,2KW COM WI-FI FRONIUS - PRIMO 8.2**. Disponível em: <<https://www.minhacasasolar.com.br/produto/inversor-grid-tie-8-2kw-com-wi-fi-fronius-primo-8-2-79235?atributo=178:UNICA&atributo=25:U&atributo=26:UNICA>> . Acesso em: 05/04/2018.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410:2004: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. Disponível em: <[https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas e relatorios/NRs/nbr\\_5410.pdf](https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas_e_relatorios/NRs/nbr_5410.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2018.
- [13] MERCADO LIVRE. **DISJUNTOR UNIPOLAR 16A DC/CC CORRENTE CONTINUA**. Disponível em: < [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-980082936-disjuntor-unipolar-16a-dccc-corrente-continua-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-980082936-disjuntor-unipolar-16a-dccc-corrente-continua-_JM) > . Acesso em: 05/04/2018.
- [14] MERCADO LIVRE. **STRING BOX PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CC 500/16-250V**. Disponível em: < [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-932487357-string-box-para-sistemas-fotovoltaicos-cc-50016-250v-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-932487357-string-box-para-sistemas-fotovoltaicos-cc-50016-250v-_JM) > .
- [15] MERCADO LIVRE. **DISJUNTOR UNIPOLAR ALUMBRA 40A CURVA C**. Disponível em: < [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-728463418-disjuntor-unipolar-alumbra-10a-16a-20a-25a-32a-40a-50a-c-\\_JM?searchVariation=15546876681](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-728463418-disjuntor-unipolar-alumbra-10a-16a-20a-25a-32a-40a-50a-c-_JM?searchVariation=15546876681) > . Acesso em: 05/04/2018.
- [16] COSERN. VR01.01-00.12: **CONEXÃO DE MICROGERADORES AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO EM BAIXA TENSÃO**. 3ª ed. Rio Grande do Norte: Grupo Neoenergia, 2016. 25 p.
- [17] MERCADO LIVRE. **MEDIDOR DE ENERGIA BI E TRIFÁSICO BIDIRECIONAL MICROGERAÇÃO**. Disponível em: < [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-864847421-medidor-de-energia-bi-e-trifasico-bidirecional-microgeraco-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-864847421-medidor-de-energia-bi-e-trifasico-bidirecional-microgeraco-_JM) > . Acesso em: 05/04/2018.
- [18] ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. São Paulo: Abinee, 2012. 176 p. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2018.
-

## APÊNDICE I – DIAGRAMA FUNCIONAL

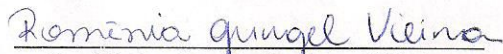


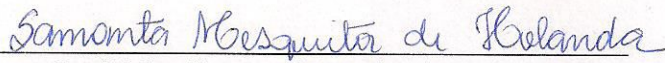
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

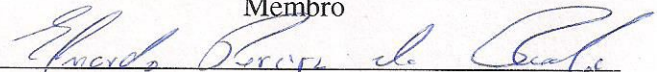
Às 16:00 horas do dia **18 de abril de 2018**, no Laboratório de Energias Renováveis, Campus Leste da UFERSA, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso do aluno Felipe Augusto da Silva Mendonça, aluno do curso de Ciência e Tecnologia desta Instituição, com o título **“DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA ALIMENTAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DA CAERN”**. A Banca Examinadora foi constituída pelos professores, Maria Izabel da Silva Guerra, presidente da banca e orientadora do trabalho; Romênia Gurgel Vieira; Ednardo Pereira da Rocha e Samanta Mesquita de Holanda. Foram registradas as seguintes ocorrências: foi apresentado o trabalho pelo discente e houve arguição por parte dos membros da Banca Examinadora. A defesa foi pública com a presença de outras pessoas. As sugestões de alterações textuais foram entregues ao aluno que se comprometeu em fazê-las na sua totalidade. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da Banca Examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: 8,0, 8,0, 8,0; 8,0. Apuradas as notas, verificou-se que o **aluno foi APROVADO com média geral 8,0; cumprindo as exigências para a aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso**. E, para constar, eu, Maria Izabel da Silva Guerra, presidente da Banca Examinadora e Orientador do Trabalho de Conclusão de Curso do aluno Felipe Augusto da Silva Mendonça lavrei a presente ata que, após lida e considerada conforme, segue assinada pelos Professores membros da Banca Examinadora.

Mossoró, 18 de abril de 2018

  
Prof. Msc. Maria Izabel da Silva Guerra  
Presidente

  
Prof. Msc. Romênia Gurgel Vieira  
Membro

  
Prof. Msc. Samanta Mesquita de Holanda  
Membro

  
Prof. Msc. Ednardo Pereira da Rocha  
Membro