



**ENERGIA SUSTENTÁVEL PARA CONSUMO RESIDENCIAL:  
EÓLICA X FOTOVOLTAICA**  
*SUSTAINABLE ENERGY FOR RESIDENTIAL CONSUMPTION: EOLIC X  
PHOTOVOLTAIC*

OLIVEIRA A., Carolina <sup>1</sup>; SILVA A., Thalita <sup>2</sup>;  
Orientador: Prof. Ms. André Ricardo Pereira Marchezan  
Universidade São Francisco

**carolina.antunes@gmail.com; thalitasilva.alexandra@gmail.com**

**RESUMO.** Este trabalho propõe um estudo sobre energia renovável para o uso residencial, especificamente entre Energia Eólica x Energia Fotovoltaica, e a elaboração de um comparativo, entre elas, onde todas as informações necessárias serão coletadas, a fim de concluir qual será mais satisfatória economicamente e ambientalmente. As duas opções de geração de energia que serão abordadas têm apresentado um notório crescimento no cenário brasileiro e mundial, devido ao potencial de geração elétrica e capacidade instalada. O estudo aqui apresentado tem o intuito de analisar as melhores condições para se implantar ambos os sistemas, quais os tipos de equipamentos a serem utilizados, cuidados com instalação e manutenção, e as vantagens e desvantagens que apresentam.

**Palavras-chave:** Fontes Renováveis; Energia Eólica; Energia Fotovoltaica; Demanda Energética; Dimensionamento; Comparativo.

**ABSTRACT.** This work proposes a study on renewable energy for residential use, specifically between Wind Energy and Photovoltaic Energy, and the elaboration of a comparative among them, where all necessary information will be collected, in order to conclude which will be more economically and environmentally satisfactory. The two options for power generation that will be addressed have shown a notable growth in the Brazilian and world scenario due to the potential of electric generation and installed capacity. The study presented here aims to analyze the best conditions to implement both systems, the types of equipment to be used, care with installation and maintenance, and the advantages and disadvantages they present.

**Keywords:** Renewable Sources; Wind Energy; Photovoltaics Energy; Energy Demand; Sizing; Comparative.

## **INTRODUÇÃO**

O crescimento socioeconômico de um país, está diretamente ligado à sua produção de energia, o que a torna de extrema importância para o desenvolvimento de cada região.

Atualmente no Brasil a principal fonte de energia é proveniente de hidrelétrica, petróleo, carvão mineral e biocombustível, porém esses recursos causam muitos danos ao meio ambiente, intensificando o efeito estufa. Na tentativa de mudar esse cenário o uso de fontes de energia renovável, está sendo cada vez mais estudado e utilizado.



Na construção civil também não é diferente, essa área vem buscando novas alternativas de unir qualidade, conforto e sustentabilidade, desde a inserção de materiais reciclados a definição da fonte energética mais adequada. Dentre as opções inseridas no mercado, as fontes renováveis mais procuradas para suprir a demanda energética residencial são Energia Fotovoltaica, procedente da captação solar, e Energia Eólica, resultante da força do vento.

Existem muitos fatores que levam a definição do melhor método a ser empregado, o local onde está situado a residência é o principal deles, já que para serem viáveis é preciso de uma quantidade mínima de captação solar ou velocidade do vento, outro fator é a diferença de custo entre eles e a mão de obra especializada para instalação e manutenção.

O principal objetivo desse estudo é apresentar uma nova tecnologia como fonte de energia residencial, ainda pouco discutida no Brasil, a Energia Eólica, comparando-a com a fonte sustentável residencial mais utilizada no momento, a Energia Fotovoltaica. Para isso será evidenciado qual a fonte renovável mais viável em uma região onde há oportunidade da utilização de ambas, utilizando dados como história e conceito de cada energia, a escolha do equipamento, instalação, quantidade de energia gerada e custo.

### *Contexto Histórico Da Energia Eólica*

O uso de energia eólica não é recente, e exerceu papel importante na vida das pessoas, como os famosos moinhos de vento que ajudavam em trabalhos braçais. Esses moinhos surgiram por volta de 200 a.C na Pérsia, utilizados para bombear água e moer grãos. Séculos depois, foi descoberto que os chineses já faziam uso desses moinhos para drenar o seu campo de arroz, não se sabe ao certo quando eles começaram a utilizar essa ferramenta, sabe-se que eram formados de velas de pano e eixo vertical de rotação.

Foi na Europa que foram inventados os primeiros moinhos de eixo horizontal de rotação, que tiveram um grande papel na economia agrícola, substituindo o trabalho humano e animal. Porém em meados do século XX, com a eletrificação das áreas rurais, a utilização deles entrou em declínio. Enquanto na Europa o uso foi se tornando escasso, nos Estados Unidos devido a necessidade da energização de algumas áreas, os equipamentos foram modernizados, e o equipamento do Reverendo Leonhard R. Wheeler, chamado Eclipse, se tornou modelo de turbina eólica. Estima-se que exista mais de 150.000 unidades nos Estados Unidos hoje.

Já no Brasil, segundo ABEEólica (2018), o primeiro aerogerador que entrou em operação foi instalado em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha, resultante de uma ligação entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), financiados pelo o instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. Em 2001 foi criado o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA) no Brasil, com a intenção de incentivar a contratação de empreendimentos de geração de energia eólica no país, tendo como finalidade a contratação de 1.050 MW de projetos de energia eólica até dezembro de 2003. Contudo, esse programa não alcançou resultados satisfatórios e foi trocado pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o PROINFA, que é até hoje o principal programa de incentivo às fontes de energias renováveis.



### *Contexto Histórico Da Energia Fotovoltaica*

A Energia Fotovoltaica é obtida através do sol, porém a criação e utilização das células fotovoltaicas para a conversão é considerada recente. Sendo primeiro estudada somente para projetos de satélites (BRAGA, 2008).

Em 1839, o físico francês Edmund Becquerel, observou pela primeira vez o efeito fotovoltaico em uma solução de selênio, ele percebeu que ao serem iluminados pelo sol, os eletrodos de uma solução condutora sofriam tensão. Em 1870 esse efeito foi estudado em sólidos, e em 1880 foi construída a primeira célula fotovoltaica com selênio. Os Estados Unidos começaram pesquisas sobre a aplicação dessa energia por volta de 1950, alguns anos mais tarde em 1954, o Laboratório Bell criou a primeira célula fotovoltaica de silício de junção PN.

No início dessa descoberta, o foco era no estudo da utilização da célula fotovoltaica em satélites, só após a crise energética de 1973/74, começou a estudar a sua utilização como forma de energia. Hoje existem diversos materiais condutores e semicondutores na conversão de energia fotovoltaica.

No Brasil foi a partir de 2010 que o conceito começou a ganhar força, e então os consumidores que visavam gerar sua própria energia, encontraram uma nova opção por meio da instalação e utilização de sistemas fotovoltaicos. Mesmo sendo realidade desde o início de 2010, a tecnologia fotovoltaica teve melhores avanços nos últimos anos rendendo elevado número de instalações. A oferta de linhas de financiamentos, tanto por bancos públicos como privados, proporcionou diretamente esse crescimento garantindo taxas de juros e prazos atrativos. Em muitos casos os consumidores podem pagar pelo sistema através da conta de luz com a economia de energia gerada.

No momento a energia solar fotovoltaica é mais empregada em residências, indústrias, comércios e através de usinas de energia solar. Devido ao grande número de vantagens oferecidas, o sistema fotovoltaico tem sido cada vez mais instalado. Em 2017 foram instalados 20.794 sistemas de energia solar fotovoltaica no Brasil. (BLUESOL, 2018)

### *Conceito Energia Eólica*

Para entender melhor o funcionamento de cada energia é necessário em primeira instância compreender os termos On Grid e Off Grid. São eles modalidades de cada sistema que podem ser conectados ou não à rede elétrica, sendo On Grid introduzido diretamente na rede e Off Grid caracterizado por não se conectar à rede, abastecendo diretamente os aparelhos que utilizam a energia gerada.

A energia cinética armazenada nas massas de ar em movimento, ou seja vento, é chamada de Energia Eólica. Sua utilização ocorre através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, são utilizadas turbinas também conhecidas como aerogeradores, para fornecer eletricidade.

A produção de ventos ocorre no campo global e regional. No âmbito global as porções da Terra recebem raios solares quase que perpendiculares, ocorrendo na região dos trópicos sendo ela mais aquecida que as regiões polares. Consequentemente, o ar quente que está nas baixas altitudes das regiões tropicais tende a subir e ser alterado por massa de ar frio das regiões polares, estimulando a formação dos ventos.

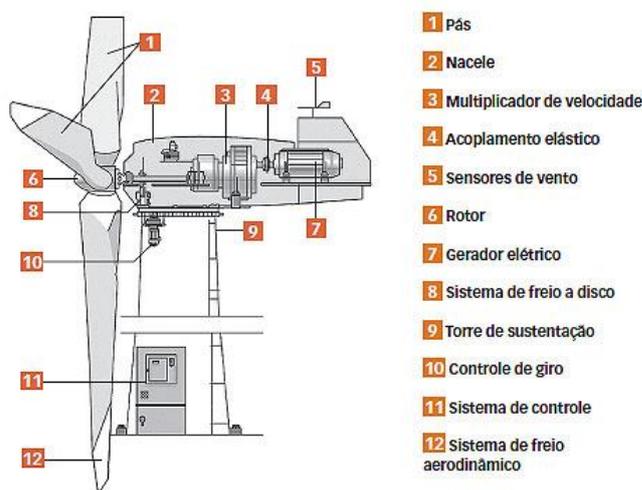
As estações do ano, a topografia e a rugosidade do solo, contribuem para a variação da quantidade de energia disponível no vento.



Uma suposição seria que 2% da energia solar total dos ventos em torno do planeta absorvida pela Terra seja transformada em energia cinética dos ventos. Apesar de parecer pequeno, esse percentual representa centenas de vezes a produção anual de energia nas centrais elétricas do mundo.

O vento está disponível gratuitamente na natureza, sendo um recurso natural inesgotável, não poluente e pode ser encontrado em todas as regiões. Porém existem mudanças de sua velocidade e direção.

São utilizados equipamentos eletromecânicos para a geração de energia dos ventos em energia cinética, tendo como principal componente o aerogerador (turbina eólica). No início surgiram várias formas de aerogeradores (eixo vertical, eixo horizontal, com uma pá, com duas e três pás, gerador de indução, gerador síncrono). Ao longo dos anos as características passaram a ser: eixo de rotação horizontal, três pás, gerador de indução, alinhamento ativo e estrutura não-flexível, conforme exemplificado na Figura 1.



**Figura 1** – Desenho técnico do sistema de um aerogerador  
(Fonte: Infraestrutura Urbana)

No mercado existem diversos modelos de turbinas eólicas, que variam de acordo com as necessidades e condições oferecidas.

Existem três tipos de aplicações do sistema eólico, são elas:

**Sistemas Isolados** – é um tipo de sistema onde as regiões geográficas não são atendidas pelo sistema de transmissão, ou seja, geralmente usam baterias como forma de armazenamento.

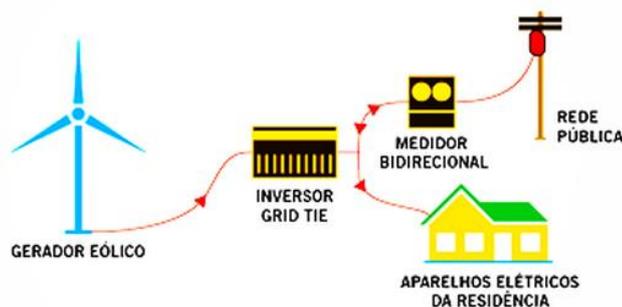
**Sistemas Híbridos** – esses sistemas também são considerados isolados, porém utilizam diversas fontes de geração combinadas como: combinação de turbinas eólicas, geração a diesel e painéis fotovoltaicos.

**Sistemas Interligados a Rede (On Grid)** - Com esse sistema a energia transformada pelo inversor é injetada no quadro geral da unidade consumidora, essa energia alimentará a rede como um todo. Caso a potência gerada no momento seja superior à potência dos aparelhos que estejam ligados ao mesmo tempo, o excedente da energia será exportada para a rede, passando pelo medidor de energia da distribuidora, que computará essa energia como energia elétrica injetada. O valor da energia injetada é utilizado como crédito energético, e serve para abater do valor da energia consumida, formando assim o Sistema de Compensação.



O máximo que pode ser abatido é o valor total da energia consumida, e caso o valor abatido seja maior, esse crédito pode ser utilizado em outras unidades consumidoras que estejam no mesmo nome do proprietário (BLUESOL, 2017).

O sistema eólico utilizado nesse artigo é o Interligado a Rede, e pode ser observado na Figura 2.



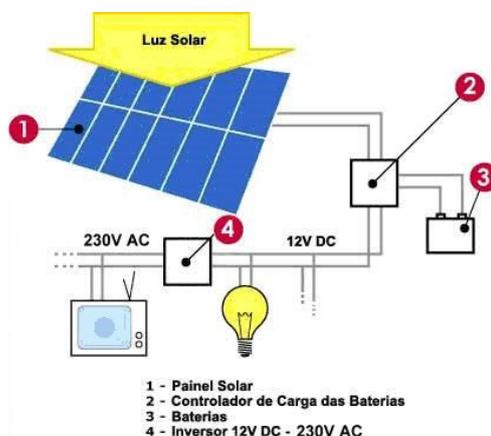
**Figura 2** – Sistema Eólico interligado a rede  
(Fonte: O blog da Engenharia Mecânica (2017))

### *Conceito Energia Fotovoltaica*

A energia solar fotovoltaica é produzida por meio da conversão direta da radiação solar em eletricidade, sendo utilizada tanto nas áreas urbanas quanto rurais. O gerador fotovoltaico é constituído por módulos fotovoltaicos, sendo estes compostos por células fotovoltaicas que utilizam o efeito fotoelétrico ou fotovoltaico, sendo responsáveis em converter a luz solar em eletricidade.

Segundo Nascimento (2014, p.14, apud ALMEIDA et. al, 2016, p. 3) afirma que “Uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é denominado “Efeito Fotovoltaico”.”

Um sistema fotovoltaico (Figura 3) é um conjunto integrado de módulos fotovoltaicos e outros componentes, projetado para converter a energia solar em eletricidade (MAYCOCK, 1981, apud GAMinstitutoA, 2018).



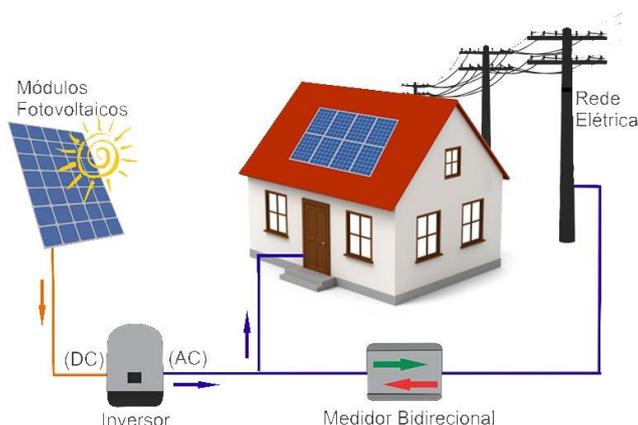
**Figura 3** – Desenho técnico do sistema de um painel fotovoltaico  
(Fonte: Portal Energia)



A célula fotovoltaica é transformada por um material semicondutor, passando primeiramente por uma etapa de purificação e em seguida pelo processo de dopagem. Para ocorrer a dopagem é necessária a adição de alguns elementos químicos (ex: boro e fósforo dosado nas quantidades exatas).

Comercialmente existem células fotovoltaicas feitas à base de silício monocristalino, policristalino ou amorfo, porém existem outros materiais como o disseleneto de cobre-indio (CIS) e telureto de cádmio (CdTe).

Assim como na Energia Eólica, o sistema fotovoltaico também é dividido nos três tipos de sistema: Isolados, Híbridos ou Interligados a Rede. E nesse caso o método escolhido continua sendo o Interligado a Rede, conforme mostra a Figura 4.



**Figura 4** – Sistema Fotovoltaico interligado a rede  
(Fonte: MHS Solar)

## METODOLOGIA

O primeiro passo da metodologia empregada na elaboração desse projeto foi a definição e estudo da residência modelo (Figura 5). A escolha foi feita devido ao real interesse de instalação de energia sustentável, por parte de um dos professores dessa instituição (Universidade São Francisco) e também as condições favoráveis de localização. A residência está situada na área rural do município de Socorro-SP, Rua Oito, Bairro Livramento (Figura 6), tendo como proprietário o Sr. Edgar Manuel Miranda Samudio.



**Figura 5** – Residência modelo  
(Fonte: Próprios autores)



**Figura 6** – Localização da residência  
(Fonte: Google Earth-Maps)



Através de análise da localização e informações fornecidas pelo proprietário, foram coletados os seguintes dados necessários para dar sequência no projeto:

- a) Quantidade de moradores: 3
- b) Companhia elétrica responsável: Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL Energia)
- c) Classificação do sistema energético: Convencional B1, Residencial – Bifásico (220/127 V)
- d) Consumo médio de energia ao mês (Figura 7): 196 kWh
- e) Valor do kWh da companhia elétrica CPFL (incluso os tributos): R\$ 0,574

HISTÓRICO DE CONSUMO		kWh	Dias
2019	MAR	121	31
	FEV	202	28
	JAN	114	32
2018	DEZ	214	30
	NOV	372	46
	SET	116	31
	AGO	212	29
	JUL	136	32
	JUN	213	30
	MAI	197	29
	ABR	209	32
	MAR	248	30
	FEV	194	28

**Figura 7** – Média de consumo  
(Fonte: CPFL Energia (2019))

Com a casa definida e após visita no local, foi analisado as tarifas, o sistema de compensação e normas fornecidas pela distribuidora de energia (CPFL), para então realizar o dimensionamento do Sistema Eólico e Fotovoltaico.

#### *Tarifas e Sistema de Compensação para Micro e Minigeração*

Mesmo com a instalação de micro e minigeração que supra toda a demanda energética do local, é necessário que a residência continue ligada ao sistema convencional de energia, o que acarreta ainda alguns gastos na fatura mensal.

Segundo critérios aderidos pela CPFL Energia (2019), em convênio com o CONFAZ – ICMS 16/2015 (Conselho Nacional de Política Fazendária – Legislação Regulamentadora de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), a isenção de ICMS ocorre nas seguintes situações:

- a) apenas as unidades consumidoras pertencentes ao mesmo titular da unidade geradora poderão se beneficiar da isenção. Unidades que façam parte do sistema de compensação de energia estiverem com a titularidades diferentes não terão isenção de ICMS;
- b) a tarifa de energia elétrica (kWh) é composta por TUSD e TE, a isenção do ICMS será aplicada apenas sobre a parcela de TE;
- c) para a energia ativa injetada na rede da distribuidora, se o consumo for maior que a quantidade de kWh injetados, a diferença da energia será cobrada acrescida do imposto (...)

Conforme Decreto 61.439 de São Paulo, não há isenção de ICMS para: o custo de disponibilidade, energia reativa, demanda de potência, encargos de conexão ou uso do sistema de distribuição e quaisquer outros valores cobrados pela distribuidora.



Em relação ao PIS/COFINS (Programas de Integração Social/Contribuição para Financiamento da Seguridade Social), todas as unidades consumidoras envolvidas no processo de micro e minigeração que possuem o mesmo titular serão isentas dessas taxas. Já o adicional das bandeiras tarifárias é cobrado apenas ao valor de consumo que exceder à geração.

Quando a geração for igual ao consumo, a Resolução Normativa nº 482 de 17/04/2012 determina que deve ser cobrado no mínimo o valor referente ao custo de disponibilidade para consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A.

O titular da residência modelo possui duas unidades independentes ligadas à rede elétrica, portanto toda energia excedida da residência (unidade 1) será transferida automaticamente à unidade 2 (escritório do titular).

O dimensionamento será projetado com o intuito de ser cobrado pela distribuidora apenas a taxa mínima referente ao custo de disponibilidade.

### *Dimensionamento Sistema Eólico*

Para a escolha do melhor modelo eólico, o primeiro passo para o dimensionamento foi o cálculo da média de demanda energética do local a ser instalado, nesse caso sendo igual a 196 kWh. Em seguida é necessário saber qual a velocidade dos ventos da região em que pretende ser instalado o gerador, essa informação é obtida através de consulta com empresas especializadas, que forneceram o dado de que em Socorro a velocidade média anual é de 6 m/s (21,6 Km/h), esse dado é utilizado para definir qual o aparelho adequado, e se é possível a instalação no local.

Após verificar junto a CPFL Energia e constatar quais os procedimentos para isenção de taxas e compensação, foram contatadas diversas empresas do segmento de energia renovável. A partir da avaliação das propostas e considerando o custo-benefício, a empresa escolhida foi Eletrovento Energia Alternativa.

A escolha do melhor equipamento depende de três fatores: a velocidade mínima do vento para o funcionamento do gerador; a qual velocidade a potência nominal é alcançada; e em qual velocidade (máxima), o gerador é desligado (INSTITUTO IDEAL). Observando esses fatores escolheu-se o Aerogerador ELV-H3 - 1 kW, On Grid (Figura 8).



**Figura 8** – Aerogerador ELV-H3  
(Fonte: Eletrovento Energia Alternativa)



As características técnicas do produto podem ser vistas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Características Técnicas do Aerogerador**

Potência Nominal (W)	Potência Máxima (W)	Diâmetro das Pás (m)	Rotação das Pás (rpm)	Vento de Partida (m/s)	Altura da Torre (m)	Peso do Sistema (kg)	Geração (kWh/mês)
1.000	2.000	3,1	500	3	8	60	200

(Fonte: Adaptada Eletrovento Energia Alternativa)

O sistema é composto pelos seguintes itens: Sistema Aerogerador 1 Kw, Retificador, Inversor On Grid, Proteção de Sobrecarga e Torre Estaiada de 8m. E o custo total é de R\$ 41.800,00.

Por se tratar de uma empresa situada em outra cidade, a 225 km de distância, será acrescido o valor de R\$ 500,00 para transporte do equipamento.

A instalação é feita pela própria empresa contratada, e cobrada separadamente. O valor de instalação nesse caso é R\$ 16.100,00, estando incluso mão de obra de instalação com deslocamento e estadia de dois técnicos no local.

A Manutenção de um sistema eólico de energia é considerada muito pequena e sem custos, nesse caso o fornecedor oferece 12 meses de garantia, porém existem alguns cuidados para que o equipamento funcione com eficiência e por um longo tempo. Esses cuidados são:

- Monitorar a produção de energia via inversor, evitando assim eventuais falhas;
- Fazer uma verificação periódica do sistema, para analisar se se o gerador ou torre possuem alguma vibração visível;
- Observar se não há nenhum ruído no sistema, verificando assim se não houve nenhuma alteração no padrão;
- Verificar as pás do gerador, sempre que estiver com ausência de vento.

### *Dimensionamento Sistema Fotovoltaico*

Utilizando-se da mesma residência e demanda energética de 196 kWh, a primeira etapa para a escolha do painel adequado foi consultar o mapa de insolação brasileiro (Figura 9).



**Figura 9 – Mapa de insolação brasileiro**  
(Fonte: SunLab)



O mapa é verificado para definir qual a incidência solar na região de Socorro que é igual a 6hrs diárias, valor esse que é utilizado para ajudar a definir o número de módulos do painel.

Assim como no sistema eólico foi preciso consultar a CPFL Energia para analisar as taxas e implantar o sistema de compensação.

Após estudar o custo-benefício das principais empresas do mercado, definiu-se então que a FEJ Engenharia será responsável pelo projeto.

O equipamento foi escolhido pela quantidade de módulos necessários para suprir a demanda de 196 kWh/mês. Portanto, de acordo com o fornecedor ficou estabelecido a necessidade de 6 módulos fotovoltaicos com 330 Wp de potência (Figura 10), a ser conectado em uma rede elétrica de baixa e média tensão da concessionária local.

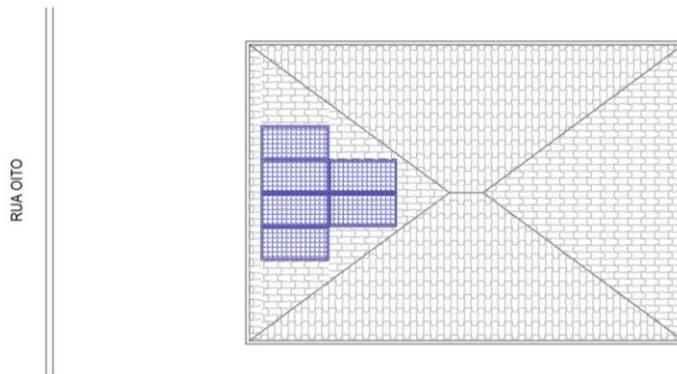


**Figura 10** – Modelo do painel fotovoltaico  
(Fonte: Portal Solar)

O sistema fotovoltaico escolhido é constituído além dos módulos fotovoltaicos, por 1 Inversor Fotovoltaico de 2 kW, ambos da marca Canadian e 1 Estrutura de Fixação de alumínio de alta resistência. Junto com o dimensionamento a empresa fornece dentro da proposta os seguintes itens: memorial descritivo para acesso à concessionária; instalação; cabeamento e conectores; kit de montagem e ancoragem na edificação; garantia dos equipamentos fornecidos pelo fabricante e garantia dos serviços prestados.

O valor total para instalação do módulo fotovoltaico incluindo todos os equipamentos e serviços será de R\$ 17.500,00.

Para a instalação dos 6 módulos é necessária uma área mínima de 12 m<sup>2</sup>, que será ocupada no telhado, conforme Figura 11. Em regiões localizadas no hemisfério sul do planeta, o sistema fotovoltaico deve ser instalado na direção do Norte geográfico. O local deve ser seguro, evitando fácil acesso, e deve-se evitar áreas sombreadas para proporcionar melhor eficiência. A utilização de suportes adequados para fixação é necessária para evitar danos ao equipamento (SUNLAB, 2018).



**Figura 11** – Esquema do painel fotovoltaico sobreposto no telhado  
(Fonte: Próprios autores)

Para definir a inclinação do aparelho, foi utilizada a fórmula expressa abaixo, que é baseada na latitude do local (22°33'9.8" S)

$$\text{Inclinação} = \text{Latitude} - \left( \frac{\text{Latitude}}{3} \right)$$

$$\text{Inclinação} = 22^{\circ}33'9.8'' - \left( \frac{22^{\circ}33'9.8''}{3} \right)$$

$$\text{Inclinação} \cong 15^{\circ}$$

A inclinação pode ser uma estimativa aproximada, porém não deve ser menor que 5°, para evitar acúmulo de sujeira.

A manutenção do sistema fotovoltaico é mínima, e o sistema escolhido também possui 12 meses de garantia, porém é importante se atentar a alguns cuidados essenciais para o bom funcionamento dos painéis, esses cuidados são:

- Fazer regularmente uma inspeção visual nos inversores, para assegurar que não há insetos morando no equipamento;
- Ficar atento a possíveis sombreamentos não previstos na hora da instalação;
- Fazer limpeza dos painéis a cada dois anos para retirar a poeira e a poluição contida.

Além dos cuidados, devido as condições climáticas, pode ocorrer ruptura nos painéis, fazendo com que haja a necessidade da compra e instalação de novos.

Após dimensionamento, realizou-se o estudo das vantagens e desvantagens de ambas para ajudar a determinar qual entre as duas energias é mais viável para o consumo residencial.

#### *Vantagens e Desvantagens Energia Eólica*

Um das principais vantagens do uso de energia eólica é ser uma fonte renovável e não gerar emissão de gases poluentes após sua instalação, não prejudicando o meio ambiente.



Segundo Rouillard (2012, apud FERREIRA; FERNANDES, 2015, p.20)

Em 2012 um estudo chinês concluiu que a energia eólica é a melhor energia renovável no quesito de minimizar as emissões de CO<sub>2</sub> por KWh de energia produzida, a qual nessas plantas é de 5.0 a 8.2 gCO<sub>2</sub>/KWh durante o ciclo da planta, sendo a fase de implantação a mais intensa em emissões. No entanto, devido às divergências encontradas em estudos do gênero tais conclusões devem ser vistas com ressalvas.

Outras vantagens que podem ser consideradas são:

- É uma opção para locais que gastam muita energia tanto residências como prédios, hotéis e pousadas;
- Oferece autonomia e menos gastos, pois gera créditos na conta de energia;
- Não é necessário manutenção especializada. Já que apenas é preciso observar se os equipamentos estão funcionando corretamente.

Ao analisarmos as desvantagens, a principal identificada é causada pela falta de ocorrência dos ventos, podendo diminuir a produção de energia, por isso é usada normalmente para complementar outras fontes. Observou-se também outras desvantagens que podem interferir na escolha:

- Impacto visual, que altera a paisagem natural;
- Impacto sonoro produzido pela turbina também gera incômodo aos moradores e ao redor, porém vale ressaltar que as últimas versões estão cada vez mais modernas tornando o ruído quase que imperceptível;
- O custo inicial do equipamento, é um pouco elevado se comparado a outras fontes de energias sustentáveis;
- Difícil acesso a empresas especializadas.

### *Vantagens e Desvantagens Energia Fotovoltaica*

A energia fotovoltaica é uma fonte limpa que não polui o ambiente, e quando conectada à rede reduz os custos da energia elétrica.

Suas principais vantagens são:

- Fácil manuseio e instalação;
- Manutenção mínima, sendo necessária somente a limpeza dos painéis periodicamente;
- Os painéis fotovoltaicos possuem longa durabilidade e no final de sua duração podem ser reutilizados;
- Por ser instalado nos telhados da residência, não exige espaço físico indicado.

As principais desvantagens encontradas no sistema fotovoltaico são:

- Produção de energia apenas durante o dia;
- Investimento inicial elevado;
- Devido à fragilidade dos painéis, pode ocorrer a quebra de alguns.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os respectivos dimensionamentos realizados nos forneceram os seguintes valores de custo apresentados na Tabela 2 e Tabela 3, que serão utilizados para estabelecer o período de retorno.

**Tabela 2 – Valor Sistema Eólico**

ENERGIA EÓLICA	
TIPO DE SERVIÇO	VALOR (R\$)
SISTEMA EÓLICO	41.800,00
TRANSPORTE	500,00
INSTALAÇÃO E OUTROS ENCARGOS	16.100,00
TOTAL:	58.400,00

(Fonte: Próprios autores)

**Tabela 3 – Valor Sistema Fotovoltaico**

ENERGIA FOTOVOLTAICA	
TIPO DE SERVIÇO	VALOR (R\$)
SISTEMA FOTOVOLTAICO	7.600,00
TRANSPORTE	—
INSTALAÇÃO E OUTROS ENCARGOS	9.900,00
TOTAL:	17.500,00

(Fonte: Próprios autores)

Para especificar o período de retorno é necessário calcular o gasto médio anual de energia elétrica da residência. Utiliza-se dos valores de tarifa do Consumo Uso Sistema (TUSD) que é igual a 0,24578513, e também do Consumo Bandeira Verde (TE) 0,32851240, acrescidos da contribuição do custeio do IP-CIP Municipal (taxa de iluminação pública) no valor de R\$ 4,69 para a cidade de Socorro-SP. Portanto com o consumo médio de 196 kWh, tem-se:

$$Total\ ao\ mês = (kWh \times TUSD) + (kWh \times TE) + IPCIP$$

$$Total\ ao\ mês = (196 \times 0,24578513) + (196 \times 0,32851240) + 4,69$$

$$Total\ ao\ mês = 117,25$$

O gasto anual será de R\$  $117,25 \times 12 =$  R\$ 1.407,00.



No entanto, mesmo com o consumo proveniente da CPFL sendo igual a zero, ainda será cobrado uma taxa de consumo mínima de 50 kWh (para rede bifásica), totalizando um valor de:

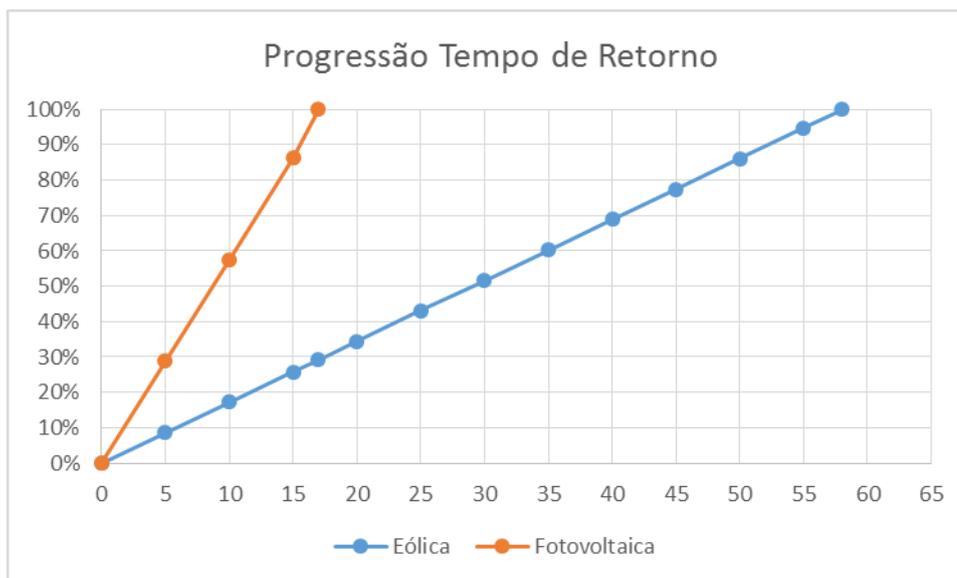
$$Total\ consumo\ mín. = (kWh_{mín.} \times TUSD) + (kWh_{mín.} \times TE) + IPCIP$$

$$Total\ consumo\ mín. = (50 \times 0,24578513) + (50 \times 0,32851240) + 4,69$$

$$Total\ consumo\ mín. = 33,40$$

O gasto mínimo anual é dado por  $R\$ 33,40 \times 12 = R\$ 400,80$ , ou seja, a economia anual será:  $R\$ 1.407,00 - R\$ 400,80 = R\$ 1.006,20$ .

Com o valor de economia anual definido, é possível fazer a relação de tempo de retorno do investimento de cada tipo de energia que pode ser observada na Figura 12, onde a Energia Eólica recebe 1,72% de retorno ao ano, tendo o retorno total do investimento em 58 anos, e a Energia Fotovoltaica 5,75% ao ano, com o retorno total em 17 anos.



**Figura 12** – Gráfico tempo de retorno  
(Fonte: Próprios autores)

### Comparativo com Sistema Existente

Como forma de comprovar o dimensionamento utilizou-se de um sistema já implantado em uma residência com selo verde, que utiliza ambas fontes de energia (Smart Eco House do Brasil), localizada em São Paulo-SP. Essa residência é composta por 4 moradores que consomem 410 kWh/mês, cujo os sistemas instalados suprem toda a demanda, fazendo com que os moradores paguem apenas a quantidade mínima de consumo estabelecida pela companhia elétrica responsável (Enel). Após visita no local, o proprietário Sr. João Barassal Neto, forneceu os dados relevantes de cada sistema:

a) Valor mensal pago à companhia elétrica: R\$ 60,00



b) Modelo Sistema Eólico: Sinfonia Technology 4k (Off Grid)

- Quantidade de energia gerada: 1 kW
- Valor total gasto: R\$ 80.000,00

c) Modelo Sistema Fotovoltaico: IBC 250 W

- Quantidade de energia gerada: 1,5 kW
- Valor total gasto: R\$ 20.000,00

Com a demanda de 410 kWh/mês, utilizando-se da taxa TUSD de R\$ 0,21276 para cada kWh, TE de R\$ 0,27087 para cada kWh e IP-CIP de R\$ 9,51, valores atuais da companhia elétrica Enel, foi possível calcular qual seria o valor pago em energia pela família, caso não possuíssem um sistema de energia renovável.

$$Total\ ao\ mês = (kWh \times TUSD) + (kWh \times TE) + IPCIP$$

$$Total\ ao\ mês = (410 \times 0,21276) + (410 \times 0,27087) + 9,51$$

$$Total\ ao\ mês = 207,80$$

O gasto anual médio seria de R\$ 207,80 × 12 = R\$ 2.493,60.

Conforme especificado pelo proprietário, mesmo utilizando um sistema híbrido de energia sustentável, ainda ocorre um gasto mínimo na fatura de energia no valor de R\$ 60,00 mensais, que totalizam ao ano a quantia de: R\$ 60,00 x 12 = 720. Portanto a economia anual da família é dado por: R\$ 2.493,60 – R\$ 720,00 = R\$ 1.773,60.

Utilizando-se do valor econômico anual, é possível calcular o tempo de retorno do projeto aplicado, sendo de 2,22% ao ano para Energia Eólica totalizando 45 anos, e de 8,87% ao ano para a Energia Fotovoltaica totalizando 11 anos para o retorno.

A relação do Sistema Implantado X Simulação pode ser observada na Tabela 4.

**Tabela 4 – Comparativo de Sistema Implantado X Simulação**

SIMULAÇÃO X SISTEMA IMPLANTADO				
	Simulação (Consumo de 196 kWh/mês)		Sistema Implantado (Consumo de 410 kWh/mês)	
	Eólica	Fotovoltaica	Eólica	Fotovoltaica
Tipo de Energia	Eólica	Fotovoltaica	Eólica	Fotovoltaica
Valor Total	R\$ 58.400,00	R\$ 17.500,00	R\$ 80.000,00	R\$ 20.000,00
Retorno em % a.a	1,72%	5,75%	2,22%	8,87%
Tempo Total de Retorno	58 anos	17 anos	45 anos	11 anos

(Fonte: Próprios autores)

Ao observar a tabela é possível afirmar que quanto maior a demanda mensal de energia, menor será o tempo de retorno, sendo assim mais satisfatório.

#### *Comparativo Final: Energia Eólica X Energia Fotovoltaica*

Após analisar e discutir todos os dados, fez-se um comparativo final de qual a melhor fonte de energia sustentável para uso residencial, expresso pela Tabela 5.



**Tabela 5** – Comparativo Final: Energia Eólica X Energia Fotovoltaica

<b>COMPARATIVO: EÓLICA X FOTOVOLTAICA</b>		
	<b>Energia Eólica</b>	<b>Energia Fotovoltaica</b>
Valor Total	R\$ 58.400,00	R\$ 17.500,00
Tempo de Retorno	58 anos	17 anos
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação periódica do sistema, observando possíveis vibrações;</li> <li>• Verificar se não há presença de ruídos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeção Visual nos inversores;</li> <li>• Atentar-se a possíveis sombreamentos;</li> <li>• Limpeza dos painéis a cada dois anos;</li> </ul>
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia menos poluente;</li> <li>• Não necessita manutenção especializada;</li> <li>• Boa opção para grandes consumos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil manuseio e instalação;</li> <li>• Pouca manutenção;</li> <li>• Grande número de empresas no mercado;</li> <li>• Fácil acesso a mão-de-obra especializada;</li> <li>• Custo e tempo de retorno menores;</li> </ul>
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto visual e sonoro;</li> <li>• Custo elevado, com grande tempo de retorno;</li> <li>• Poucas empresas especializadas;</li> <li>• Dificil acesso a mão-de-obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Painéis frágeis que podem quebrar, sendo necessário a troca;</li> <li>• Necessário limpeza periódica.</li> </ul>

(Fonte: Próprios autores)

No comparativo pode ser observado que apesar de ambas fontes serem sustentáveis e possuírem retorno financeiro, o Sistema de Energia Fotovoltaico ainda é mais satisfatório para residências com baixa demanda. Além da grande diferença de custo, sua facilidade em instalação, mão-de-obra e manutenção, são fatores conclusivos para sua escolha.

## CONCLUSÃO

O uso de fontes de energia renováveis surgiu como uma alternativa em substituir as fontes tradicionais que estavam escassas e poluindo cada vez mais o meio ambiente. Em resultado disso intensificou-se as pesquisas, incentivos e melhorias no setor energético com o objetivo de atender a demanda necessária, com custos e tecnologias acessíveis. O Brasil apresenta enorme potencial eólico e fotovoltaico, fazendo com que grande parte da população esteja buscando essas alternativas de energia, visando sustentabilidade e minimização de custos a longo prazo.

Com a realização desse trabalho foi possível introduzir o conceito de energia eólica, como fonte alternativa para baixo consumo em residências. Para isso utilizou-se um método comparativo do dimensionamento do Sistema de Energia Eólica x Energia Fotovoltaica.

Após ser feito o dimensionamento, levantamento de custo e tempo previsto de retorno, foi possível perceber que se tratando de baixo consumo de energia a implantação de ambos os sistemas possui um alto custo inicial e longo período de retorno, se tornando economicamente inviável. Para residências que visam apenas a sustentabilidade, o Sistema de Energia Fotovoltaico ainda é o mais indicado, devido ao fato da energia eólica para baixo consumo ser pouco popularizada no mercado, sendo mais conhecida e utilizada apenas em parques eólicos,



cujo nessa área a energia produzida já se equipara a hidrelétrica de Itaipu. Futuramente o sistema eólico pode se tornar mais viável economicamente, porém para implantação nos dias atuais, é indicada apenas para grandes demandas energéticas.

Portanto, conclui-se que ambas as energias são viáveis ambientalmente, pois são fontes renováveis e que não geram emissão de gases poluentes. Mas para se obter um retorno satisfatório que vise sustentabilidade e economia, é indicado que a residência tenha um consumo energético mínimo de 400 kWh por mês, ou para empresas e comércios de grande porte onde a diminuição na conta de energia seria significativa, fazendo com que o retorno do investimento inicial seja mais rápido.

## REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. **Eólica:** energia para um futuro inovador. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/energia-eolica-o-setor/>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ALMEIDA, Eliane; et. al. **Energia Solar Fotovoltaica:** Revisão Bibliográfica. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/eol/article/download/3574/1911>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

BLUESOL. **Energia Solar no Brasil:** Um panorama para “você” entender tudo. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-brasil-panorama/>>. Acesso em: 27 out. 2018.

BLUESOL. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On Grid):** O Guia 100% Completo. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-on-grid/>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

BRAGA, P. R. **Energia Solar Fotovoltaica:** Fundamentos e Aplicações. 2008. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001103.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2018.

CPFL ENERGIA. **Micro e Minigeração.** Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/produtos-e-servicos/Paginas/mini-microgeracao.aspx>>. Acesso em: 06 mai. 2019.

ELETROVENTO. **Energia Eólica: Modelo ELV-H3.1.** Disponível em: <<http://www.eletrovento.com.br/produto/modelo-elv-h3-1-1-kw/5/>>. Acesso em: 06 mai. 2019.

FERREIRA, João F.K; FERNANDES, Thamires R.S. **A Energia Eólica, um estudo comparativo: Brasil-Suécia..** 2015. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014536.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.



GAMA, Paulo H. R. P.; et al. **Geração Fotovoltaica de Energia no Brasil**. Disponível em: <[http://www.cigre.org.br/archives/BT\\_13\\_final.pdf](http://www.cigre.org.br/archives/BT_13_final.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2018.

GOOGLE EARTH-MAPS. Foto por satélite. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/dir//Susten+Centrista+Solu%C3%A7%C3%B5es+Ambientais+Ltda.,+Rua+Oito,+Socorro+-+SP,+13960-000/@-22.5532484,-46.5950018,170m/data=!3m1!1e3!4m8!4m7!1m0!1m5!1m1!1s0x94c91678226b03ed:0xd6d2c65ae1c0997c!2m2!1d-46.5946084!2d-22.552981>>. Acesso em: 06 mai. 2019.

INFRAESTRUTURA URBANA. **Energia**. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/artigo227165-2.aspx>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

INSTITUTO IDEAL. **Guia Eólica**. Disponível em: <<http://institutoideal.org/guiaeolica>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

MHS SOLAR. **Como funciona processo de energia solar MHS**. Disponível em: <<https://bhenergiasolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-em-belo-horizonte/como-funciona-processo-de-energia-solar-mhs/>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

O BLOG DA ENGENHARIA MECÂNICA. **História da Energia Eólica e suas Atualizações**. Disponível em: <<https://fabricioengmec.blogspot.com/2017/07/historia-da-energia-eolica-e-suas.html>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

PORTAL ENERGIA. **Dimensionamento do controlador de carga para um sistema solar**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/controlador-carga-sistema-solar/>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

PORTAL SOLAR. **Modelos de placa solar**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/modelos-de-placa-solar.html>>. Acesso em: 06 mai. 2019.

SUNLAB. **Dimensionamento Solar Fotovoltaico**. Disponível em: <[http://www.sunlab.com.br/Dimensionamento\\_solar\\_fotovoltaico.htm](http://www.sunlab.com.br/Dimensionamento_solar_fotovoltaico.htm)>. Acesso em: 30 nov. 2018.