



TÍTULO: VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE TELHAS FOTOVOLTAICAS EM RESIDÊNCIAS GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

Autores: Stefano Peres Mianti; Yargo Ferreira Rissatti

Orientador: Prof. Esp. João Alex Franciscos Vaz

Universidade São Francisco

stefano.mianti@mail.usf.edu.br;

yargo.rissatti@mail.usf.edu.br

Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista
Professor Orientador João Alex Franciscos Vaz, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

RESUMO. Atualmente, a população vem enfrentando grandes crises energéticas, e com a evolução da tecnologia no mundo, novas fontes de energia são descobertas, sendo algumas delas fontes limpas, sustentáveis e renováveis, o que possibilita o homem de gerar sua própria energia sem poluir o meio ambiente. Uma dessas fontes energéticas é a energia fotovoltaica, que basicamente transforma luz solar em energia elétrica. E recentemente uma tecnologia nova promissora chegou no mercado, as “Telhas Fotovoltaicas” que tem a mesma função dos painéis fotovoltaicos. Portanto, este trabalho tem o objetivo de discutir sobre um estudo de caso referente a um estudo de caso da Viabilidade das telhas fotovoltaicas.

Palavras-chave: Crise Energética. Energia Solar. Energia Sustentável. Fotovoltaico. Sustentabilidade.

Abstract. Nowadays, people have been facing a lot of energy crisis, and within the evolution of technology in the world, new sources of energy are discovered, some of them being clean, renewable, and sustainable sources, which grants mankind to generate its own energy, without polluting the environment. One of these energetic sources is photovoltaic energy, which basically turns sunlight into electric energy. And recently, a promising brand new technology has arrived into the market, the ‘photovoltaic roof tile’, which has the same function of the photovoltaic panel. Therefore, the purpose of this essay is to discuss the viability of the photovoltaic roof tile case study.

Palavras-chave: Energy Crisis. Solar energy. Sustainable energy. Photovoltaic. Sustainability.

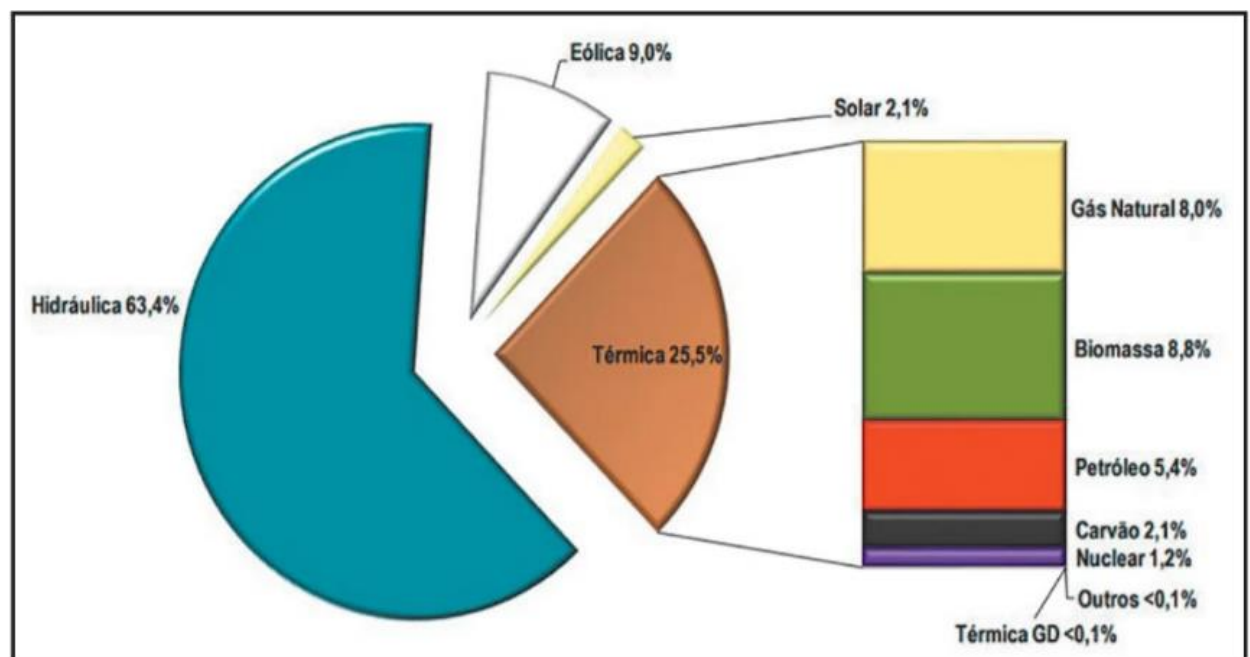
Introdução

A primeira célula fotovoltaica surgiu em 1839, após o pesquisador francês, Edmond Becquerel, descobrir o efeito fotovoltaico. Com o aparecimento dessa tecnologia, ela já era tratada como uma fonte energética futurista, por ser uma fonte limpa e renovável. Desde então, essa descoberta sofreu vários processos evolutivos que melhoraram o sistema.

Foi em 1954, quando foi criada a célula moderna, elaborada a partir do processo de dopagem do silício, e logo em 1958 ela já foi utilizada em um satélite com painel solar de 1W, o que se tornou um grande marco e partir daí passou a ser utilizada em outros mercados, como o de embarcações e construções, por exemplo. Já em 1999, a tecnologia fotovoltaica alcançou 1000MW de capacidade no mundo todo, porém foi na década de 2010 que houve um “boom” na utilização dessa tecnologia, já que a China começou a produzir essa tecnologia em larga escala, onde houve uma redução dos preços dos insumos resultando numa diminuição de 90% ao longo dos anos.

Isso fica evidenciado quando olhamos para o Brasil, em 2012 nós contávamos com apenas 7MW de potência relacionado a energia solar, porém, em 2019 a potência chegou a 6436MW, que corresponde a 2,1% de toda matriz energética. (VIAN, 2021)

Imagem 1 – Matriz energética Brasileira



Fonte: Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações – Vian, 2021



Como no Brasil, a principal matriz energética é proveniente de hidrelétricas, em tempos de seca e com baixo índice de chuva, nós passamos por crises energéticas, que acabam ocasionando um aumento do valor da energia elétrica, e com isso, a procura por soluções, como as placas e telhas fotovoltaicas vem aumentando, já que, é possível instalá-las em casa, e assim, gerar energia para o consumo próprio, e o excedente ainda é retornado à rede, na maioria dos casos

Os painéis fotovoltaicos são construídos de maneira a durar bastante tempo, são constituídos de diversas camadas a fim de ter uma geração de energia considerável e ainda assim oferecer uma maior proteção para o equipamento, já que ficam expostos ao tempo por muitos anos.

O material responsável por gerar energia, é a Célula fotovoltaica, é produzida a partir de uma lâmina de cristal de silício puro, e por ser a parte mais importante de um sistema fotovoltaico, é responsável por cerca de 60% do valor do sistema. A parte responsável pela proteção da célula é composta por diversas camadas.

No caso das telhas fotovoltaicas, a célula fotovoltaica é feita de silício monocristalino, e a parte da telha varia de acordo com cada fabricante, como de concreto, fibra de vidro, que são mais simples, sendo assim, tendo uma fácil manutenção e instalação.

Imagem 2 – Telha solar da Tégula



Fonte: Tégula Solar

As telhas fotovoltaicas são mais práticas, em relação às placas solares, no momento de instalação na construção, já que ela é instalada normalmente como se fosse um telhado comum, porém no final, elas são conectadas entre si para depois conectar o sistema todo ao inversor solar, que transforma a corrente contínua gerada pelas telhas, em corrente alternada para poder atender toda a demanda elétrica da casa a residência.

No momento da instalação e da montagem, as telhas solares, necessitam seguir algumas recomendações e normas, como por exemplo a inclinação mínima e máxima do telhado como um todo.

Material e Métodos

Para que um sistema fotovoltaico tenha a máxima eficiência de maneira a reduzir custos, primeiro precisamos estudar o projeto. Para isso, existem fatores que são fundamentais para obter a máxima eficiência do sistema fotovoltaico. Como os citados abaixo.

Posicionamento do sistema, já que é de suma importância para a captação da luz solar. Como o Brasil está localizado no hemisfério sul do planeta Terra, a melhor orientação é voltada para o Norte, pois recebe luz ao longo do ano todo. (SANTOS, 2013)

Dimensionamento do sistema, variando de acordo com o cliente e para qual uso ele precisa, dessa forma, exageros são evitados e o sistema consegue suprir toda a demanda da residência ou indústria.

Análise estrutural do telhado em que será instalado o sistema, em caso de laje não tem necessidades pois elas já suportam cargas elevadas, porém em casas onde o telhado é feito de madeira, é necessária uma análise estrutural, como: número de terças e treliças; espaçamento adequado; pontos de apodrecimento relacionados a umidade. Já que em casos de placas fotovoltaicas, que pesam cerca de 20kg cada unidade, o peso delas se somam ao do telhado já presente, enquanto com as telhas fotovoltaicas, acabam por ser mais leves que as próprias telhas convencionais, pesando cerca de 40,9kg/m² contra 41,9kg/m² das convencionais, e ainda as substituem no local de instalação.

Quanto à instalação da parte elétrica, no caso das telhas fotovoltaicas, elas já são fabricadas para que no momento da instalação e da montagem, facilite a ligação entre elas, que podem ser ligadas em série, de maneira que se adaptem melhor aos requisitos do inversor utilizado. Os cabos e os conectores são fornecidos pela fabricante, e acompanham as telhas.

Imagem 3 – Conectores da telha solar

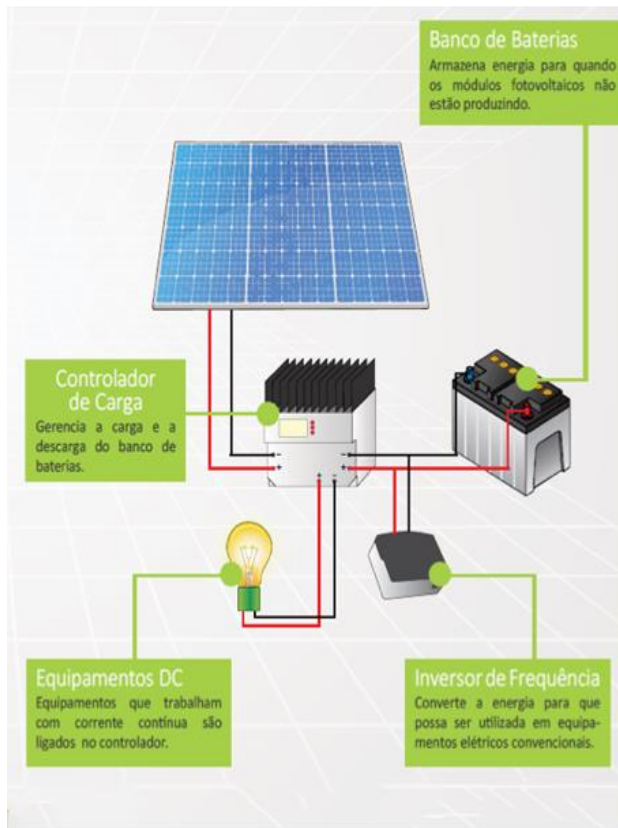


Fonte: Tégula Solar

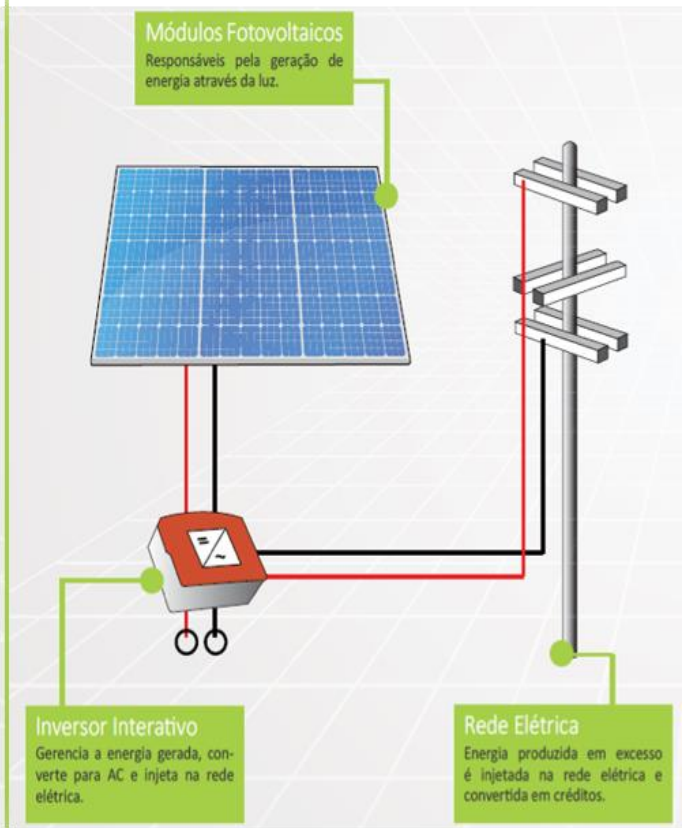
Os sistemas fotovoltaicos, podem ser classificados em Sistemas On-Grid, onde o sistema fotovoltaico é conectado diretamente à rede pública, permitindo que em tempos de baixa produção de energia solar, o sistema utiliza-se da rede pública para suprir o consumo de energia, porém, em tempos onde a produção de energia é maior que o consumo, a energia excedente é retornada para a rede, assim gerando créditos que podem ser utilizados, principalmente nos momentos de baixa produção para que mesmo consumindo energia da rede, a conta de luz seja mínima. Já nos Sistemas Off-Grid, o sistema fotovoltaico é conectado a baterias, para que toda energia gerada que não foi utilizada, seja armazenada para utilizar quando a produção de energia for menor que o consumo, o que torna o sistema off-grid autônomo e livre de falhas na distribuição em relação à rede pública.

Imagem 4 – Sistemas Off Grid e On Grid

Sistema autônomo (Off Grid)



Sistema conectado a rede elétrica (On Grid)



Fonte: Solar Fonte



O investimento para se ter um sistema fotovoltaico, seja ele de telhas ou de painéis, ainda é muito elevado, por serem equipamentos que envolvem uma alta sofisticação tecnológica, porém, desde 2012 até hoje, com a produção desses equipamentos se massificando, o valor deles já caíram pela metade. Entretanto, é preciso entender que é um investimento a longo prazo, pois esses equipamentos têm vida útil de mais de 20 anos, e o retorno financeiro que se tem por diminuir cerca de 95% da conta de luz, faz com que o investimento seja pago de 5 a 10 anos, dependendo do tamanho do sistema, isso sem contar a valorização do imóvel, que no Brasil, pode chegar em até 30%. (VIAN, 2021)

Imagem 5 – Residência com telhas solares

Fonte: Tégula Solar

Na contratação de sistemas fotovoltaicos, uma das partes mais demoradas e complexas da burocracia é a criação e avaliação do projeto do equipamento, que será instalado conforme normas, modelos e documentação necessária. Alguns desses documentos são fotos dos locais de instalação dos equipamentos, memorial descritivo dos equipamentos, projetos do sistema, certificado de alguns itens dos equipamentos, entre outros comprovantes de comprovação da ANEEL. Então pode levar de 60 a 120 dias para adquirir o equipamento e tudo depende do tamanho do projeto e da quantidade de energia que o cliente pretende produzir.

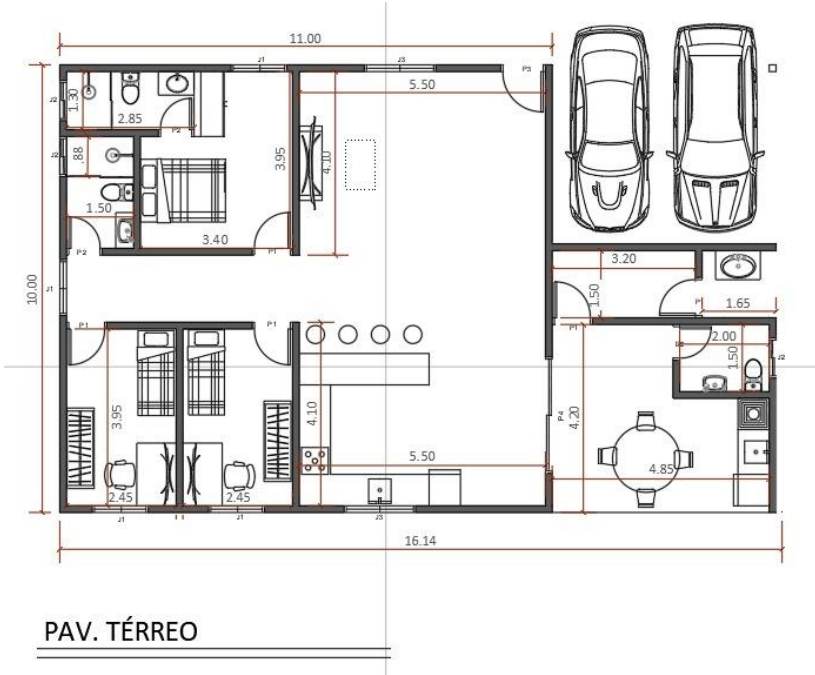
O sistema de compensação de energia é regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica, resolução normativa nº 482/2012. Este sistema faz com que a energia excedente gerada seja realimentada na rede de distribuição e sejam gerados créditos de energia que poderão ser utilizados futuramente com validade de 60 meses, seja no faturamento dos meses seguintes ou no consumo de outro posto tarifário. É importante ressaltar que mesmo que o sistema fotovoltaico forneça todo o consumo de energia, não é descontado 100% do valor da conta de luz, pois há um mínimo que deve ser pago à concessionária da rede de distribuição.

Utilizou-se então um projeto de uma residência para que fosse possível dimensionar e comparar o uso de painéis e telhas fotovoltaicas, dizendo suas respectivas vantagens e desvantagens, para que seja possível saber um pouco mais sobre as telhas fotovoltaicas, tecnologia muito recente.

Resultados e Discussão

A primeira etapa neste estudo de caso foi projetar a casa no AutoCad, para que pudéssemos saber todas as dimensões necessárias, sendo elas tamanho do telhado, número de tomadas, chuveiros, lâmpadas, uso ou ausência de ar-condicionado, número de quartos e de residentes. Para que fosse possível realizar todos os cálculos necessários.

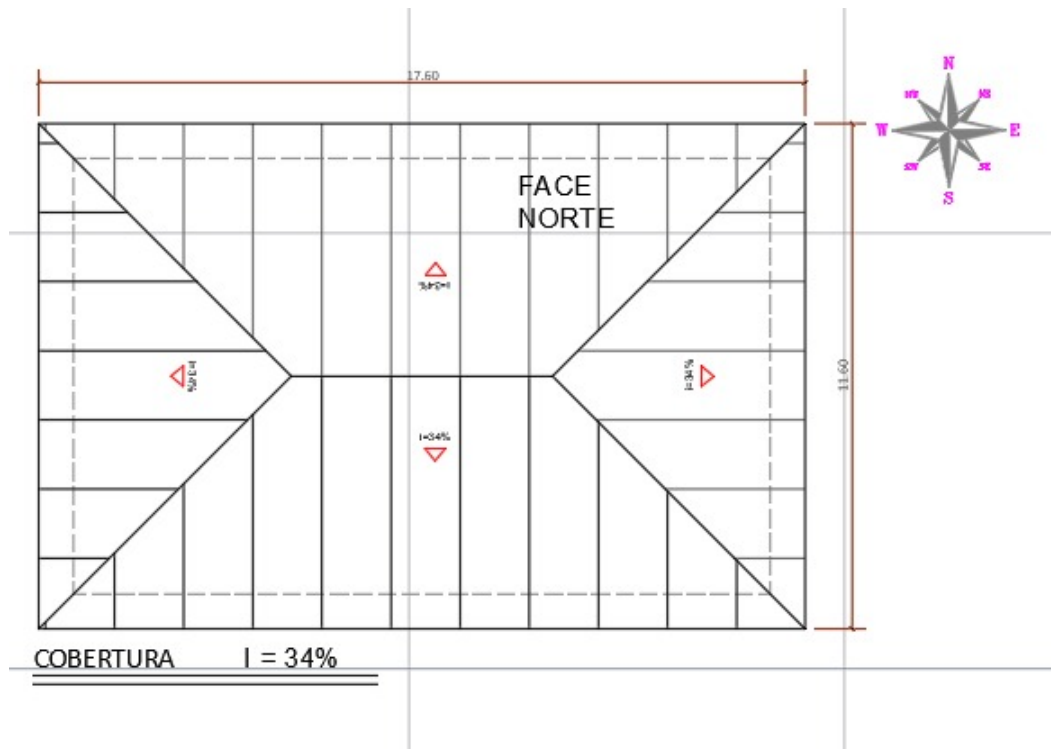
Imagem 6 - Planta baixa residência



Fonte: autoria do próprio autor.

Após terminar de projetar a planta baixa, foi projetada a cobertura, parte muito importante para esse estudo de caso, pois é o local onde será alocado tanto telhas quanto painéis fotovoltaicos.

Imagem 7 - Cobertura da residência



Fonte: autoria do próprio autor.

A face norte é onde ocorrerá a instalação do sistema fotovoltaico, face esta que recebe a maior proporção de raios solares, e são esses raios que se tornarão energia elétrica no futuro.

Após isso, foi levantado a relação da área total do telhado com a área da face norte, para que a partir daí, fosse possível calcular a quantidade de material necessária para cobrimento do telhado, levando em conta tanto a instalação de sistema fotovoltaico de telhas solares quanto a de painéis solares.

Tabela 1 - Área do telhado

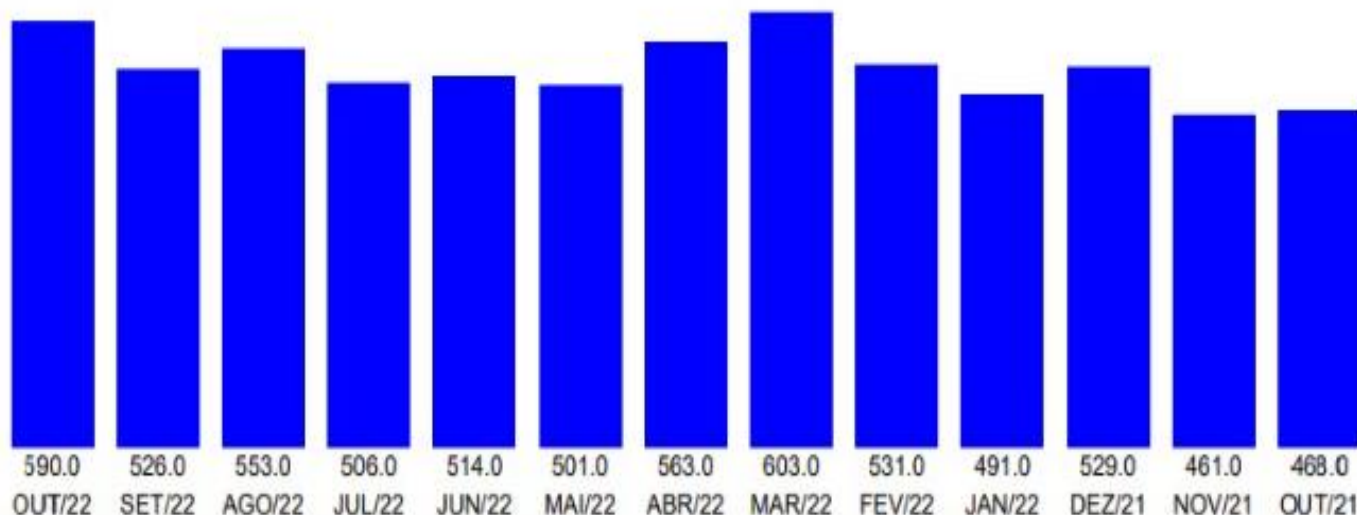
ARÉA TOTAL TELHADO	204,16	m ²
ÁREA DA FACE NORTE	68,44	m ²

Fonte: autoria do próprio autor.

Além desses dados, foram levantados o consumo de energia dessa residência e o valor da conta de luz, levando em conta que a residência está localizada em Atibaia - SP (concessionária Elektro).

Para que fosse possível saber a quantidade necessária de cada sistema fotovoltaico, a fim de calcularmos o valor de cada uma.

Gráfico 1 - Consumo de energia (kWh)



Fonte: autoria do próprio autor.

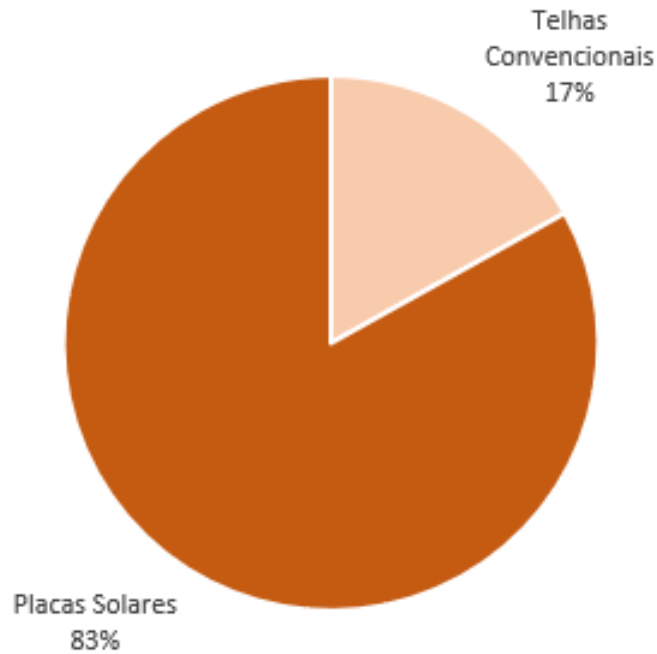
Tendo em vista que o consumo máximo de energia, foi em março de 2022, sendo aproximadamente 600 kWh onde foi pago valor de R\$654,40. Foi levantado a quantidade necessária de telhas e de painéis fotovoltaicos para suprir o consumo desta residência, para isso, é preciso levar em conta que, no caso das telhas solares, elas ocupam o espaço das convencionais, enquanto as placas são instaladas sobre as telhas convencionais.

Tabela 2 - Custo Placas Solares

SISTEMA	TELHAS CONVENCIONAIS			PLACAS SOLARES			CUSTO TOTAL
	Quantidade	Área [m ²]	Custo	Quantidade	Área [m ²]	Custo	
PLACAS SOLARES	2123	204,16	R\$5.716,48	15	59,84	R\$28.050,00	R\$33.766,48

Fonte: autoria do próprio autor.

Gráfico 2 – Percentual de custo de placa solar



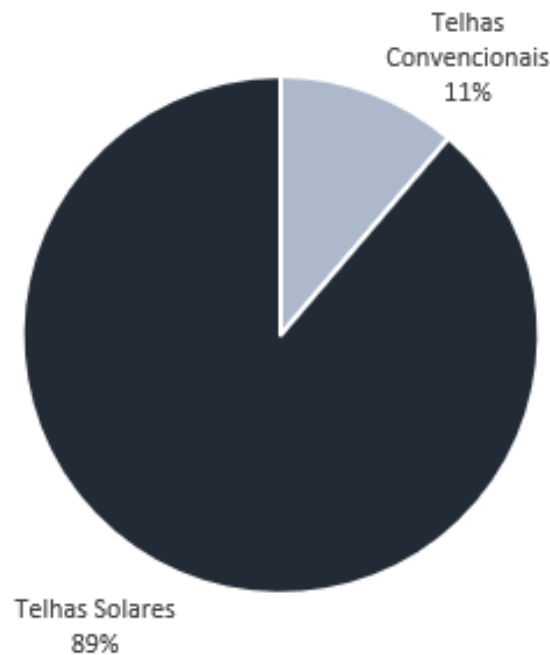
Fonte: autoria do próprio autor.

Tabela 3 - Custo Telhas Solares

SISTEMA	TELHAS CONVENCIONAIS			TELHAS SOLARES			CUSTO TOTAL
	Quantidade	Área [m ²]	Custo	Quantidade	Área [m ²]	Custo	
TELHAS SOLARES	1424	136,97	R\$3.835,16	504	67,19	R\$30.240,00	R\$34.075,16

Fonte: autoria do próprio autor.

Gráfico 3 – Percentual de custo de telha solar



Fonte: autoria do próprio autor.

É possível ver nos gráficos 2 e 3, que a telha convencional representa um maior valor no custo total da instalação das placas solares, por conta de utilização em toda a cobertura da residência. Como, as telhas solares precisam de menos telhas convencionais para realizar a cobertura da residência, isso faz com que os custos totais de cada sistema fotovoltaico, se aproximem, mesmo as telhas tendo um custo maior que as placas, já que há um desconto de cerca R\$1881,32 por parte das telhas convencionais. Como mostra as tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Diferença do investimento de cada sistema fotovoltaico

INVESTIMENTO		<i>*Sem contar as telhas convencionais</i>
TELHAS	PLACAS	DIFERENÇA
R\$30.240,00	R\$28.050,00	R\$2.190,00

Fonte: autoria do próprio autor.

Tabela 5 – Diferença da utilização de telhas convencionais

	TELHAS CONVENCIONAIS		
	Quantidade	Área [m ²]	Custo
DIFERENÇA	699	67	R\$1.881,32

Fonte: autoria do próprio autor.

Para realização desse cálculo, foi orçado o valor do m² de telha convencional, o valor de uma unidade de placa solar de 510W e das telhas solares da Tégula

Tabela 6 – Cotação dos itens utilizados

Telha Convencional (Tégula)	R\$28,00	m ²
Telha Solar (Tégula)	R\$60,00	unidade
Placa Solar (510W)	R\$1.870,00	unidade

Fonte: autoria do próprio autor.

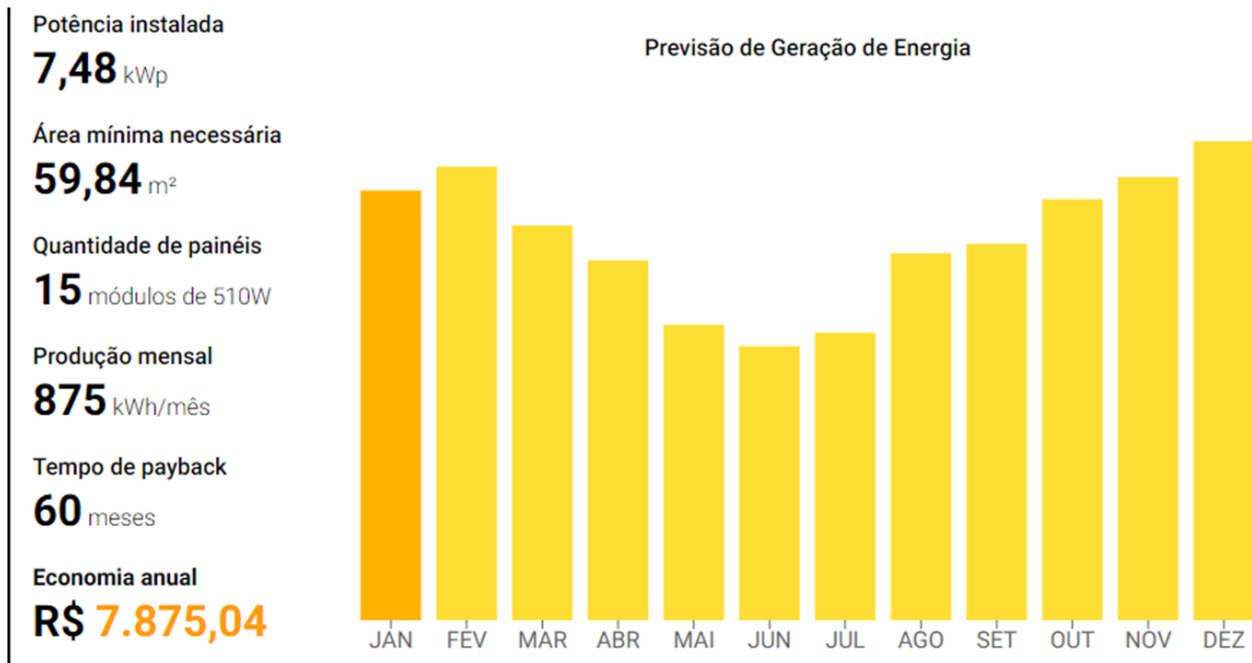
Para saber a quantidade necessária de cada produto, foi utilizado o simulador da Tégula (para telhas solares) e do portal solar (para painéis solares), já que esses simuladores oferecem dados importantíssimos para compará-los.

Gráfico 4 - Simulador telhas



Fonte: Tégula Solar

Gráfico 5 - Simulador placas



Fonte: Portal Solar

Como se pode ver nos gráficos 4 e 5, as placas apresentam uma eficiência maior quando comparado com as telhas, porém, como ela não é tão modular quanto as telhas solares, pode haver exageros em relação ao que é produzido e consumido.

Tanto para as telhas quanto para os painéis, foi levado em conta apenas o valor unitário, sem contar mão de obras, inversores e demais acessórios necessários para a instalação, já que esse gasto existe para ambos os sistemas fotovoltaicos e variam de acordo com cada fornecedor.

Com isso, foi encontrado uma diferença de apenas R\$308,68 no custo total. As placas solares apresentam uma ligeira vantagem de preço em relação as telhas solares, que representa cerca de 1% do investimento.

Tabela 7 - Custo Total

CUSTO TOTAL
R\$34.075,16
R\$33.766,48

fonte: autoria do próprio autor

Tabela 8 - Diferença de preços

Diferença
R\$308,68
1%

fonte: autoria do próprio autor

Para este caso, o tempo de retorno, tanto para telhas quanto para os painéis, é estimado um tempo de retorno entre 50 e 60 meses (em torno de 5 anos), levando em conta os demais gastos necessários para instalação de um sistema fotovoltaico, como mão de obra, inversores e demais acessórios.

Isso sem contar a valorização do imóvel, após as instalações desses sistemas, já que aqui no Brasil, essa valorização pode chegar a 30%, tendo em vista que, cada vez mais, a procura por casas com sistemas fotovoltaicos irá aumentar, por estarmos caminhando para um mundo cada vez mais eletrificado.

Conclusões

Como as telhas fotovoltaicas são um produto mais novo do que as placas solares, é normal que o valor dela seja mais elevado, porém, com o passar do tempo e maior exploração e produção dessa tecnologia, o custo dela vai se reduzindo, como já vem acontecendo.

Em uma comparação final, é possível perceber que os dois sistemas têm a mesma finalidade, porém com algumas características diferentes.

Como se pode ver neste trabalho, atualmente, o valor das telhas acaba por se aproximar ao valor das já conhecidas, placas solares. Nesse caso, em específico, a diferença ficou na casa de apenas 1% do investimento. Isso se deve por conta de as telhas solares utilizarem o espaço das telhas convencionais, fazendo com que tenha um menor custo em relação aos painéis que são montados sobre os telhados.

Apesar de possuir um preço um pouco mais elevado, as telhas fotovoltaicas ainda apresentam várias vantagens, como por exemplo a modularidade que existe por conta do próprio tamanho físico de cada módulo, já que são necessárias cerca de 500 telhas para cumprir o mesmo papel que 15 painéis solares de 510w, o que também, resulta em uma maior precisão no momento do dimensionamento, evitando desperdícios, e facilitando a manutenção em casos de quebra de um único módulo, além de que, a reposição do módulo acaba por ser muito mais barata, já que o preço unitário da telha solar Tégula é de R\$60,00, em quanto que, se for preciso trocar um módulo de uma placa solar, a unidade pode chegar a R\$1870,00, o que a longo prazo acaba sendo muito mais vantajoso. Outra vantagem das telhas solares, é em relação ao peso exercido na estrutura, já que elas acabam ocupando o espaço das telhas convencionais e sendo até mais leve do que elas, enquanto os painéis somam-se aos pesos das telhas convencionais, por serem instaladas sobre elas. Além de que as telhas solares oferecem uma estética muito mais agradável e harmoniosa, do que as placas solares, que podem impactar ainda mais na valorização do imóvel.



Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer, principalmente a Deus, às nossas famílias, por nos incentivar, e a todos nossos professores que nos acompanharam nessa jornada acadêmica, em especial ao nosso professor orientador João Alex Franciscan Vaz.

Referências Bibliográficas

BALFOUR, Jhon. **Projeto de Sistemas Fotovoltaicos**. Disponível em: <[https://reader/books/9788521635314epubcfi/6/24\[%3Bvnd.vst.idref%3Dchapter3\]!/4/586/5:1\[%2C%20qu\]r](https://reader/books/9788521635314epubcfi/6/24[%3Bvnd.vst.idref%3Dchapter3]!/4/586/5:1[%2C%20qu]r)> Acesso em: 05 de abril 2022

BANCO BV, Disponível em: < <https://www.bv.com.br/bv-inspira/parceiro-solar/telha-fotovoltaica#:~:text=A%20telha%20fotovoltaica%20%C3%A9%20uma,mais%20bonito%2C%20flex%C3%ADvel%20e%20eficiente.>>. Acesso em: 17 de setembro 2022

CAMPOS, Mateus. **Crise energética no Brasil**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/crise-energetica-no-brasil.htm>> Acesso em: 09 de março 2022.

CELERE. **Tegula Solar**. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/sustentabilidade/telha-solar-tegula-solar/>. Acesso em: 14 de setembro 2022

FELIPE, Luis. **Potencial e posições de painéis solares**. Disponível em: <<https://www.wasolar.com.br/melhor-direcao-e-inclinacao-painel-solar>> Acesso em: 30 de março 2022

MEYER, Rodolfo. **Energia solar em residências**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/quantos-paineis-solares-preciso-para-residencia.h>> Acesso em: 12 de abril 2022

OCA ENERGIA SOLAR, **Preparar telhados para instalar energia solar fotovoltaica**. disponível em: <<https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/como-preparar-telhado-para-instalar-energia-solar-fotovoltaica-em-casa/>>. Acesso em: 02 de maio. 2022



PORTAL ENERGIA, Disponível em:<<https://www.portal-energia.com/paineis-solares-mais-eficientes/>>. Acesso em: 19 de abr. 2022

PORTAL SOLAR, Energia solar on-grid e off-grid disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-on-grid-ou-off-grid-qual-devo-escolher>>. Acesso em: 09 de maio. 2022

PORTAL SOLAR, Descubra quando custa instalar energia solar disponível em:<<https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 12 de out.2022

PORTAL SOLAR, ETERNIT SOLAR, Disponível em:<<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/eternit-apresenta-telha-fotovoltaica-inedita-no-pais.html>>. Acesso em: 19 de out. 2022

REEVISA, Produção de energia solar, disponível em:<<https://reevisa.com.br/post/producao-de-energia-solar-em-cada-estacao-do-ano/>>. Acesso em: 18 de abr. 2022

TÉGULA SOLAR, disponível em:<<https://www.tegulasolar.com.br/#boxResultado>>. Acesso em: 19 de out.2022

TÉGULA SOLAR, disponível em:<<https://www.tegula.com.br/calcular-de-telhas/>>. Acesso em: 12 de out.2022

VIAN, Ângelo. **Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações**. [R. Pedrosa Alvarenga, 1245 - Jardim Paulista, São Paulo - SP, 04531-934]: Editora Blucher, 2021. E-book. ISBN 9786555500592. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555500592/>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

DOS SANTOS, Marco Aurélio. **Fontes de Energia Nova e Renovável**. Grupo GEN, 2013. E-book. ISBN 978-85-216-2474-5. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2474-5/>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SOLAR FONTE, disponível em: <<http://solarfonte.com.br/blog/grid-x-grid>>. Acesso em 01 nov. 2022.