

**UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**HUGO MENDES  
LUCAS SANTOS DE OLIVEIRA**

**VIABILIDADE E INSTALAÇÃO DE ENERGIA SOLAR DISTRIBUIDA EM UMA  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

**PUBLICAÇÃO N°: XXXXXXX**

**CERES / GO**

**2019**

**HUGO MENDES  
LUCAS SANTOS DE OLIVEIRA**

**VIABILIDADE E INSTALAÇÃO DE ENERGIA SOLAR DISTRIBUIDA EM UMA  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

**PUBLICAÇÃO Nº: XXXXXXX**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

**ORIENTADOR: VITOR MAGALINI ZAGO DE SOUSA**

**CERES / GO: 2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

MENDES, HUGO; OLIVEIRA, LUCAS SANTOS

Viabilidade e instalação de energia solar distribuída em uma residência unifamiliar 2019, 14P, (ENC/UniEVANGÉLICA – Campus Ceres, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - Unievangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                 |   |
|-----------------|---|
| 1. Fotovoltaica | 2. <i>net metering</i>  |
| 3. Viabilidade  | 4. Energia Solar  |
| I. ENC/UNI      | II. Viabilidade e instalação de energia solar distribuída em uma residência unifamiliar |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MENDES, H; OLIVEIRA, L. S. Viabilidade e instalação de energia solar distribuída em uma residência unifamiliar. TCC, Publicação ENC. PF-001A/07xxxxxxx, Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Ceres, GO, 14p. 2019.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Hugo Mendes; Lucas Santos de Oliveira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Viabilidade e instalação de energia solar distribuída em uma residência unifamiliar

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2019

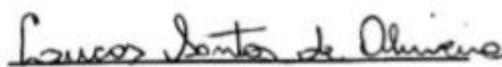
É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Hugo Mendes

Rua: Carlos A. Deibert nº 3

76360-000 - Itapaci/GO - Brasil



Lucas Santos de Oliveira

Rua: Goiás nº 51

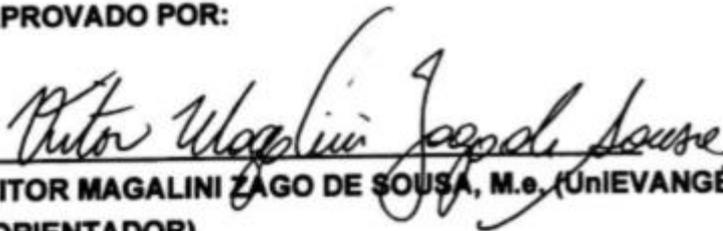
76360-000 - Itapaci/GO - Brasil

HUGO MENDES  
LUCAS SANTOS DE OLIVEIRA

VIABILIDADE E INSTALAÇÃO DE ENERGIA SOLAR DISTRIBUIDA EM UMA  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.

APROVADO POR:



VITOR MAGALINI ZAGO DE SOUSA, M.e. (UnIEVANGÉLICA – Campus Ceres)  
(ORIENTADOR)



VILSON DALLA LIBERA JUNIOR, M.e. (UnIEVANGÉLICA – Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)



RODRIGO NASCIMENTO PORTILHO DE FARIA, M.e. (UnIEVANGÉLICA –  
Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: CERES/GO, 09 de DEZEMBRO de 2019.

# VIABILIDADE E INSTALAÇÃO DE ENERGIA SOLAR DISTRIBUIDA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Hugo Mendes<sup>1</sup>  
Lucas Santos de Oliveira<sup>2</sup>  
Vitor Magalini Zago de Souza<sup>3</sup>

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo calcular e definir a viabilidade de um sistema de captação de energia fotovoltaica distribuída em uma residência unifamiliar. Já que sistemas de geração de energia limpa é um dos temas mais discutidos atualmente e diretamente atrelado ao desenvolvimento sustentável, busca-se nessa análise a comprovação da superioridade econômica e sustentável de um sistema FV em relação ao disponibilizado pelas concessionárias atuais. Pensando na total utilização do *net metering*, normatizado pela Resolução ANEEL 482, o qual possibilita a compensação da energia produzida, além da consumida, gerando um bônus energético para uma utilização posterior, foi dimensionado e orçamentado um sistema fotovoltaico distribuído. A partir desse pressuposto, foram analisados os resultados do projeto, de acordo com a análise dos dados de cálculo e valores aplicados a esse sistema, que resultou na viabilidade deste sistema.

**Palavras-chave:** Energia Fotovoltaica. Residência Unifamiliar Resolução ANEEL 482.

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [hmendes.project@gmail.com](mailto:hmendes.project@gmail.com)

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [lucas111296@hotmail.com](mailto:lucas111296@hotmail.com)

<sup>3</sup> Mestre, professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [vitormagalinizago@gmail.com](mailto:vitormagalinizago@gmail.com)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2 MATERIAL E METODOS.....</b>	<b>8</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Incidência solar no Brasil.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Consumo Médio Residencial.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 Dimensionamento do Sistema.....</b>	<b>10</b>
<b>3.4 Valores Econômicos.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5 Homologação e Benefícios da Resolução ANEEL 482.....</b>	<b>13</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>15</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um país tem seus princípios baseados em seu potencial energético. Atualmente muito se ouve falar desse tema atrelado à sustentabilidade. Levando em conta as condições do Brasil para a produção de energia elétrica a partir da irradiação solar, é possível então utilizar desta técnica para alcançar uma energia limpa, renovável e com impactos mínimos ao meio ambiente (FONTES, 2019).

No contexto atual, o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidroelétrico de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas que correspondem à aproximadamente 65,2% da energia elétrica gerada no país de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (BEN, 2017). Já a energia Solar, corresponde a menos de 1% deste mesmo quadro.

Segundo o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014), há duas formas de se aproveitar a energia proveniente do Sol, por efeito fotovoltaico, que é a conversão da irradiação solar em energia elétrica, ou térmico, que é a conversão da irradiação solar em calor. No efeito fotovoltaico (FV), obtém-se a energia elétrica através da incidência de fótons da radiação solar sobre um material semicondutor. O semicondutor é o principal componente das células solares convencionais, que, quando conectadas entre si, constituem o núcleo dos chamados painéis solares. Estes painéis são conectados a um inversor, o qual tem a função de converter a corrente gerada pelos painéis em corrente alternada, esta conversão possibilita o uso doméstico convencional da mesma (CESARO, 2010). Desta forma, esse sistema atende a demanda por energia elétrica das residências familiares, comércios e até indústrias em geral (OLIVEIRA, 2002).

No Brasil, a produção de energia a partir do sol teve destaque nos sistemas que geram calor (para aquecimento de água) e na geração de energia elétrica fotovoltaica, que nesse caso, divide-se de forma distribuída ou centralizada, ressaltando o foco na geração distribuída, na modalidade distribuída, os sistemas podem ser isolados (*OFF-GRID*), também conhecidos por autônomos, que possuem, ou não, baterias para que a energia produzida seja armazenada para utilização nos períodos que não há incidência solar ou conectados à rede elétrica (DIDONE et al, 2017). Os componentes principais de um sistema fotovoltaico isolado de geração de energia são: painel fotovoltaico, controlador de carga e inversor. Nos sistemas conectados à rede (*ON-GRID*), deve ser incluído a medição bidirecional de energia, porém, mesmo conectados à rede, há a possibilidade de se manter o banco de baterias quando se opta por um sistema híbrido em localidades com alta instabilidade na rede elétrica (BNDS, 2019).

A conexão entre energia e meio-ambiente tem sido objeto de muitas pesquisas e algumas vezes é possível estabelecer a relação causa e efeito entre o uso de energia, desenvolvimento socioeconômico e danos ao meio ambiente (MARTINS et al, 2004), com base nos dados do BEN (2017), no ano de 2007, foi registrado o aumento no consumo de energia elétrica mais notório da década, cerca de 5%, aumento este, que se decorreu através do crescimento sustentável do Brasil, porém, o racionamento, devido ao baixo nível dos reservatórios de água foi evitado por meio do acionamento das termoeletricas que geram altos custos para o consumidor final e afetam negativamente o meio ambiente, deste modo, o uso e consumo de energia solar pode ser adotado para a solução destes dois problemas (MELO, 2013)

A implantação de sistemas FV para a geração de energia solar no Brasil vem evoluindo em grande escala, a justificativa para tal aumento se dá pelas condições climáticas favoráveis, as vantagens econômicas e ambientais e a desburocratização concedida através da resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ANEEL 482.

A Resolução ANEEL 482 de 17 de abril de 2012 foi um marco de grande importância para o aumento da utilização de sistemas solares de geração distribuída, onde alguns incentivos

foram instituídos, um exemplo deles é a compensação de energia com a nova figura do produtor-consumidor, que faz parte do domínio do chamado sistema *net metering*, de acordo com a resolução ANEEL 482, o sistema *net metering* tem como principal característica a possibilidade de injeção da energia elétrica produzida e não utilizada pelos painéis fotovoltaicas na rede elétrica da concessionária, que dessa forma, é convertida em créditos que podem ser aproveitados posteriormente, caso o consumo não supere o produzido pelos painéis (ROSA, 2017)

Em 24 de novembro de 2015, a ANEEL aprimorou a Resolução 482/2012, ampliando os incentivos à geração solar distribuída, que dentre os benefícios, houve o aumento de prazo em que os créditos gerados são válidos de 1 ano para 5 anos, aumento do limite da potência instalada de 1MW para 5MW e a simplificação do processo de registro, que facilita o registro do produtor de energia solar para com a concessionária local, com a diminuição dos custos com registro e equipamentos, o aumento da eficiência dos sistemas solares, tanto tecnologicamente quanto burocraticamente, a redução do custo final da produção de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos em relação as tarifas das concessionárias se tornou uma realidade, que junto aos incentivos previstos na Resolução da ANEEL 482 (2012), impulsionaram a autoprodução de energia (BNDS, 2019).

O presente estudo tem como objetivo proporcionar uma reflexão quanto à forma energética atual e seus impactos ambientais, sociais e econômicos, visando uma alternativa sustentável e eficaz com a utilização da energia solar, com a finalidade de complementar o sistema atual e o objetivo de viabilizar um sistema de captação de energia solar distribuído, além das adequações caso sejam necessárias em uma residência unifamiliar.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Nesse estudo foram utilizadas informações da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, o planejamento de médio prazo que incorpora uma meta de emissões de Gases do Efeito Estufa – GEE, de acordo com o estabelecido na Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (Lei 12.187/2009).

Para constatação do consumo médio energético de uma residência unifamiliar foram utilizados as últimas 12 leituras fornecidas pela ENEL, concessionária responsável pelo fornecimento e distribuição de energia elétrica na cidade de Itapaci-GO, que possuem, 2 televisões, 1 geladeira, 1 ferro de passar elétrico, 2 chuveiros elétricos, 1 aparelho micro-ondas e 1 máquina de lavar, como equipamentos utilizados diariamente.

Além do consumo encontrado pela média dos consumos mensais disponibilizados pela concessionária, também foi levado em conta o cálculo de previsão de carga normatizado pela ABNT NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão, para a constatação do pico de consumo da residência modelo.

Com base no consumo médio encontrado, será desenvolvido e orçamentado um sistema de captação de radiação solar capaz de manter o funcionamento da residência em questão, interdependente da concessionária, utilizando-se do benefício do *net metering* provisionado pela Resolução da ANEEL 482 (2012).

Foi analisada a necessidade de adequação estrutural e técnica na instalação dos equipamentos com apoio nas normas:

ABNT NBR 6120:2000 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;

ABNT NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão;

ABNT NBR 16149:2013- Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.

O objetivo desta pesquisa foi dimensionar um sistema FV, utilizando como base de cálculo e dimensionamento o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, levando em consideração o consumo disponibilizado pela concessionária responsável pela venda e distribuição de energia elétrica na cidade de Itapaci-GO e o cálculo de previsão de carga previsto pela ABNT NBR 16149:2013 para a constatação de pico e performance de utilização da residência em questão, o ganho diário por radiação solar para o conhecimento do potencial deste sistema na região em questão e os valores econômicos para método de comparação de viabilidade econômica que serão possíveis após o pré-dimensionamento e a escolha dos equipamentos corretos para o funcionamento adequado previsto.

Após analisar o investimento financeiro e o cálculo de rentabilidade consequente da utilização do sistema FV, foi possível identificar a viabilidade ou inviabilidade econômica do sistema.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Incidência solar no Brasil**

A conversão, de forma direta, da energia proveniente da irradiação solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre alguns materiais específicos, particularmente os semicondutores, estes, podem possibilitar a conversão da energia solar em alguns efeitos consequentes, entre eles, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. No efeito termoelétrico, esta conversão é caracterizada quando há o surgimento de uma diferença de potencial, a diferença de potencial ocorre quando há a junção de dois metais, em condições específicas. No efeito fotovoltaico, os fótons, que estão presentes na luz solar, são transformados em energia elétrica, a transformação é possível quando se faz uso de células solares (COSTA et al, 2018).

Para que o processo de captação fotovoltaica ocorra de forma eficiente e concisa, o primeiro fator que deve ser levado em conta é a incidência solar média da região onde será feita instalação do sistema, atualmente existem ferramentas e dados catalogados que facilitam a constatação deste fator, uma destas é o Sun Data em sua terceira versão (OLIVEIRA, 2002).

Segundo dados disponibilizados pelo Sun Data, que é disponibilizado pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Brito (CRESESB), em parceria com a Eletrobras e o Ministério de Minas e Energia do Brasil, usando como base o Atlas Brasileiro de Energia Solar - 2ª Edição, em Itapaci-GO, com Latitude 14,9° S e Longitude 49,549° O, a média de irradiação solar anual é de 5,41 kWh/m<sup>2</sup>.dia,

#### **3.2 Consumo Médio Residencial**

Conforme as leituras disponibilizadas pela ENEL, foram somadas 12 leituras, de Julho de 2018 até Junho de 2019 e divididas por 12, gerando assim uma média mensal. A média de consumo entre 12 meses foi de 269,5 Kwh/Mês.

Foi utilizado o custo médio por Kwh, que é de R\$ 0,8693 já corrigido com IMS, PIS e COFINS, adicionando-se o valor de R\$ 22,91 fixos do custeio da iluminação pública. Além do cálculo médio de consumo, foi calculada a previsão de carga utilizando como base a ABNT NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão, considerando todos os equipamentos listados para a residência modelo, o tempo de utilização de cada um e 4 ocupantes na residência, onde chegou-se a um valor médio de 339,7 kWh/mês de consumo energético estimado.

Percebe-se uma diferença entre o consumo encontrado pelo método de previsão de carga e o disponibilizado pela ENEL. Segundo a ABNT NBR 5410, esta diferença está relacionada

ao fato de que no método de cálculo de previsão de carga, o resultado obtido usa como base situações extremas de consumo e coeficientes de segurança para garantir que toda a fiação e outros componentes do projeto elétrico sejam capazes de suportar as cargas de todos equipamentos em questão, além de que, os hábitos de consumo de uma residência podem variar de forma elevada dependendo do estilo de vida de seus ocupantes.

Deste modo, baseando-se no Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, que sugere que o máximo de eficiência destes sistemas é baseado nos picos de consumo, a média utilizada para os demais cálculos foi a encontrada pelo método de previsão de carga, 339,7 Kwh/Mês, pois garante que o sistema esteja apto a suportar toda a demanda da residência.

### 3.3 Dimensionamento do Sistema

Conforme as recomendações do Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014), para um sistema fotovoltaico distribuído (conectado na rede elétrica da residência) são necessários alguns equipamentos: painéis fotovoltaicos (placas solares), inversor solar, estrutura de fixação, e material utilizado na cobertura da mesma, cabos e conectores específicos para energia fotovoltaica e alguns outros materiais elétricos que podem ser encontrados em lojas especializadas, além disso, é importante considerar a carga mecânica que esse sistema vai gerar sobre a estrutura de cobertura da residência, devido o mesmo ser desenvolvido para instalação sobre o telhado.

O painel escolhido para o dimensionamento do sistema foi o painel solar CS3U-400w da empresa *Canadian Solar*, que segundo as especificações técnicas da fabricante, possuem, 25 anos de durabilidade, dimensão de 2,032m<sup>2</sup>(1,004mx2,024m), eficiência (Eff) de 16,9% e massa unitária de 24,9kg, que geram em uma carga distribuída de 122,54 N/m<sup>2</sup>. Esta carga unitária de cada painel será utilizada posteriormente quando for possível apontar a quantidade de painéis necessários para o sistema, em seguida calculou-se a potência nominal.

A partir da coleta de todos os dados, foi possível calcular a potência nominal necessária. Segundo o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, para o cálculo da potência nominal necessária, três fatores são importantes. O primeiro fator é o consumo médio diário (E) da residência, que é o valor do consumo anual dividido pelo total de dias do ano, que neste caso, foram os 339,7 Kwh/Mês vezes 12 meses, divididos por 365 dias, obteve-se o consumo médio diário de 11,17 kWh/dia. O segundo fator é o ganho diário por radiação solar (G<sub>poa</sub>), a qual incide no plano do arranjo fotovoltaico que possibilita uma previsão da irradiação solar média, fator de suma importância no dimensionamento, pois demonstra o potencial da região em relação a captação de energia FV. Supondo a instalação dos painéis com um ângulo de inclinação igual -17° (posição horizontal) onde se consegue a eficiência máxima dos painéis, segundo o fabricante, associado aos dados fornecidos pelo Sun Data, o ganho médio total de radiação durante o dia para a cidade de Itapaci-GO corresponde a 5,41 kWh/m<sup>2</sup> por dia. O terceiro fator é o rendimento do sistema (R), onde o valor utilizado foi o mínimo normatizado pela resolução ANEEL 482, que é 93%. Com todos os fatores adquiridos, foi possível dimensionar através da aplicação da Equação 1 a potência nominal instalada (P<sub>cc</sub>) necessária para atender a demanda da residência.

$$P_{cc} = \frac{E}{\frac{G_{poa}}{R}} \quad (1)$$

Onde:

P<sub>cc</sub> = Potência média necessária (kW<sub>pcc</sub>);

E = Consumo médio diário durante o ano (kWh/dia);

G<sub>poa</sub> = Ganho por radiação solar: média mensal do total diário (kWh/m<sup>2</sup> /dia);

R = Rendimento do sistema (%).

Desta forma, para o rendimento normatizado pela ANEEL, que é de aproximadamente 93% (valor que varia de acordo com o modelo de inversor de corrente utilizado), será necessária uma produção solar de 2,28 kW<sub>pcc</sub> para atender as necessidades diárias de consumo da residência, salientado que a Resolução da ANEEL 482 (2012) permite a auto produção de energia fotovoltaica de até 5 kW, portanto este sistema atende a resolução. A partir deste dado é possível calcular a área mínima necessária para os painéis, que por sua vez, determina também a quantidade de painéis necessários para a instalação. De acordo com o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, para o cálculo da área mínima necessária devem ser utilizados dois fatores. O primeiro é a potência média necessária (P<sub>cc</sub>), que neste caso foi de 2,28 kW<sub>pcc</sub>, o segundo, é a eficiência do painel (Eff), que neste caso, para o modelo CS3U-400w da *Canadian Solar*, é de 16,9%, segundo a fabricante, com todos os fatores encontrados, foi possível encontrar a área mínima necessária igual a 13,49m<sup>2</sup>, através da Equação 2.

$$A_{total} = \frac{P_{cc}}{Eff} \quad (2)$$

Onde:

A<sub>total</sub> = Área de painéis (m<sup>2</sup>);

P<sub>cc</sub> = Potência média necessária (kW<sub>pcc</sub>);

Eff = Eficiência do painel (%).

Dividindo-se os 13,49m<sup>2</sup> de área mínima necessária de painéis solares pelos 2,032m<sup>2</sup> por painel do modelo CS3U-400w da empresa *Canadian Solar*, foi possível encontrar a quantidade mínima de 6,64 painéis, neste caso, foram adotados 7 painéis.

A partir da quantidade total de painéis encontrada, foi possível determinar a carga total que estes descarregam na estrutura de cobertura, multiplicando a quantidade de 7 painéis pela carga unitária por painel calculada previamente de 122,54 N/m<sup>2</sup>, foi determinada a carga total 0,86 KN/m<sup>2</sup>.

De acordo com a ABNT NBR 6120:2000 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, para estruturas de cobertura, é necessário a adição de uma carga acidental distribuída de 1 KN/m<sup>2</sup>, além do peso próprio da estrutura, como a carga dos painéis é inferior a esta carga acidental, não será necessária a alteração na estrutura de cobertura.

Outro fator importante previsto no Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, é a incidência de áreas sombreadas sobre os painéis, que geralmente ocorrem em grandes centros urbanos, regiões montanhosas e em decorrência da própria estrutura da edificação, este fator adiciona um coeficiente que depende da quantidade das somas das áreas sombreadas, porém, como a residência modelo analisada não se enquadra em nenhuma dessas características, possui uma estrutura de cobertura dividida em duas águas (duas quedas), e a caixa d'água foi instalada na parte interna da mesma, não foram consideradas as áreas sombreadas e não se fez necessário a adição deste coeficiente, o que favorece a eficiência total dos painéis.

Conforme o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, partir deste ponto, foi possível determinar a quantidade e as características mínimas necessárias para a escolha do inversor a ser utilizado na instalação. O inversor deve ter no mínimo 93% de rendimento do sistema (R) e suportar a potência média necessária (P<sub>cc</sub>) de no mínimo 2,28 kW<sub>pcc</sub>, o inversor escolhido para dar continuidade no dimensionamento foi *Grid-Tie SMA Sunny Boy SB2.5-1VL-40*, da fabricante alemã SMA Solar. De acordo com as características disponibilizados pela própria fabricante, este modelo de inversor possui 5 anos de garantia, entrega uma potência nominal de entrada (P<sub>cc</sub>) de 2,5 kW, que é superior à necessária de 2,28 kW. Com saída nominal CA: 220/230/240Vca a 50/60Hz, esta saída nominal contempla a voltagem de utilização disponibilizada pela concessionária na cidade de Itapaci-GO, 220V, e possui uma taxa de

rendimento do sistema (R) de 97,2%. Estas características são suficientes para que o sistema dimensionado trabalhe com o máximo do rendimento calculado.

Portanto, os principais equipamentos e suas quantidades foram encontrados, contemplando as características pré dimensionadas com o apoio principal do Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos de acordo com o quadro 1.

Quadro 1 – Características e quantidades dos equipamentos

Características	Inversores (Grid-Tie SMA Sunny Boy, SB2.5-1VL-40)	Painéis Fotovoltaicos (Canadian Solar CS3U-400w)
Potência nominal necessária (kW)	2,28	–
Potência nominal característica (kW)	2,50	–
Rendimento do sistema necessária (%)	93,00	–
Rendimento característico do sistema (%)	97,20	–
Área mínima necessária de painéis (m <sup>2</sup> )	–	13,49
Área característica dos painéis (m <sup>2</sup> )	–	2,03
Eficiência do painel (%)	–	16,90
Vida útil informada (anos)	25	25
Quantidade necessária (Un)	1	7

Fonte: Próprio autor (2019)

### 3.4 Valores Econômicos

Utilizando-se dos dados fornecidos pela ENEL, o custo médio energético atual no estado de Goiás que é de R\$ 0,8693 por kWh/mês mais R\$ 22,91 fixos do custeio da iluminação pública, ou seja, com média adquirida na residência exemplo deste estudo de 339,7 kWh/mês, obtém-se uma média de R\$ 318,21 por mês.

De acordo com os valores de mercado atuais, referentes ao mês Outubro de 2019, foi possível quantificar o valor total médio deste sistema pre-dimensionado tendo como base os equipamentos escolhidos no mesmo, o inversor possui o preço médio de R\$ 4.000,00 por unidade e o painel R\$ 1.050,00 por unidade, como anteriormente determinado, serão necessários 1 inversor e 7 painéis, utilizando-se dos valores médios de mercado, o valor total dos equipamentos é R\$ 11.350,00. Porém, este valor não contempla os valores referentes a mão de obra, cabeamento e adaptações, para solucionar este problema, foi feito um pequeno orçamento de instalação com uma empresa sediada na mesma cidade, Itapaci-GO. A empresa especializada em instalações fotovoltaicas RS Solar, que precificou estes itens anteriormente não contemplados com o valor de R\$ 1.800,00. Deste modo, foi possível determinar o valor médio do sistema pré dimensionado, de R\$ 13.150,00.

Como o sistema pré dimensionado foi pensado para contemplar os benefícios do *net metering*, o fornecimento de energia da concessionária não será interrompido, o que torna a taxa de R\$ 22,91 fixos do custeio da iluminação pública permanente, portanto este valor foi subtraído do valor utilizado para comparação de R\$ 318,21 por mês, resultando em um valor

de R\$ 295,30. Segundo Marinoski et al (2012), para determinar o prazo médio de retorno dos valores investidos, deve-se dividir o valor total orçamentado pelo valor médio gasto mensal com concessionária, que resulta em um valor em meses. Neste caso, a relação entre o valor de R\$ 13.150,00 orçamentado pelo valor de R\$ 295,30 do custo médio mensal, foi obtido um valor de 44,5 meses, que se equivale a 3 anos e 6 meses, com a utilização do *net metering* provisionado pela resolução ANEEL 482, a partir do segundo semestre do 3º ano, será possível acumular créditos com a concessionária, assumindo o tempo mínimo para manutenção de 5 anos, que é determinado pelo equipamento com menor tempo de garantia, neste caso o inversor, o sistema pré dimensionado já estará gerando créditos por 1 ano e 6 meses, o que o torna viável mesmo se houver necessidade de manutenção com 5 anos

Com essa instalação, o valor mensal de consumo será equivalente ao custo de iluminação pública, que representa uma queda para 6,7% da fatura atual.

### **3.5 Homologação e Benefícios da Resolução ANEEL 482**

Segundo a ANEEL (2012), para a homologação de um sistema de captação FV distribuído é necessário solicitar previamente à concessionária de venda e distribuição local de energia elétrica para que se possa conectar o sistema de energia solar à rede. Deve-se enviar o projeto previamente dimensionado, o qual deve ser realizado por uma empresa com experiência comprovada nessa área, para à concessionária que estará incumbida de analisar se todas as características e equipamentos estão previstos na resolução 482 para aprovação. Mediante a aprovação, são autorizadas a aquisição e instalação dos equipamentos, após a correta instalação do sistema, um técnico habilitado realizará a vistoria e produzirá um relatório que deve ser encaminhado à concessionária para que aspectos técnicos sejam regularizados.

Após a conclusão desta etapa, a concessionária realizará uma nova vistoria técnica, onde será autorizada a ligação do sistema onde o instrumento de medição, o relógio, é trocado por um medidor bidirecional, esta troca dos instrumentos de medição, será de total responsabilidade da concessionária, inclusive os encargos financeiros (VLLALVA, 2015).

Com todas as etapas devidamente concluídas e autorizadas, ocorrerá o benefício do processo de compensação de energia previsto na Resolução ANEEL 482, o *net metering*, que garante que toda a energia produzida além do consumo, seja convertida em créditos diretos com a concessionária. Este processo permite que não seja necessária a instalação de um banco de baterias, pois, como o sistema dimensionado neste estudo foi desenvolvido para suportar o pico máximo de consumo da residência, toda a energia produzida fora dos horários de pico será utilizada como crédito para compensação nos horários onde não houver a incidência solar, reduzindo assim o custo final do projeto.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com o amplo crescimento da preocupação relacionada ao meio ambiente, eficiência superior, na produção de energia elétrica e a busca de novas soluções e tecnologias para a produção da mesma, os sistemas de autoprodução, baseados em placas fotovoltaicas integradas às residências e ligadas combinadamente à rede elétrica estão se tornando uma alternativa. Existem diversas opções de marcas e modelos, tanto de painéis solares quanto de inversores disponíveis no mercado, o que flexibiliza sua aplicação em edificações novas ou já existentes. Contudo, o aspecto construtivo da edificação tem grande influência sobre o projeto do sistema fotovoltaico. A área útil tem grande importância na aplicação dos painéis, devido a quantidade de placas a serem aplicadas. Para a correta geração da energia Apesar de não haver sombreamento neste dimensionamento, não se deve dispensar a análise do mesmo, com isso,

recomenda-se evitar a colocação dos painéis em regiões que por qualquer motivo sofram sombreamento, pois isto reduz o potencial de aproveitamento de radiação solar.

Com base nos estudos sobre a viabilidade de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência unifamiliar, foi possível observar os pontos positivos para esse projeto. Conforme o memorial de cálculo para o dimensionamento do sistema e nos valores médios referentes aos equipamentos e instalação sendo de R\$ 13.150,00, é possível chegar a um retorno financeiro perto de 3,5 anos, comparado com a vida útil estimada pelos fornecedores dos equipamentos que é de 25 anos, tem-se um retorno rápido e compensativo ao investimento.

É importante lembrar que essa tecnologia de produção de energia elétrica é uma fonte de energia limpa e renovável, contudo, cada cidadão pode também, além da questão financeira, buscar com sistemas uma forma de preservar os ecossistemas através da redução do efeito estufa, trazendo assim uma melhor qualidade de vida para todos.

Portanto, os resultados apresentados alinhados a análise de viabilidade, favorecem a instalação desse projeto em uma residência unifamiliar, os valores encontrados, quando comparados os custos de a manutenção da utilização da energia fornecida pela concessionária aos de se aderir ao sistema de captação FV, fica notável a diferença, quando se trata de valores financeiros, entre os dois, apontando diretamente para a eficiência econômica do sistema FV em relação à concessionária.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro,2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro,2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16149**: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição. Rio de Janeiro,2013.

**ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA**. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/Paginas/Anuario-Estatistico.aspx>> Acesso em 21 de Março de 2019.

**A TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/tarifas>> Acesso em 5 de Setembro de 2019.

**ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR - 2ª EDIÇÃO**. Disponível em: < [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html)> Acesso em 5 de Setembro de 2019.

**BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2018. RELATÓRIO SÍNTESE, ANO BASE 2017**. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf> > Acesso em 20 de Abril de 2019.

**BNDES- A ENERGIA SOLAR NO BRASIL**. Disponível em: < <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/energia-solar>> Acesso em 21 de Março de 2019.

COSTA, R. S; MONTEIRO, V. C; SANTANA, K. **Análise da implantação de um sistema fotovoltaico residencial no estado do Amazonas**, v. 01 p. 4-13, 2018.

DIDONE, E.; WAGNER, A.; PEREIRA, F.; et al. **Avaliação da influência do contexto urbano na radiação solar para geração de energia**, v. 9, p. 408-424, 2017.

ELETROBRÁS. **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos**. Procel. Itajubá, MG, Editora da EFEI, 2001.

CASARO, M. M. **Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica**, São Paulo, Sba Controle & Automação, vol.21, no.2, Campinas, Mar./Apr. 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ca/v21n2/v21n2a05.pdf> > Acesso em 21 de Março de 2019.

FONTES, R. **O que é e como funciona energia solar fotovoltaica?** Blue Sol, 10 jan. 2018. Disponível em: < <https://blog.bluesol.com.br/como-funciona-energia-solar-fotovoltaica/> > Acesso em 20 de abr. 2019.

**MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS 2014.** Disponível em: <  
[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)>  
Acesso em 22 de Março de 2019.

MARTINS, F.; PEREIRA, E.; ECHER, M.; **Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geostacionário: o Projeto Swera**, v. 26, p. 145-159, 2004.

MARINOSKI, D, L.; SALAMONI, I. T.; RÜTHER, R. **Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

**MATRIZ ENERGÉTICA E ELÉTRICA.** Disponível em: <  
<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em 20 de Abril de 2019.

MELO, E.; **Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade**, v. 27, n. 77, p. 125-142, 2013.

OLIVEIRA, S. H. F. **Geração Distribuída de Eletricidade: inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no estado de São Paulo.** São Paulo, 2002.

**RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL nº 482/2012.** Disponível em: <  
<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em 20 de Abril de 2019.

ROSA, R. **Sistema fotovoltaico autônomo - sfa / off-grid.** CRS Energia Solar 07 ago. 2017. Disponível em: < <http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-autonomo---sfa-off-grid> > Acesso em 20 de Abril de 2019.

**TABELA 552 - MÉDIA DE MORADORES POR DOMICÍLIO PARTICULAR PERMANENTE POR SITUAÇÃO.** Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/552>>  
Acesso em 5 de Setembro de 2019.

VILLALVA, G. M. **Energia Solar Fotovoltaica, Conceitos e Aplicações:** 2 ed. São Paulo: Editora Érica, 2015.