

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROJETO DE GRADUAÇÃO**



YAGO ALTOÉ MACHADO

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE
MELHORIAS APLICADAS PARA O USO EFICIENTE DE ENERGIAS
EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAS**

VITÓRIA – ES
2021

YAGO ALTOÉ MACHADO

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE
MELHORIAS APLICADAS PARA O USO EFICIENTE DE ENERGIAS
EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAS**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Yago Altoé Machado**, apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para aprovação na disciplina “ELE08552 – Projeto de Graduação 2”.

Orientador: Prof. Dr. Walbermark Marques dos Santos

YAGO ALTOÉ MACHADO

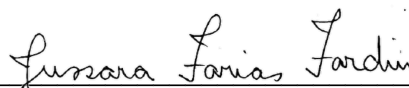
**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE
MELHORIAS APLICADAS PARA O USO EFICIENTE DE ENERGIAS
EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAS**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Yago Altoé Machado**, apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Aprovada em 14 de outubro de 2021

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Walbermark Marques dos Santos
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dra. Jussara Farias Fardin
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora



Prof. Dr. Augusto César Rueda Medina
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
WALBERMARK MARQUES DOS SANTOS - SIAPE 1481843
Departamento de Engenharia Elétrica - DEE/CT
Em 19/10/2021 às 15:02

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/291520?tipoArquivo=O>

AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho de final de curso a todos meus colegas estudantes, professores e funcionários do departamento de engenharia elétrica da UFES.

Uma dedicação especial aos meus pais que sempre estiverem ao meu lado incentivando e apoiando meu desenvolvimento.

Por fim agradeço a Deus por iluminar meu caminho em busca do saber.

Agradeço ao professor Walbermark Marques dos Santos que foi meu professor em algumas matérias ao longo do curso e aceitou me orientar neste trabalho de conclusão de curso. Em segundo lugar a todos os outros professores com os quais tive o prazer de conviver e aprender e a todos os funcionários do departamento que sempre que precisei me apoiaram. Agradeço também a todos os colegas de turma com os quais convivi e muito aprendi.

RESUMO

Este projeto visa avaliar ações que podem ser aplicadas em residências e áreas comuns de um condomínio, buscando obter uma melhor utilização de energia elétrica e térmica tanto no apartamento especificado quanto na área comum do condomínio. Foram pesquisadas novas tecnologias dos equipamentos de uso doméstico, uso do aquecimento a gás e solar para a água, visando a redução das perdas e dos custos com utilização de energia. Como a planta estudada se trata de um apartamento em um condomínio, foi feito um estudo para melhorias também em espaços comuns com o objetivo de trazer eficiência e economicidade para todo o condomínio. Como critério de comparação, foi realizado a análise de substituição de algumas tecnologias como por exemplo, trocar os chuveiros elétricos por chuveiros a gás, substituir os equipamentos de ar condicionado por modelos mais novos e com tecnologia mais eficiente, tempo de retorno do investimento caso utilizasse placas solares para geração de energia para as áreas comuns, a utilização de painéis híbridos visando o aumento da eficiência da geração de energia elétrica e utilizando água aquecida para diminuir o custo de gás de uma sauna. Os custos das ações foram colocados frente a economia de energia e ao tempo de retorno do investimento para verificação da viabilidade da aplicação das mudanças sugeridas. A mudança da tecnologia dos chuveiros e a substituição dos equipamentos de ar-condicionados foram considerados inviáveis, assim como, a utilização de painéis híbridos para o aumento da eficiência dos painéis solares. Foi considerado viável a utilização da geração solar para utilização nas áreas comuns e o aquecimento de água para utilização na sauna.

Palavras-chave: Fotovoltaico. Painel Híbrido. Eficiência.

ABSTRACT

This project aims to evaluate actions that may be applied inside homes and also in the common areas of a building in order to obtain the better use of thermal and electrical energy in both places. It was studied new technologies for domestic devices, use of solar and gas for water heating to reduce energy losses and costs. As it's an apartment in a condominium, it was also made a study for improve the efficiency and costs of the common places in the condominium. As a comparison criterion, an analysis of technologies replacement was performed, such as replacing electric showers with gas showers, replacing air conditioning devices with newer and more efficient models, analyzing the payback time using photovoltaic panels in common areas, the use of hybrid panels improving the efficiency of electricity generation and using heated water to reduce the gas use in the sauna. The costs of actions were compared to the savings and the payback to verify the viability of the suggested changes. The replacements in shower and air conditioning equipment's were considered unfeasible, as was the use of hybrid panels to increase the efficiency of solar panels. It was considered feasible the use of solar generation in common areas and water heat for use in the sauna.

Keywords: photovoltaic. Hybrid Panel. Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de energia elétrica por classe no Brasil	11
Figura 2 - Tarifa Residencial (R\$/MWH) com IPCA e IGP-M	14
Figura 3 - Selo PROCEL Inmetro	16
Figura 4 - Consumo médio por aparelho	17
Figura 5 – Esquema de aquecimento solar da água.....	18
Figura 6 - Crescimento da capacidade instalada.....	20
Figura 7 - Rendimento médio por tecnologia	21
Figura 8 - Circuito equivalente de uma célula fotovoltaica.....	22
Figura 9 - Corrente em função da Tensão em um painel fotovoltaico	23
Figura 10 - Influência da temperatura da célula fotovoltaica na curva I-V.....	23
Figura 11 - Modelo de montagem do modulo FV/T	24
Figura 12 - Trocador de calor instalado sobre as barras de alumínio	25
Figura 13 - Chapa de Polipropileno utilizado no trocador de calor.....	25
Figura 14 - Circulação da água no interior do trocador de calor	26
Figura 15 - Vista lateral de um painel fotovoltaico	26
Figura 16 - Circuito térmico equivalente de um painel FV/T	27
Figura 17 - Sauna a vapor para cômodo de 25m ³	33
Figura 18 - Geração mensal média	34
Figura 19 - Orçamento Sandregás	38
Figura 20 – Orçamento Sandregás.....	39
Figura 21 – Orçamento Sandregás.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros térmicos do módulo	29
Tabela 2- Ar-condicionado consumo atual.....	31
Tabela 3 - Chuveiro elétrico consumo atual	32
Tabela 4 - Dados de geração painel	33
Tabela 5 - Dados do painel utilizado pela empresa Boroto	34
Tabela 6 – Comparação Ar-condicionado Sugerido (novo) x Atual	36
Tabela 7 - Aquecimento Elétrico x Aquecimento à Gás	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balço Energético Nacional
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
FV	Fotovoltaico
FV/T	Fotovoltaico térmico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	10
1.2 Objetivos	13
1.3 Metodologia	13
1.4 Estrutura do trabalho	14
2 EMBASAMENTO TEORICO	15
2.1 Consumo dos equipamentos.....	15
2.2 Aquecedores de água.....	17
2.3 Condicionadores de ar.....	19
2.4 Painel Fotovoltaico Híbrido a Água.....	20
3 ESTADO ATUAL DA RESIDÊNCIA E ESPAÇO COMUM	30
3.1 Ar-condicionado.....	30
3.2 Chuveiros Elétricos	31
3.3 Área comum do condomínio	32
4 ESTUDO DE CASO	35
4.1 Ar-condicionado.....	35
4.2 Aquecedores de água para o apartamento	36
4.3 Área comum	41
5 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

O uso eficiente da energia, principalmente a energia elétrica, está em evidência desde a crise do petróleo na década de 70, no qual se verificou que as reservas de combustíveis não eram inesgotáveis, e o seu uso traria prejuízos ao meio ambiente (EPE, 2007). Em 1985 o governo brasileiro criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobrás, com o intuito de promover o uso racional e eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício (ELETROBRAS, 2012).

Desde o começo dos anos 70, o Brasil convive com o risco de apagões. Nos últimos trinta anos, já foram registrados diversos blecautes. O mais importante foi o de 1999, quando faltou energia durante quatro horas. A falta de energia por alguns minutos no ano é normal em todo o mundo. Em média, cada casa fica até dez horas sem energia por ano no Brasil (BRASIL ESCOLA, [200-]).

Em julho de 2001, foi decretado o racionamento para consumidores residenciais, cuja meta deveria ser de 80% do consumo médio, para os que consumissem em média acima de 100 kWh por mês. Os que consumissem abaixo de 100kWh, a meta era de 100% (PREDISENCIA DA REPÚBLICA, 2001).

A Figura 1, ilustra a participação no consumo elétrico Brasileiro por classe.

Figura 1 - Consumo de energia elétrica por classe no Brasil

	2015	2016	2017	2018	2019	Δ% (2019/2018)	Part. % (2019)	
Brasil	465.708	461.780	467.161	474.820	482.226	1,6	100,0	Brazil
Residencial	131.190	132.872	134.369	137.615	142.781	3,8	29,6	Residential
Industrial	169.289	165.314	167.398	169.625	167.684	-1,1	34,8	Industrial
Comercial	90.768	87.873	88.292	88.631	92.075	3,9	19,1	Commercial
Rural	25.899	27.267	28.136	29.168	28.870	-1,0	6,0	Rural
Poder público	15.196	15.096	15.052	15.076	15.752	4,5	3,3	Public Sector
Iluminação pública	15.333	15.035	15.443	15.690	15.850	1,0	3,3	Public Lighting
Serviço público	14.730	14.969	15.196	15.778	15.958	1,1	3,3	Public Service
Próprio	3.304	3.355	3.277	3.238	3.257	0,6	0,7	Own Use

Fonte: EPE (2019).

Economizar energia em residências não trará benefícios somente para o consumidor, mas também será benéfico para os investimentos, já efetuados no sistema elétrico brasileiro, e além de reduzir custos para o país e para o consumidor, reduz os impactos ambientais e induz uma modernização industrial, que é muito importante para um país em desenvolvimento não desperdiçar seus recursos (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL – PUCRS, 2010).

Diante desse quadro de alto gasto energético há um empenho mundial em gerar uma maneira de reduzi-lo, e para isso foi criada a ISO 50001, norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, publicada em 15 de junho de 2011, usada para auxiliar as empresas a gerir o uso de energia de forma mais eficiente, trazendo também diretrizes sobre segurança, desempenho, eficiência energética e redução de gases poluentes, uma questão extremamente importante para o planeta (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERIA – ABESCO, [201-]).

No ano de 2015, o sistema de bandeiras tarifárias foi implementado com o objetivo de trazer mais transparência ao consumidor e uma forma de incentivar o consumidor a ter um consumo mais inteligente de energia. As bandeiras tarifárias são uma forma diferente de apresentar um custo que hoje já está na conta de energia, mas geralmente passa despercebido. Anteriormente, os custos com compra de energia pelas distribuidoras eram incluídos no cálculo de reajuste das tarifas dessas distribuidoras e repassados aos consumidores um ano depois de ocorridos, quando a tarifa reajustada passava valer. Com as bandeiras, há a sinalização mensal do custo de geração

da energia elétrica que será cobrada do consumidor, com acréscimo das bandeiras amarela e vermelha. Essa sinalização dá, ao consumidor, a oportunidade de adaptar seu consumo, se assim desejar (ANEEL, 2014).

É importante compreender que a geração hidrelétrica é a fonte predominante no setor elétrico brasileiro. Para gerar energia, essas usinas dependem das chuvas e do nível de água armazenado nos reservatórios. Quando o nível está baixo, as termelétricas são acionadas para economizar água e para garantir a segurança do sistema.

O custo da energia das termelétricas é mais alto, visto que utilizam em sua geração combustíveis como o carvão, o gás natural, o óleo combustível e o diesel. Quando o nível dos reservatórios sobe e há mais água armazenada, as termelétricas podem ser desligadas, reduzindo o custo total de geração. O sistema de bandeiras tarifárias trás essa informação aos consumidores e contribui com o uso eficiente de energia, diminuindo a conta de energia e reduzindo a pressão da demanda sobre o sistema elétrico.

Outras medidas que estão sendo tomadas para reduzir o consumo de energia é o aumento da eficiência energética em uma residência. Os fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos, que buscam promover uma melhor qualidade de vida aos usuários, estão produzindo produtos que consumam menos energia, contribuindo com o sistema como um todo e gerando um benefício financeiro aos clientes que adquirem esses produtos. (PROCEL INFO, 2006).

Com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO, o consumidor pode obter informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar na escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais conscientes e econômicas. Este programa também estimula a competitividade da indústria, que deverá fabricar produtos cada vez mais eficientes (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO, 2012).

Atrelando essas informações com uma conscientização dos usuários de uma residência, assim como a análise e mudança de alguns equipamentos que consomem muita energia, quando necessário, é possível realizar o estudo de uma forma de economizar energia sem que isso altere

o conforto e a segurança dos usuários. Com novas tecnologias e mudanças na legislação, é possível reduzir o consumo de energia e assim o custo pago pela energia.

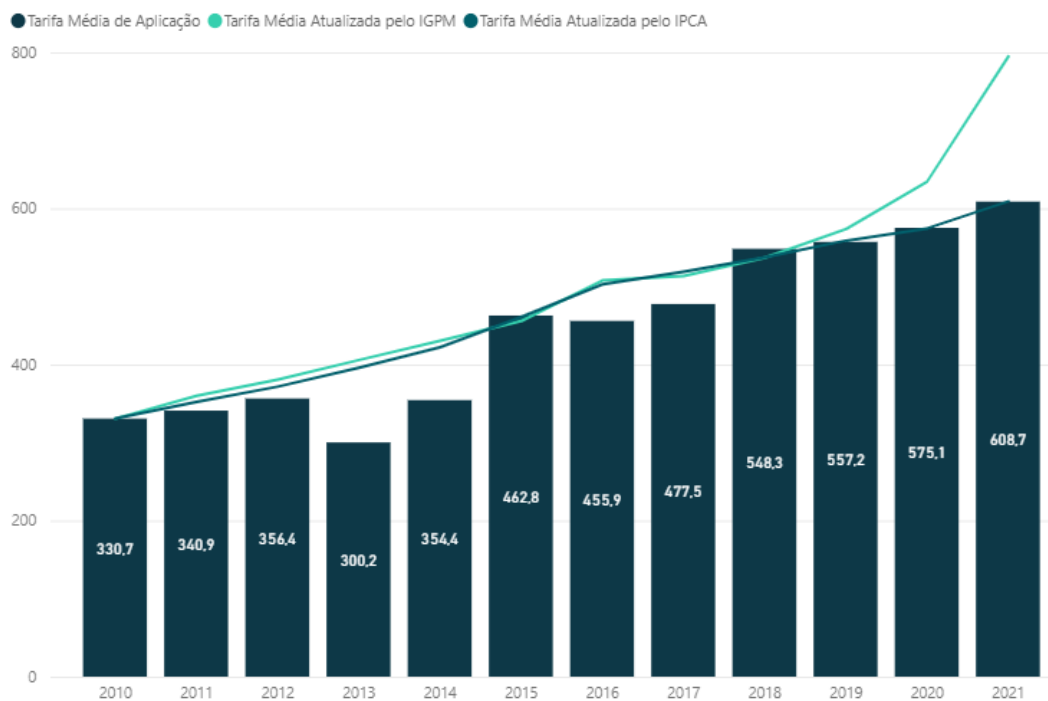
1.2 Objetivos

O objetivo desse projeto é propor uma melhor utilização da energia elétrica em uma residência selecionada em um condomínio específico, buscando analisar se os equipamentos utilizados são de boa eficiência, se comparados com o consumo dos atuais via selo PROCEL, e possíveis substituições, a conscientização dos usuários, o uso eficiente de energia nas áreas comuns, por se tratar de um condomínio, verificando qual o tempo de retorno de investimento de um sistema fotovoltaico e um sistema híbrido fotovoltaico/térmico, assim como, a viabilidade de utilização da água aquecida pelo sistema fotovoltaico/térmico em uma sauna a vapor, buscando a diminuição do gasto com gás.

1.3 Metodologia

Inicialmente será realizado o estudo da atual situação energética da residência. Então será feito um estudo de mercado para procurar equipamentos para substituir os atuais. Após as fases de estudo será feita uma comparação financeira de cada equipamento para verificar se a economia gerada compensa o custo dos novos produtos, em um período máximo de dois anos para o ar-condicionado e um período de dez anos para os aquecedores de água, todos a valor presente. O valor da tarifa de energia não será reajustado pela inflação, dado ao fato que, desde 2001, quando mudou a forma de como são calculados os reajustes da tarifa de energia elétrica, o valor médio da energia elétrica acompanha a inflação, conforme mostra a figura 2 (ANEEL, 2021). Quanto ao investimento nas áreas comuns do condomínio, será analisado o tempo de retorno do investimento.

Figura 2 - Tarifa Residencial (R\$/MWH) com IPCA e IGP-M



Fonte: ANEEL (2021).

1.4 Estrutura do trabalho

O Capítulo 2 contém o embasamento teórico onde explica-se o que será estudado e o porquê, no Capítulo 3 descreve-se a situação atual da residência e da área comum do condomínio, no Capítulo 4 será apresentada a aplicação das melhorias, comparações, soluções, e a viabilidade de cada uma delas. No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões do estudo.

2 EMBASAMENTO TEORICO

Neste capítulo será apresentada a situação de uma moradia em específico, os equipamentos que podem gerar um maior benefício financeiro, caso algum ajuste seja feito, e que tipos de melhorias serão propostas ao usuário final.

2.1 Consumo dos equipamentos

O uso de uma ou mais energias se tornou indispensável nas atividades da sociedade atual. Dentre as diversas formas de energia interessam, em particular, aquelas colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural etc (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – INEE, [202-]).

A energia pode ser usada em aparelhos simples, luminárias ou em sistemas mais robustos que agregam vários outros equipamentos como numa indústria, por exemplo.

Estes equipamentos e sistemas recebem essa fonte de energia, a utilizam para seus objetivos, e uma parte dela, sempre é perdida durante esse processo, já que equipamentos ideais, onde a perda é nula, não existem na prática. Por exemplo, uma lâmpada transforma a eletricidade em luz e calor. Como o objetivo da lâmpada é iluminar, a parte da energia recebida que gera calor pode ser considerada como perda (MORENO et al., 2009).

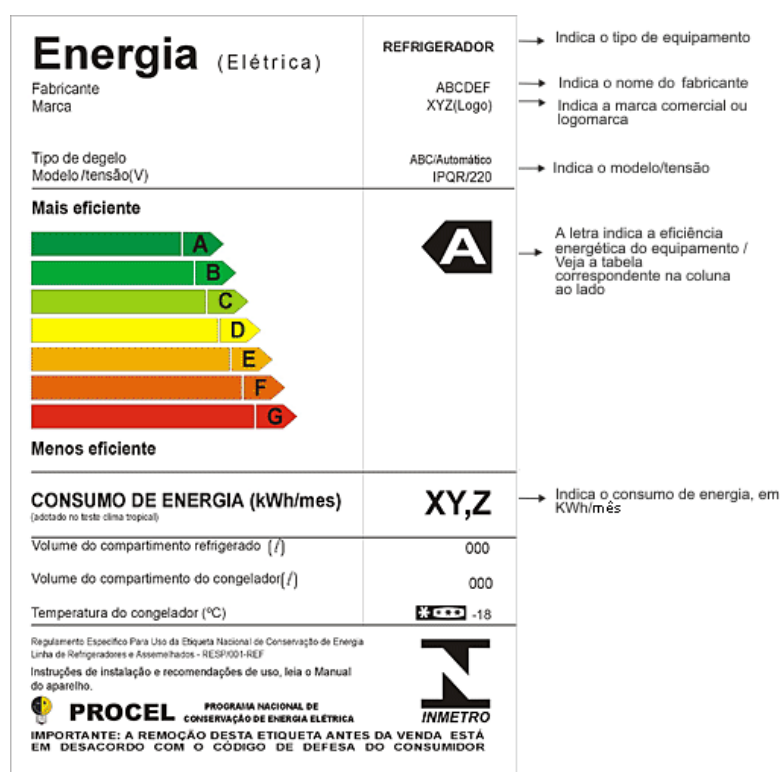
Outra fonte de desperdício deriva do uso inadequado dos aparelhos eletrodomésticos. Um ar-condicionado ligado em uma sala sem ninguém também pode ser considerado como perda ou desperdício, pois a energia está sendo consumida sem que haja um usuário desfrutando do seu objetivo principal que é tornar a temperatura de um ambiente mais agradável.

O selo PROCEL de economia de energia desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica foi instituído por um decreto presidencial em dezembro de 1993. O selo tem por objetivo, além de impulsionar o desenvolvimento tecnológico, a produção e comercialização de produtos que tenham melhor eficiência energética, contribuindo assim com

a sustentabilidade e diminuindo impactos ambientais (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO, 2012).

A Figura 3 ilustra as informações contidas no selo PROCEL Inmetro de Desempenho que foi instituído em 1998, em parceria com o Inmetro buscando trazer mais informações quanto a eficiência e qualidade de alguns equipamentos. Os produtos etiquetados devem atender a níveis mínimos de eficiência e qualidade definidos pelo PROCEL. Reservatórios térmicos, lâmpadas fluorescentes compactas, reatores eletromagnéticos para lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão, lâmpadas fluorescentes tubulares e motores elétricos trifásicos *standard* de alto rendimento, com potências entre 1 e 250 cv, são exemplos de produtos etiquetados pelo selo PROCEL (PROCEL INFO, 2006).

Figura 3 - Selo PROCEL Inmetro



Fonte: PROCEL INFO (2009).

Em 2003 foi instituído o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) em atuação conjunta com o Ministério de Minas e Energia. O programa busca promover o uso racional da energia elétrica em uma edificação desde o projeto. Com a criação do PROCEL EDIFICA foi implementado o incentivo ao uso e conservação de recursos

naturais como (água e energia) reduzindo assim, os impactos ao meio ambiente. O potencial estimado de redução de consumo para edificações novas é de 50%, e naquelas já prontas, onde forem implementadas reformas visando conceitos que contemplem eficiência energética e uso racional de energia, esse valor chega a 30% (PROCEL INFO, 2006).

A concessionária de energia Energisa MS, a partir de 2015, passou a fornecer para os consumidores da sua área de concessão um informativo na conta de energia elétrica, como mostra a Figura 4, sobre o consumo médio dos principais aparelhos elétricos residenciais (A CRITICA, 2015).

Figura 4 - Consumo médio por aparelho



Fonte: A Critica (2015).

Os aparelhos elétricos que mais consomem energia elétrica, em média no Brasil, são o ar-condicionado e o chuveiro elétrico, isso se dá pelo fato de ambos terem uma alta potência elétrica, e no caso do ar-condicionado, apesar de sua potência geralmente ser menor que a de um chuveiro, o tempo de uso costuma ser muito maior.

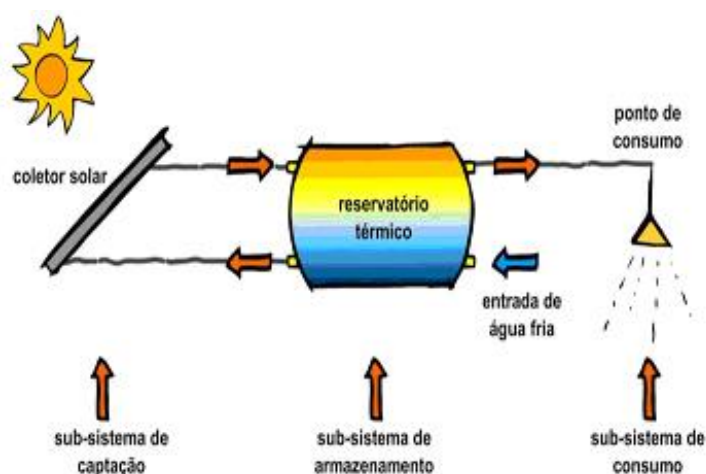
2.2 Aquecedores de água

Como geralmente o chuveiro elétrico é o aparelho com maior potência em uma residência, seu uso incorreto pode se tornar um grande custo no final do mês. A economia nestes aparelhos se dá na maior parte por uma conscientização do uso já que a maioria deles apresenta uma chave que altera de forma considerável a potência de uso que geralmente vem denominada de verão para menor potência e inverno para maior potência.

Uma outra solução que aumenta muito a eficiência energética e sustentabilidade em uma residência é a utilização do aquecimento solar da água. Utilizando de um sistema básico com placas coletoras, que são responsáveis por absorver a radiação solar, essa energia térmica absorvida é transmitida para a água por meio de tubulações, geralmente de cobre, que depois é depositada em um recipiente térmico (BRASIL ESCOLA, [202-]).

A Figura 5 demonstra um esquemático simples da utilização do aquecimento solar para substituição do chuveiro elétrico.

Figura 5 – Esquema de aquecimento solar da água



Fonte: Brasil Escola ([200-]).

O sistema de aquecimento de água solar, conforme exemplificado na figura 5, é composto por coletores solares (placas), um reservatório térmico conhecido como Boiler e o sistema de consumo. As placas absorvem a radiação solar, transferindo o calor captado para a água circulante no interior das tubulações de cobre presentes nesses coletores que são posicionados na parte externa da edificação, em um local que permita a melhor possibilidade de aproveitamento dos raios solares. O reservatório térmico armazena a água aquecida pelo sistema de captação para, posteriormente, ser utilizada no sistema de consumo, funcionando assim como reservatório térmico (MADEIRA, 2013).

Outra solução seria a troca dos chuveiros de aquecimento elétrico pelos de aquecimento a gás. O aquecimento de água utilizando aquecedores a gás é amplamente utilizado no país. Os sistemas apresentam eficiência da ordem de 80% para aquecedores de passagem e 85% para

aquecedores de acumulação, considerando apenas a eficiência na transferência de calor entre a câmara de combustão e a água e não no armazenamento de água quente. Respeitando os aspectos de instalação, os aquecedores a gás podem ser considerados seguros. Apesar de ser uma ótima solução do ponto de vista energético a energia utilizada é de origem não renovável e é, portanto, uma solução não sustentável (LAFAY, 2005).

2.3 Condicionadores de ar

No mercado hoje existem várias marcas, potências e tipos de ar-condicionado. A primeira providência a ser feita antes de comprar esse tipo de equipamento é o dimensionamento da potência térmica. Caso o aparelho fique subdimensionado ou superdimensionado o consumo de energia elétrica do aparelho pode aumentar para que ele trabalhe garantindo uma temperatura agradável ao ambiente.

Além disso, pode-se com o auxílio do selo PROCEL, comparar diferentes aparelhos, verificando a classificação de eficiência energética, que é graduada entre A a G, sendo A para os mais eficientes e G para os menos eficientes.

Sendo o compressor o principal agente de um ar-condicionado, a tecnologia embarcada no compressor influencia diretamente no consumo do aparelho. Apesar de custar um pouco mais, em média, que os aparelhos de compressor convencional, os aparelhos com a tecnologia inverter são os mais eficientes no mercado. O consumo pode cair até 30% dependendo a forma de uso e marca do aparelho (ENEGEP, 2015).

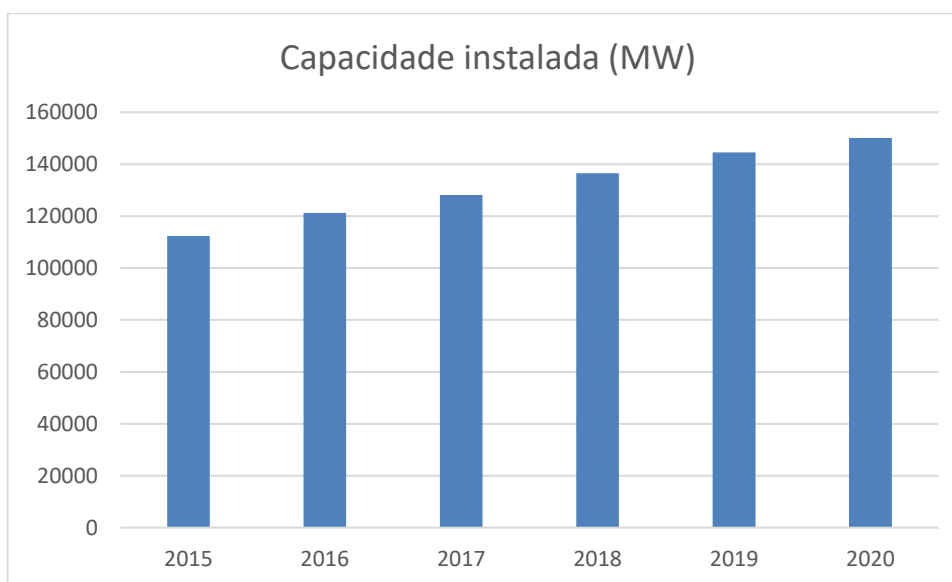
Para um uso racional e eficiente algumas sugestões são dadas:

- Instale o aparelho em local com boa circulação de ar.
- Mantenha portas e janelas fechadas, evitando assim a entrada de ar do ambiente externo.
- Limpe sempre os filtros. A sujeira impede a livre circulação do ar e força o aparelho a trabalhar mais.

2.4 Painel Fotovoltaico Híbrido a Água

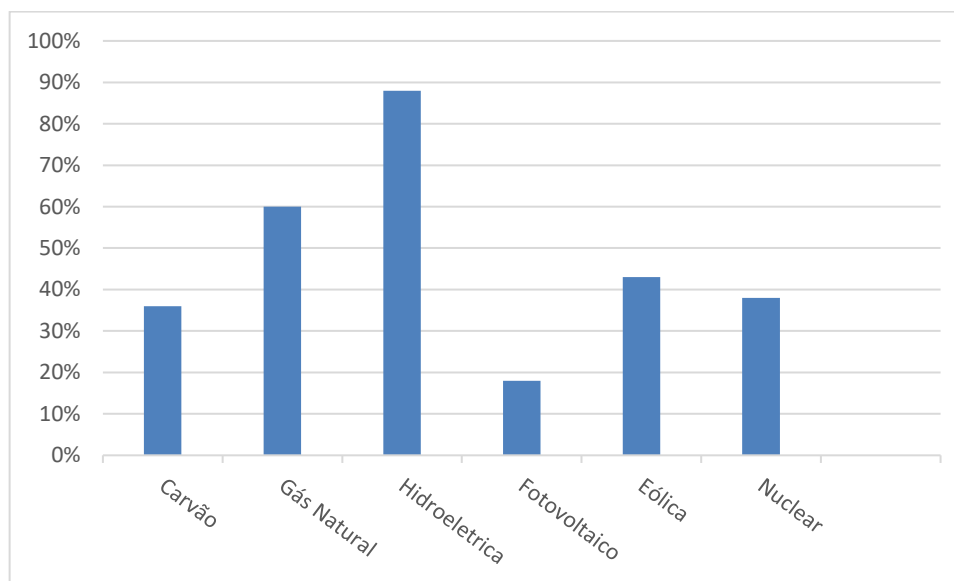
Na última década no Brasil foi registrado um aumento exponencial da geração de energia solar conforme mostrado na Figura 6. Ainda assim, se comparado com a capacidade total de produção de energia elétrica que, em 2020, era de 149.609 MW, a energia solar representa 7.879 MW, apenas 5,26% desse total (IRENA 2021). Um dos fatores que se pode ter como causa desse percentual baixo é que os painéis solares, se comparados com outras fontes de energia, ainda possuem baixo rendimento conforme mostrado na Figura 7.

Figura 6 - Crescimento da capacidade instalada



Fonte: (IRENA 2021).

Figura 7 - Rendimento médio por tecnologia



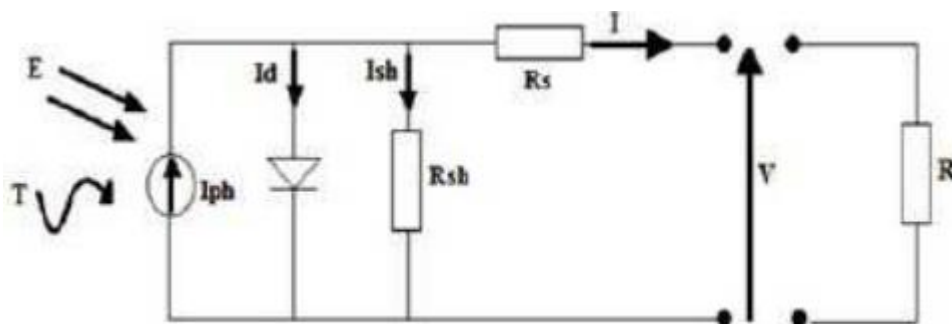
Fonte: (VATOPOULOS, 2012)

Para ocorrer a expansão da tecnologia fotovoltaica, é necessário que o investimento nessa tecnologia, que ainda é alto, possua um tempo menor de retorno para quem instalar. Uma das formas de obter isso é aumentando o rendimento desse equipamento.

O rendimento de um painel fotovoltaico FV está ligado a vários fatores intrínsecos ao meio em que o painel está instalado como velocidade do vento, irradiação, temperatura ambiente e a própria temperatura do painel. Algumas variáveis são difíceis ou até impossíveis de se controlar, por isso, foi escolhido o controle de temperatura do painel FV para realizar a análise (ROCHA, 2018).

Os painéis fotovoltaicos são descritos por suas curvas características que contêm informações sobre a corrente e tensão que são influenciadas, por determinadas condições de irradiação solar e temperatura ambiente do meio em que eles estão expostos. A Figura 8 ilustra o circuito equivalente de uma célula fotovoltaica (BOUNECHBA et al., 2014).

Figura 8 - Circuito equivalente de uma célula fotovoltaica



Fonte: Bounechba et al. (2014).

As grandezas representadas na Figura 8 são respectivamente:

I_{ph} - Fotocorrente gerada pela luz na célula fotovoltaica; (A)

T - Irradiação Solar; (Wh/m^2)

E - Energia; (W)

I_d - Corrente no diodo equivalente (Junção P-N) da célula fotovoltaica; (A)

I_{sh} - Corrente de saturação da célula fotovoltaica; (A)

R_{sh} - Resistência Paralelo da célula fotovoltaica; (Ω)

R_s - Resistência Série da célula fotovoltaica; (Ω)

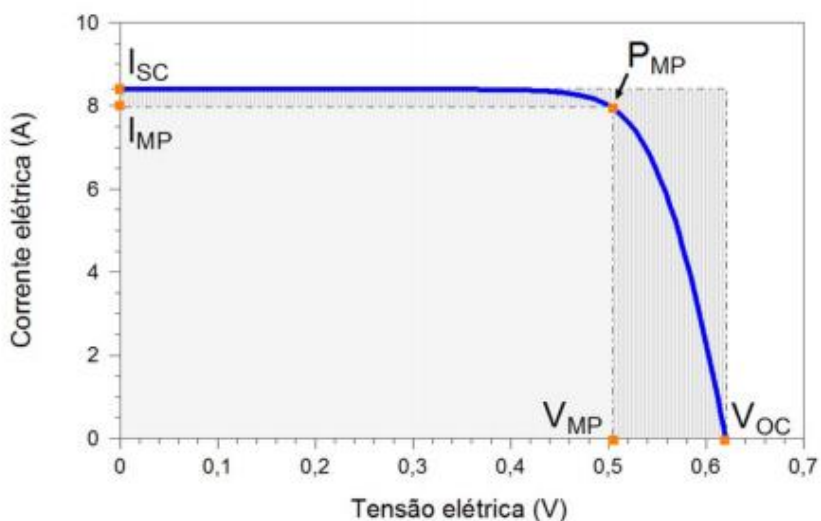
I - Corrente de saída da célula fotovoltaica; (A)

V - Tensão de saída da célula fotovoltaica; (V)

R - Resistência de carga. (Ω)

O circuito equivalente apresentado na Figura 8, permite observar equações matemáticas correspondentes aos parâmetros elétricos. Destes parâmetros, é possível obter a curva que está apresentada na Figura 9, uma curva I-V, típica de um painel FV, onde I_{mp} e V_{mp} são, respectivamente, corrente e tensão no ponto de máxima potência P_{mp} e I_{sc} é a corrente de curto-circuito (GALDINO, 2014).

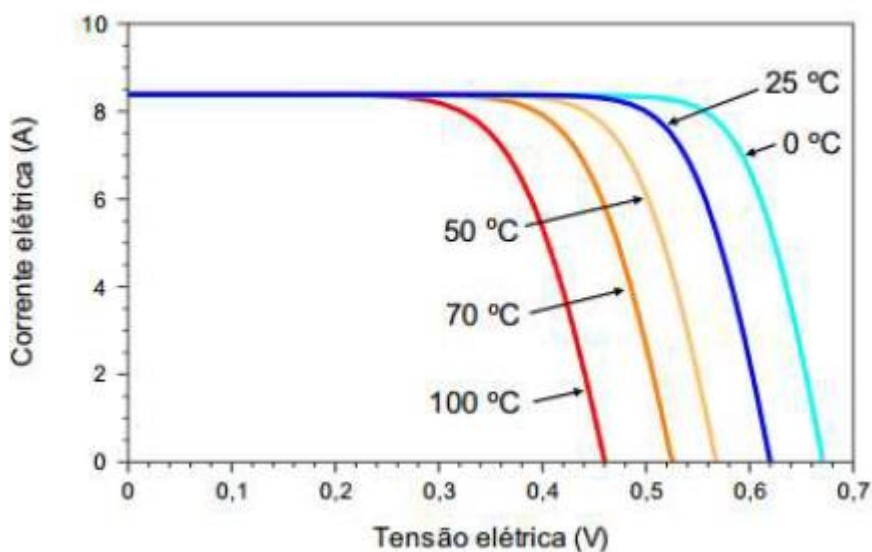
Figura 9 - Corrente em função da Tensão em um painel fotovoltaico



Fonte: Pinho; Galdino (2014).

Unindo a variação da temperatura ambiente e a incidência de radiação em um painel FV, é possível verificar uma variação também na temperatura das células fotovoltaicas desse painel. O aumento da temperatura das células faz com que haja uma evidente queda no nível de tensão dos painéis, ao passo que, o aumento da corrente é praticamente imperceptível, fazendo assim, com que a potência na saída do painel seja afetada conforme mostrado na Figura 10 (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 10 - Influência da temperatura da célula fotovoltaica na curva I-V



Fonte: Pinho; Galdino (2014).

Existem módulos capazes de reaproveitar esse aumento de temperatura dos painéis FV para aquecer a água e, dessa forma, além de conseguir diminuir a temperatura de operação das células FV, aumentando seu rendimento, são capazes de reaproveitar a água quente para outras aplicações, fazendo assim aproveitamento de energia elétrica e térmica. Esses painéis são chamados de Painéis Solares Híbridos ou fotovoltaicos/térmicos FV/T (ROCHA, 2018).

Existem vários modelos e adaptações de painéis híbridos sendo testados e alguns até já disponíveis no mercado. Um exemplo é o trocador de calor desenvolvido pela empresa Soluz Energia que pode ser acoplado na parte posterior de qualquer painel FV (SOLUZ ENERGIA, 2020).

Através da circulação de água na parte de trás dos painéis fotovoltaicos, esse trocador de calor, refrigera as células fotovoltaicas e aquece a água para o consumo.

A Figura 11 ilustra o trocador de calor e onde é posicionado atrás do painel fotovoltaico. O trocador de calor é fixado utilizando barras de alumínio que estão entre a moldura do módulo e o trocador de calor conforme é observado na Figura 12.

Figura 11 - Modelo de montagem do módulo FV/T



Fonte: Soluz (2020)

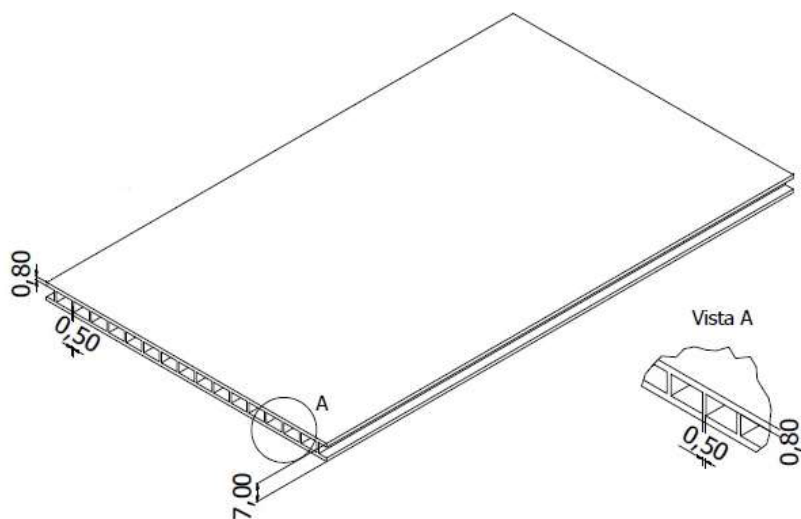
Figura 12 - Trocador de calor instalado sobre as barras de alumínio



Fonte: Rocha (2018).

Na Figura 13, é apresentado o modelo do trocador de calor utilizado pela empresa Soluz. Feito de polipropileno, seu interior possui canais para a circulação da água que se dá no sentido conforme mostra a Figura 14, da parte inferior do módulo para a parte superior. As medidas não são importantes neste momento visto que a empresa produz esses equipamentos de acordo com o tamanho do painel FV utilizado (ROCHA, 2018).

Figura 13 - Chapa de Polipropileno utilizado no trocador de calor



Fonte: Rocha (2018).

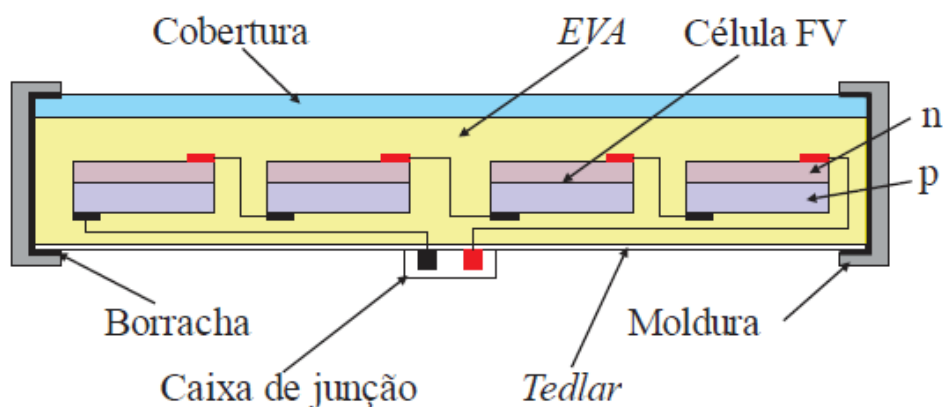
Figura 14 - Circulação da água no interior do trocador de calor



Fonte: Rocha (2018).

Em um módulo FV, as células encontram-se imersas em EVA – Etileno Acetato de Vinila, para garantir a radiação incidente, estabilidade e resistência, vidro na parte onde incide a luz e por Tedlar - Fluoreto de Polivilino na parte traseira conforme a Figura 15 (BLUESOL ENERGIA SOLAR, [201-]).

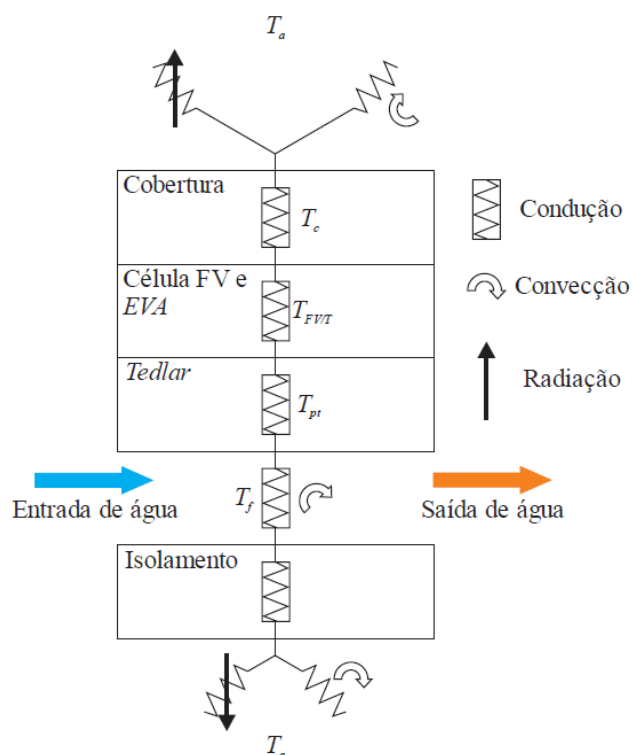
Figura 15 - Vista lateral de um painel fotovoltaico



Fonte: Rocha (2018)

É possível observar, na Figura 15, os principais parâmetros e, a partir deles, projetar um circuito térmico equivalente para obter o modelo térmico conforme desenvolvido por Tiwari e Sodha mostrado na Figura 16 (TIWARI; SODHA, 2006).

Figura 16 - Circuito térmico equivalente de um painel FV/T



Fonte: Rocha (2018).

O modelo da Figura 16 assume as seguintes premissas:

- A resistência térmica dos componentes não depende da variação da radiação;
- São desconsideradas as capacidades térmicas dos materiais;
- O sistema é considerado estático, ou seja, o processo é efetuado muito lentamente, desenvolvendo-se em etapas infinitesimais, então, o sistema tem tempo suficiente para atingir um estado de equilíbrio antes que uma nova perturbação aconteça;
- A transferência de calor considerada é unidimensional, segue o fluxo em somente uma direção;
- O fluxo de água é uniforme;
- O EVA transmite 100% da radiação recebida.
- T_c , $T_{FV/T}$, T_{pt} , T_f são respectivamente as resistências da cobertura, da célula FV e EVA, do Tedlar e do trocador de calor

Levando em conta essas considerações e realizando o balanço energético, pode-se obter $\alpha\tau$, que representa o produto da transmissibilidade τ pela absorvidade α do painel.

$\tau\alpha$ é obtido pela equação (1.1) onde τ_c é a transmissibilidade da cobertura, e α_{FV} e α_T a absorvidade das células FV e do material constituído por fluoreto de polivinila utilizado como folha de cobertura na parte traseira do painel (Tedlar), β_{FV} o fator de preenchimento do módulo FV e η_e o rendimento elétrico para a temperatura da célula FV (T_{FV}).

$$\alpha\tau = \tau_c \{ \alpha_{FV} \beta_{FV} + \alpha_T (1 - \beta_{FV}) - \eta_e (T_{FV}) \beta_{FV} \} \quad (1.1)$$

Para calcular o rendimento elétrico é utilizado a equação (1.2) onde β é o coeficiente de temperatura da célula FV, η_e^{CPE} e T^{CPE} o rendimento e temperatura em condições de testes em laboratório respectivamente.

$$\eta_e (T_{FV}) = \eta_e^{CPE} [1 - \beta (T_{FV} - T^{CPE})] \quad (1.2)$$

A temperatura T_f média do fluido circulante no interior do trocador de calor é calculada através da equação (1.3), sendo FP_1 o fator de penalização referente à presença da célula FV, Tedlar e EVA, e FP_2 o fator de penalização devido à camada entre o Tedlar e o fluido. F' é o rendimento do trocador, \dot{m} é a vazão de água, C_p o calor específico da água, U_L o coeficiente global de perda do módulo FV/T para o ambiente e T_{fe} a temperatura de entrada da água no sistema de resfriamento.

$$T_f = \left(T_a + \frac{FP_1 \cdot FP_2 \cdot (\alpha\tau) \cdot G(t)}{U_L} \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{1 - \exp \frac{-F' \cdot A_{FV/T} \cdot U_L}{\dot{m} \cdot C_p}}{\frac{-F' \cdot A_{FV/T} \cdot U_L}{\dot{m} \cdot C_p}} \right) \right) \quad (1.3)$$

$$+ T_{fe} \left(\left(\frac{1 - \exp \frac{-F' \cdot A_{FV/T} \cdot U_L}{\dot{m} \cdot C_p}}{\frac{-F' \cdot A_{FV/T} \cdot U_L}{\dot{m} \cdot C_p}} \right) \right)$$

Na Tabela 1 encontram-se os parâmetros térmicos do módulo FV/T conforme utilizado por ROCHA (2018) em sua dissertação.

Tabela 1 - Parâmetros térmicos do módulo

Parâmetro	Valor
$A_{FV/T}$	1,31 (m ²)
C_p	4179 (J/kg K)
F'	0,895
FP_1	0,8772
FP_2	0,9925
U_L	15 (W/m ² K)
α_{FV}	0,775
α_T	0,50
β	0,00426 (1/K)
β_{FV}	0,9
η^{CPE}	0,17
τ_c	0,95

Fonte: Rocha (2018)

Os modelos matemáticos mostrados nas equações (1.1), (1.2) e (1.3) foram validados por Rocha (2018). Ele observou comparando o rendimento do painel FV e FV/T, que o ganho de rendimento elétrico do painel, utilizando o resfriador para diminuir sua temperatura de operação e com isso aumentar seu ponto de máxima potência, foi baixo, em torno de 4% de ganho em eficiência.

3 ESTADO ATUAL DA RESIDÊNCIA E ESPAÇO COMUM

Nesse capítulo, será analisado o consumo dos equipamentos elétricos que mais consomem energia em média nas residências (chuveiros elétricos e ar-condicionado) e serão destacados em tabelas para poderem no capítulo 4 serem comparados.

Também será feita análise do uso do painel FV/T nas áreas comuns do condomínio, visto que, por se tratar em um apartamento, o proprietário não teria autonomia de instalar esse tipo de equipamento no telhado, pois esse é de propriedade comum de todos os moradores da torre. Portanto, será feita análise de melhoria no espaço comum e os investimentos e benefícios serão divididos por fração de condôminos.

3.1 Ar-condicionado

Para saber o consumo de energia mensal médio de cada ar-condicionado, foi utilizado a tabela PROCEL que contém os dados de consumo de cada um dos quatro aparelhos avaliados, contendo a potência e o consumo de energia mensal médio, se os equipamentos fossem usados uma hora por dia durante um mês. Então, foi feita, uma conversa com os moradores, para saber o total de horas de uso do ar-condicionado por dia, avaliando a quantidade de dias utilizados e as horas que foram utilizadas em cada dia, para poder fazer uma média do uso diário por mês.

Foi consultado os dados da tarifação da EDP e para facilitar os cálculos foram usados os dados conforme a Tabela 2. Com todos esses dados foi possível estimar o gasto médio mensal de cada um dos aparelhos.

Tabela 2- Ar-condicionado consumo atual

Tipo	Modelo	Tributação	Consumo(*)	Consumo Médio	Custo do kWh	Gasto mensal final
		PIS/CONFINS/ICMS	kWh/mês	h	R\$	R\$
Split	GEC18MC	31,22%	34,2	0,2	0,61051	5,48
Split	CBV09BBBNA	31,22%	17,2	4	0,61051	55,12
Janela	GJ7-12LM/C	31,22%	14,7	5	0,61051	58,88
Janela	GJ7-12LM/C	31,22%	14,7	4	0,61051	47,11

Fonte: Produção do próprio autor

Nota: * Consumo de Energia com base nos resultados do ciclo normalizado pelo Inmetro, de 1 hora por dia por mês.

Na Tabela 2, estão todos os dados necessários para calcular o gasto mensal com os equipamentos. Pelo selo PROCEL dos equipamentos de ar-condicionado presentes na residência, temos quantos kWh seriam consumidos em um mês, caso utilizássemos cada um dos equipamentos uma hora por dia. Com uso médio diário retirado da pesquisa com os moradores, encontra-se o consumo de kWh mensal. Multiplicando pelo custo do kWh e adicionando os tributos, tem-se o custo mensal de utilização de cada um dos equipamentos, e o custo total de consumo dos ar-condicionados. Para facilitar os cálculos, os impostos serão considerados incididos no valor total da tarifa.

3.2 Chuveiros Elétricos

Para saber o consumo dos aquecedores de água nessa residência, apenas os chuveiros elétricos foram considerados. Na Tabela 3, estão os dados da medição da corrente nos chuveiros elétricos, e o custo mensal estimado de cada um deles.

Tabela 3 - Chuveiro elétrico consumo atual

Marca	Modelo	Corrente	Tensão	Uso	Média de	Custo	Tributos	Gasto
		A	V	diário	consumo	do	PIS/CON	mensal
				Médio	diário	kWh	FINS/ICM	final
				h	kWh	R\$	S	R\$
Lorenzetti	Aqua Jet	8,9	220	0,25	0,4895	0,610	31,22%	11,76
	Ultra					51		
Lorenzetti	Aqua Jet	26,3	220	0,5	2,893	0,610	31,22%	69,53
	Ultra					51		

Fonte: Produção do próprio autor.

Para o cálculo do gasto mensal, com energia elétrica, foi medida a corrente do chuveiro nos três modos de temperatura. No modo 1, a corrente foi 8,9 A, no modo 2, 17,3 A e, no modo 3, 26,3 A. Os moradores informaram que dois deles tomam banho apenas na temperatura máxima, e um deles na temperatura mínima. O tempo médio de banho dos três, é igual a 15 minutos, e eles tomam apenas um banho por dia. Com esses dados, e sabendo que a tensão dos chuveiros é de 220 V, consegue-se calcular, o consumo médio diário, e com os custos do kWh, e usando a base de trinta dias para um mês, tem-se o consumo médio mensal.

3.3 Área comum do condomínio

O condomínio consome em média 6.800 kWh por mês, com elevadores, piscina, iluminação das áreas comuns, áreas de festa, monitoramento de câmera etc.

Existe um projeto de instalação de uma sauna a gás no condomínio, na qual será reutilizada a água que sairá do trocador de calor do modulo FV/T. A sauna irá possuir aproximadamente 25 m³ e, para isso, será necessário o equipamento mostrado na Figura 17, que consome em média 1,2 kg/h de gás (COTTAGE, 2021).

Figura 17 - Sauna a vapor para cômodo de 25m³



Fonte: Cottage (2021)

O projeto para geração de energia fotovoltaica possui os seguintes dados mostrados na Tabela 4.

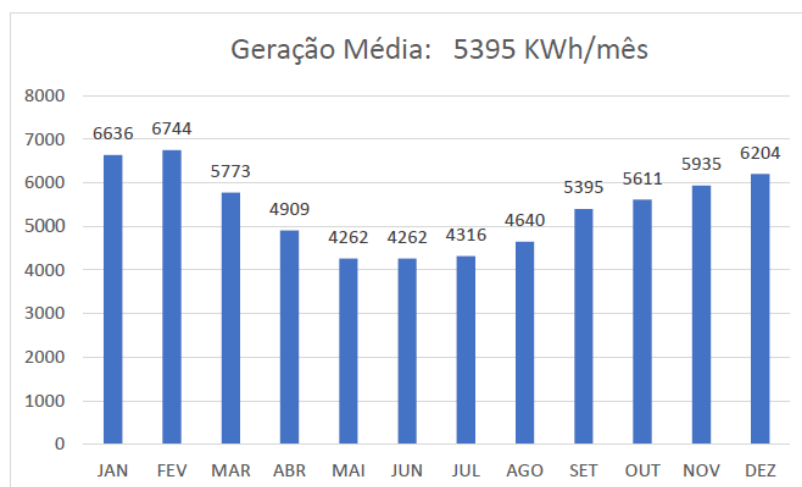
Tabela 4 - Dados de geração painel

Área necessária	264 m ²
Potência do Sistema	44,22 kWp
Geração média mensal	5395 kWh

Fonte: Boroto (2020)

A figura 18, mostra uma estimativa da média de geração mensal, gerada pelo *software* REFUsol utilizado pela empresa Boroto durante o período de 1 ano.

Figura 18 - Geração mensal média



Fonte: Boroto (2020)

A Tabela 5, mostra os dados do projeto feito pela empresa Boroto para suprir parte da demanda de utilização de energia das áreas comuns do condomínio.

Tabela 5 - Dados do painel utilizado pela empresa Boroto

Módulos	
Potência	335 W
Quantidade	132
Eficiência nominal	17 %

Fonte: Boroto (2020)

O custo do projeto citado acima, que foi apresentado para o condomínio para geração de energia solar para o consumo das áreas comuns, é de R\$ 145.542,43 reais já incluindo o inversor e instalação para o perfeito funcionamento.

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, será comparada a situação atual com a sugerida e será feito um cálculo para verificar se a troca dos equipamentos por mais novos será vantajoso financeiramente.

Para as áreas comuns, será feita a estimativa de retorno de investimento caso utilizando placas FV/T comparado com o sistema FV, para geração de energia para suprir o consumo das áreas comuns. Será considerado a utilização da água aquecida pelo painel FV/T para diminuir o intervalo entre a temperatura ambiente da água e a vaporizada no equipamento de sauna a vapor e, com isso, estimar a economia de gás que o sistema FV/T irá propor.

Como foi verificado por ROCHA (2018), quando a massa de água é ligeiramente grande ao ponto de ser considerada infinita, o painel FV/T possui maior rendimento, tendo isso, será utilizado a água da piscina para compor esse fim e gerar mais conforto para os moradores do condomínio, quando a sauna não estiver em uso (ROCHA, 2018).

4.1 Ar-condicionado

Como explicado na seção 2.3, com as novas tecnologias para ar-condicionado, algum deles pode obter uma economia de até 30% do consumo de energia.

Foi feita uma pesquisa utilizando o selo PROCEL, para ar-condicionado, para encontrar modelos como a mesma potência daqueles utilizados na residência, mas com maior eficiência energética. A partir desse estudo e sabendo o tempo médio de uso dos equipamentos, foi calculado qual seria o consumo mensal desses novos equipamentos. Cada equipamento foi avaliado de forma independente, e na Tabela 6 foram ordenados em sequência para facilitar a comparação.

Tabela 6 – Comparação Ar-condicionado Sugerido (novo) x Atual

Tipo	Modelo	Tributação	Consumo(*)	Consumo Médio	Custo do kWh	Gasto mensal final
		PIS/CONFINS/ICMS	kWh/mês	h	R\$	R\$
Split	GEC18MC	31,22%	34,2	0,2	0,61051	5,48
Split	FTX18N5VL	31,22%	30,2	0,2	0,61051	4,84
(novo)						
Split	CBV09BBBNA	31,22%	17,2	4	0,61051	55,12
Split	GWH09TB	31,22%	11,6	4	0,61051	37,17
(novo)						
Janela	GJ7-12LM/C	31,22%	14,7	5	0,61051	58,88
Janela	GJ7-22RM/E	31,22%	14,1	5	0,61051	56,48
(novo)						
Janela	GJ7-12LM/C	31,22%	14,7	4	0,61051	47,11
Janela	GJ7-22RM/E	31,22%	14,1	4	0,61051	45,18
(novo)						

Fonte: Produção do próprio autor.

Nota: * Consumo de Energia com base nos resultados do ciclo normalizado pelo Inmetro, de 1 hora por dia por mês.

É observado pela Tabela 6, que existe uma economia significativa de 33%, comparando caso seja realizada a troca do equipamento de modelo CBV09BBBNA pelo de modelo GWH09TB que tem gasto mensal de energia estimado de R\$ 55,12 e R\$ 37,17 respectivamente. A economia então é de R\$ 17,95 ao mês.

4.2 Aquecedores de água para o apartamento

Como já citado anteriormente, a residência está localizada em um condomínio, e por isso, a solução que será apresentada, será apenas a substituição dos chuveiros elétricos por um sistema de aquecimento a gás. Para o uso do sistema de aquecimento a gás, teria que ser feita uma obra no condomínio para instalar a tubulação de gás e hidráulica necessária para o funcionamento seguro do sistema.

Foram realizados pelo condomínio orçamentos com as empresas JE conexões, Joel Quintino e Sandregás para obter o custo e se seria viável uma obra desse tamanho. Dentro os três orçamentos, a empresa JE não realizava totalmente a obra, somente parte dela, então, o orçamento dela foi descartado. Quanto ao da empresa Joel Quintino, ficou com valor de R\$ 2.081.783,00 reais e o orçamento da empresa Sandregás foi orçado em R\$ 629.728,31, conforme as figuras 19, 20 e 21, sendo assim, a proposta com valor mais baixo. Ambas as empresas não consideraram em seus custos os aquecedores de água a gás, pois seriam disponibilizados pela construtora do empreendimento. Esses equipamentos são responsáveis por realizar a combustão do gás e aquecimento da água, portanto, será adicionado ao projeto o valor de R\$ 253.800,00 correspondente a soma do valor médio do aquecedor de água a gás das 188 unidades do prédio, considerando que pelo menos cada planta possua um chuveiro, caso a construtora não fosse fornecer esses equipamentos.

Figura 19 - Orçamento Sandregás

Final 1 e 2 (2 Aquecedores+Fogão+churrasqueira) 92 Aptos Original Modelo 2						
Descrição	Marca	Quantidade	Qt. Aptos	QT. Necessari:	Valor R\$	Total CLASSE A
Cotovelo Cobre Red. 28mm x 3/4	Eluma	1	92	92	R\$ 16,70	R\$ 1.536,40
Cotovelo Cobre 28MM	Eluma	2	92	184	R\$ 5,72	R\$ 1.052,48
Tê Red. 28x22x28	Eluma	1	92	92	R\$ 14,44	R\$ 1.328,48
Tubo cobre 28mm Classe I	Eluma	7	92	644	R\$ 60,54	R\$ 38.987,76
Luva Cobre 28mm	Eluma	1	92	92	R\$ 3,17	R\$ 291,64
Te Red. 28mm x 22mm x 22mm	Eluma	1	92	92	R\$ 14,44	R\$ 1.328,48
Tubo cobre 22mm Classe I	Eluma	3,7	92	340,4	R\$ 41,02	R\$ 13.963,21
Cotovelo cobre 22mm	Eluma	4	92	368	R\$ 3,84	R\$ 1.413,12
Luva cobre 22mm	Eluma	1	92	92	R\$ 1,69	R\$ 155,48
Cotovelo 22mm x 1/2 femea	Eluma	3	92	276	R\$ 6,76	R\$ 1.865,76
Tubo cobre 15mm Classe I	Eluma	13	92	1196	R\$ 25,37	R\$ 30.342,52
Te red. 28mm x 28mm x 15mm	Eluma	1	92	92	R\$ 16,25	R\$ 1.495,00
Cotovelo 15mm	Eluma	7	92	644	R\$ 1,69	R\$ 1.088,36
Cotovelo 15mm x 1/2 Femea	Eluma	1	92	92	R\$ 4,44	R\$ 408,48
Tubo Cobre 3/8 Flexível	Eluma	1	92	92	R\$ 9,78	R\$ 899,76
Porca 3/8	Eluma	4	92	368	R\$ 1,22	R\$ 448,96
Meia União 3/4 x 3/8 Sae		1	92	92	R\$ 7,02	R\$ 645,84
Abraçadeira Tipo Cunha 1/2		1	92	92	R\$ 1,50	R\$ 138,00
Tubo Fita	Toro Fita	2	92	184	R\$ 47,78	R\$ 8.791,52
						R\$ 106.181,25

Final 3 e 4 (1 Aquecedores+Fogão+churrasqueira) 96 Aptos Modelo 3						
Descrição	Marca	Qt Aptos	Quantidade	QT. Necessari:	Valor R\$	Total
Cotovelo Cobre 28mm x 3/4	Eluma	1	96	96	R\$ 16,70	R\$ 1.603,20
Cotovelo Cobre 28MM	Eluma	3	96	288	R\$ 5,72	R\$ 1.647,36
Tê Red. 28x22x22	Eluma	1	96	96	R\$ 14,44	R\$ 1.386,24
Tubo cobre 28mm Classe I	Eluma	10,8	96	1036,8	R\$ 60,54	R\$ 62.767,87
luva cobre 28mm	Eluma	2	96	192	R\$ 3,17	R\$ 608,64
cotovelo cobre 22MM	Eluma	2	96	192	R\$ 3,87	R\$ 743,04
Cotovelo cobre 22mm x 1/2 Femea	Eluma	2	96	192	R\$ 6,76	R\$ 1.297,92
Tubo cobre 22mm Classe I	Eluma	2,95	96	283,2	R\$ 41,02	R\$ 11.616,86
Luva Cobre 22mm	Eluma	1	96	96	R\$ 1,69	R\$ 162,24
Tubo cobre 15mm Classe I	Eluma	14,95	96	1435,2	R\$ 25,37	R\$ 36.411,02
Te Red. 22x22x15	Eluma	1	96	96	R\$ 8,31	R\$ 797,76
Cotovelo 15mm	Eluma	5	96	480	R\$ 1,69	R\$ 811,20
Curva de 45º 15mm	Eluma	2	96	192	R\$ 1,65	R\$ 316,80
Cotovelo cobre 15mm x 1/2 femea	Eluma	1	96	96	R\$ 4,44	R\$ 426,24
Luva cobre 15mm	Eluma	3	96	288	R\$ 0,94	R\$ 270,72
Tubo Cobre 3/8 Flexível	Eluma	1	96	96	R\$ 9,78	R\$ 938,88
Porca 3/8	Eluma	4	96	384	R\$ 1,22	R\$ 468,48
Meia União 3/4 x 3/8 Sae		1	96	96	R\$ 7,02	R\$ 673,92
Abraçadeira Tipo Cunha 1/2		1	96	96	R\$ 1,50	R\$ 144,00
Tubo Fita	Toro Fita	3	96	288	R\$ 47,78	R\$ 13.760,64
						R\$ 136.853,04

Fonte: Sandregás (2017)

Figura 20 – Orçamento Sandregás

Prumada						
Código	Descrição	Marca	Quantidade	QT. Necessari:	Valor R\$	Total
	Tubo Cobre 79MM Classe A	Eluma	30	60	R\$ 214,30	R\$ 12.858,00
	Tubo Cobre 66MM Classe A	Eluma	65	120	R\$ 147,35	R\$ 17.682,00
	Tubo Cobre 54MM Classe A	Eluma	40	80	R\$ 111,71	R\$ 8.936,80
	Tubo Cobre 42mm Classe A	Eluma	10	20	R\$ 79,90	R\$ 1.598,00
	Luva 79mm	Eluma	6	8	R\$ 81,57	R\$ 652,56
	luva 66mm	Eluma	7	14	R\$ 53,26	R\$ 745,64
	luva54mm	Eluma	5	10	R\$ 18,64	R\$ 186,40
	Te cobre red 79MM x 22mm	Eluma	5	10	R\$ 146,18	R\$ 1.461,80
	TE Cobre 42mm x 22mm	Eluma	11	22	R\$ 22,81	R\$ 501,82
	bucha Red 79mm x 66mm	Eluma	1	2	R\$ 82,96	R\$ 165,92
	luva 79mm	Eluma	1	2	R\$ 81,57	R\$ 163,14
	Te Red 54mm x 22MM	Eluma	7	14	R\$ 27,37	R\$ 383,18
	Bucha 66mm x 54mm	Eluma	1	2	R\$ 49,26	R\$ 98,52
	luva 66mm	Eluma	1	2	R\$ 53,26	R\$ 106,52
	cotovelo cobre 42mm	Eluma	1	2	R\$ 23,39	R\$ 46,78
	bucha red 54mm x 42mm	Eluma	1	2	R\$ 17,39	R\$ 34,78
	luva 54mm	Eluma	1	2	R\$ 18,64	R\$ 37,28
	Tubo cobre 22mm Classe A	Eluma	2	96	R\$ 28,27	R\$ 2.713,92
	TE cobre 22MMx3/4x22MM	Eluma	3	144	R\$ 9,56	R\$ 1.376,64
	Cotovelo Cobre 22MM x 3/4 Femea	Eluma	2	96	R\$ 9,00	R\$ 864,00
	Suporte Tipo Parede		2	96	R\$ 4,79	R\$ 459,84
	Valvula Ugv1 3/4		4	192	R\$ 10,23	R\$ 1.964,16
						R\$ 53.037,70

PAVIMENTOS cobertura							
Descrição	Marca	Quantidade Apl	QT.	QT. Necessari:	Valor R\$	Total	
	Tubo cobre 35mm classe I	Eluma	4	10	40	R\$ 71,22	R\$ 2.848,80
	Tubo cobre 22mm Classe I	Eluma	4	27	108	R\$ 41,02	R\$ 4.430,16
	Te Redução 35mm x 22mm x 35mm	Eluma	4	1	4	R\$ 14,87	R\$ 59,48
	te 35mm	Eluma	4	2	8	R\$ 18,06	R\$ 144,48
	Bucha redução 35mm x 15mm	Eluma	4	1	4	R\$ 8,46	R\$ 33,84
	Cotovelo 35mm	Eluma	4	5	20	R\$ 14,60	R\$ 292,00
	cotovelo 15mm	Eluma	4	5	20	R\$ 1,69	R\$ 33,80
	Curva 22 mm	Eluma	4	4	16	R\$ 3,44	R\$ 55,04
	luva 35mm	Eluma	4	2	8	R\$ 7,88	R\$ 63,04
	luva 22mm	Eluma	4	6	24	R\$ 1,69	R\$ 40,56
	Tubo Fita		4	4	16	R\$ 47,78	R\$ 764,48
	bucha red 35mm x 22 mm	Eluma	4	2	8	R\$ 6,48	R\$ 51,84
	cotovelo 22mm x 1/2 femea	Eluma	4	4	16	R\$ 6,76	R\$ 108,16
						R\$ 8.925,68	

Fonte: Orçamento Sandregás (2017).

Figura 21 – Orçamento Sandregás

PAVIMENTOS INFERIORES (EMBASAMENTO - TERREO/GARAGEM/PUC)						
Codigo	Descrição	Marca	Quantidade	QT. Necessari	Valor R\$	Total
Tube Cobre 79 Classe A		Eluma		150	R\$ 214,30	R\$ 32.145,00
Te 79mm		Eluma		5	R\$ 204,86	R\$ 1.024,30
Cotovelo 79MM s/s		Eluma		17	R\$ 127,89	R\$ 2.174,13
Conector macho 79mm pol		Eluma		3	R\$ 78,80	R\$ 236,40
Curva 79 MM		Eluma		13	R\$ 122,75	R\$ 1.595,75
Valvula 3 Pol Tripartida				3	R\$ 441,00	R\$ 1.323,00
Tube cobre 22 Classe A		Eluma		40	R\$ 28,27	R\$ 1.130,80
Cotovelo Cobre 22mm		Eluma		10	R\$ 3,87	R\$ 38,70
Mão Francesa 2 pol				100	R\$ 24,02	R\$ 2.402,00
Abraçadeira 2 Pol				50	R\$ 3,42	R\$ 171,00
Tube 28 MM classe A		Eluma		50	R\$ 39,78	R\$ 1.989,00
Tube 54MM classe A		Eluma		110	R\$ 111,71	R\$ 12.288,10
Te Red 54mm x 28mm		Eluma		3	R\$ 31,07	R\$ 93,21
Te 54mm		Eluma		2	R\$ 54,91	R\$ 109,82
Bucha Red 54mm x 28mm		Eluma		2	R\$ 14,92	R\$ 29,84
cotovelo 54mm		Eluma		5	R\$ 36,17	R\$ 180,85
conecthor macho 54mm		Eluma		2	R\$ 28,51	R\$ 57,02
valvula 2 pol Tripartida				2	R\$ 309,75	R\$ 619,50
Plug Aço 2pol				1	R\$ 10,81	R\$ 10,81
Abraçadeira tipo D 2 pol				55	R\$ 3,42	R\$ 188,10
abraçadeira tipo D 1 pol				20	R\$ 1,99	R\$ 39,80
Conector 22mm Femea		Eluma		2	R\$ 6,63	R\$ 13,26
Cotovelo Cobre 22mm x3/4 - Femea		Eluma		2	R\$ 9,00	R\$ 18,00
Te cobre 22MM		Eluma		1	R\$ 4,22	R\$ 4,22
Abraçadeira 3/4 tipo D		Eluma		20	R\$ 1,61	R\$ 32,20
cotovelo 28mm		Eluma		10	R\$ 5,72	R\$ 57,20
curva 28mm		Eluma		10	R\$ 5,87	R\$ 58,70
Luva 79mm		Eluma		28	R\$ 81,57	R\$ 2.283,96
luva 54mm		Eluma		22	R\$ 18,64	R\$ 410,08
luva 28mm		Eluma		10	R\$ 3,17	R\$ 31,70
luva 22mm		Eluma		5	R\$ 1,69	R\$ 8,45
Tube Fita		Eluma		83	R\$ 47,78	R\$ 3.965,74
						R\$ 64.730,64

	CLASSE A
Total Material	R\$ 369.728,31
Total Mão de obra	R\$ 260.000,00
	R\$ 629.728,31

Fonte: Orçamento Sandregás (2017).

Considerando a soma da proposta apresentada pela empresa Sandregás e, os equipamentos aquecedores de água a gás, temos o valor total de R\$ 883.528,31. Dividindo o custo pelos 188 apartamentos, tem-se o custo por apartamento de R\$ 4.699,62. A estimativa de gasto de gás desses aquecedores é em torno de 0,69 kg/h e o custo médio do kg do gás é R\$ 3,80, se for gás natural. Tendo como base esses valores, e o tempo de duração médio de banho dos moradores da residência, temos que o custo de R\$ 58,99 por mês com gás para aquecimento de água para o chuveiro a gás. Quanto ao custo mensal com o chuveiro elétrico, pode ser retirado da Tabela

3. Comparando esses dois valores, caso o morador opte por fazer a troca do sistema, é possível observar uma economia de R\$ 22,30 ao mês em relação ao custo do chuveiro elétrico.

Tabela 7 - Aquecimento Elétrico x Aquecimento à Gás

Equipamento	Custo Mensal (R\$)
Chuveiro Elétrico	81,29
Chuveiro a Gás	58,99

Fonte: Produção do próprio autor.

Pela Tabela 7 é observado uma pequena diferença entre o custo com energia elétrica e o custo do gás, visto os últimos ajustes que vêm sendo aplicados aos derivados de petróleo. Dividindo o valor de R\$ 4.699,62, considerando o total de custo da obra e dos equipamentos a gás por apartamento, pela economia mensal de R\$ 22,30, caso fosse trocado o sistema de chuveiro elétrico pelo a gás, teríamos um retorno do investimento em aproximadamente 17 anos e 7 meses.

4.3 Área comum

Conforme citado anteriormente, o condomínio em questão, já havia discutido a implantação de painéis FV para geração de energia e utilização nas áreas comuns. A melhor proposta, apresentada pela empresa Boroto, que provavelmente será implementada futuramente, possui 132 módulos com potência nominal de 335W e 17% de eficiência. O custo total do projeto completo já instalado, será de R\$ 145.542,43 reais, prometendo gerar 5.395 kWh/mês médio.

O trocador de calor da empresa Soluz possui custo de R\$ 901,00 por módulo. Para atender a demanda de água aquecida, para utilização na sauna, não haveria necessidade de instalação de muitos trocadores de calor, visto a vazão que cada um deles suporta o volume de consumo de água da sauna.

Considerando o aumento de eficiência de 4%, conforme verificado por Rocha (2018), caso seja implementado o sistema de resfriamento em todos os 132 painéis fotovoltaicos, a geração será de 5610,8 kWh/mês porém, o custo do projeto, considerando o custo do projeto da empresa Boroto e dos trocadores de calor da empresa Soluz, seria de R\$264.474,43, o que corresponde

a um custo 82% superior em relação ao projeto considerando somente os painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica da empresa Boroto.

Comparando a economia mensal, considerando as duas possibilidades, somente com o projeto de geração FV e utilizando o sistema de resfriamento em todas as placas para um projeto de sistema FV/T são, R\$ 4.322,00 e R\$ 4.495,00 respectivamente. Dividindo os valores dos custos de cada um desses projetos R\$ 145.542,43 para o FV e R\$ 264.474,43 para o FV/T, pelas economias com o custo da energia elétrica mensal de R\$ 4.322,00 e R\$ 4.495,00 caso implementados os projetos FV e FV/T respectivamente, o retorno dos investimentos seria em 34 meses, ou 2 anos e 10 meses para o primeiro caso e 59 meses, ou 4 anos e 11 meses para o segundo caso.

A média de irradiação da região metropolitana no ES está entre 5,11 e 5,20 kWh/m²/dia. (CRESESB, 2018). Se for considerado que o período de sol é entre 6 h e 18 h tem-se uma média de 430 W/m². A velocidade do vento média é de 4,25 m/s e a temperatura ambiente média é 24,5 °C e da água 22°C (SPARK, 2021).

Utilizando esses valores, e os parâmetros do painel FV disponíveis na Tabela 1, é possível obter a temperatura média da água circulando no interior do trocador de calor, que no caso, foi de 40,1°C. Desconsiderando as perdas térmicas da água no trajeto entre o trocador e o coletor da sauna, pode-se considerar que a água entra no coletor da sauna a 40,1°C. Como o consumo médio do equipamento de sauna a vapor para as dimensões citadas anteriormente, é em torno de 230 litros de água por hora, segundo o fabricante, pode-se calcular a quantidade de calor para aquecer a água de 22°C para 40,1°C para um volume de 230 litros, considerando 1 hora de consumo da sauna.

Utilizando a equação fundamental da calorimetria na equação 1.4, tem-se:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (1.4)$$

A quantidade de calor Q é igual ao produto da massa de água de 230 litros, pelo calor específico da água e pelo delta de temperatura que no caso é a diferença de 40,1°C e 22°C. Calculando Q tem-se 4.163kcal para aquecer a água da temperatura ambiente de 22° C até 40,1° C, temperatura

em que ela sai do resfriador do painel FV/T. O poder calorífico de 1 kg de gás GLP é de 11.201 kcal (LIMA, [202-]). Para aquecer a água para a temperatura de 40,1°C, mesma temperatura da saída da água do trocador, utilizando o gás, ao invés do trocador de calor do módulo FV/T, seria necessário então 0,38 kg de GLP. O custo por kg médio do GLP no ES é de R\$ 7,43 reais por kg (PETROBRAS, 2021). Então, se fosse utilizada a água aquecida no trocador de calor do painel FV/T, ao invés da água em temperatura ambiente, para abastecer a sauna a vapor, seria economizado R\$ 2,82, valor obtido multiplicando 0,38 kg de GLP por R\$ 7,43, valor médio do kg de gás GLP no ES, a cada hora de utilização da sauna. Considerando o custo de apenas 1 trocador de calor, instalado em 1 painel FV de R\$ 901,00, para obter o retorno do investimento em 2 anos, seriam necessários utilizar a sauna por pelo menos 27 h por mês, o que é um valor bem factível.

5 CONCLUSÃO

Após todas as comparações feitas, vimos que há economia em relação ao consumo do ar-condicionado split e chuveiro a gás. Porém os custos envolvidos na troca são muito altos em relação a economia recebida mensalmente, mostrando-se pouco vantajoso, o investimento na troca de qualquer um dos sistemas ou produtos pois o retorno desse investimento levaria muito tempo.

Para o ar-condicionado, vale a pena somente em caso de necessidade de troca, se atentar a escolha pela tecnologia do tipo split/inverter, para uma maior economia. No caso do aquecimento a gás, só para uma nova moradia faria sentido a instalação, visto os altos custos para implementação desse sistema em uma planta já construída.

A utilização do painel FV/T se mostra eficiente, porém, o custo do trocador de calor ainda é alto, o que não justifica a instalação em todos os painéis visando o aumento do rendimento deles, porém, caso a água aquecida seja reutilizada para outro fim, por exemplo no caso da sauna, vale a pena o investimento em uma unidade do trocador visto que o retorno do investimento dele em relação à economia de gás gerada, ser menor que o retorno do investimento considerando apenas o projeto de geração fotovoltaica que também pode ser considerado vantajoso pois leva apenas 2 anos e 10 meses para o retorno do investimento

REFERÊNCIAS

- A CRITICA. **Fatura de energia elétrica agora traz consumo dos principais eletrodomésticos**. 2015. Disponível em: <https://www.acritica.net/editorias/economia/fatura-de-energia-eletrica-agora-traz-consumo-dos-principais/147587/>. Acesso em: 7 nov. 2019
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL INFO. **Coletiva de imprensa sobre bandeiras tarifárias**. 2014. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fbusca%3Fp_auth%3DSeAqzkkz%26p_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D1%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_state_rcv%3D1&_101_assetEntryId=14504974&_101_type=content&_101_groupId=656877&_101_urlTitle=coletiva-de-imprensa-para-explicar-sistema-de-bandeiras-tarifarias-sera-transmitida-pela-internet&inheritRedirect=true. Acesso em: 8 out. 2019
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Relatório Evolução das Tarifas Residenciais**. 2021. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/relatorio-evolucao-tarifas-residenciais>. Acesso em 16 de outubro de 2021
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL INFO. **Terceiro ciclo de revisões tarifárias das concessionárias de distribuição de energia elétrica**. 2012. Disponível em: http://www.idec.org.br/uploads/audiencias_documentos/anexos/nt_estrutura_tarifaria_edevp.pdf
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA – ABESCO. **ISO 50001 - Gestão de energia**. [201-]. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/iso-50001-gestao-de-energia/>. Acesso em: 19 dez. 2019
- BLUESOL ENERGIA SOLAR. O guia mais absurdamente completo da energia solar fotovoltaica: entenda tudo. [201-]. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/>. Acesso em: 23 ago 2021
- BOUNECHBA, H. et al. Comparison of Perturb & Observe and Fuzzy Logic in Maximum Power Point Tracker for PV Systems. **Energy Procedia**, v. 50, 2014, p. 677-684.
- BRASIL ESCOLA. **A crise de energia no Brasil**. [200-]. Disponível em: <http://monografias.brasescola.uol.com.br/geografia/a-crise-energiario-brasil.htm>. Acesso em: 05 Nov 2019
- BRASIL ESCOLA. **Aquecimento de água por energia solar**. [202-]. Disponível em: <http://brasescola.uol.com.br/fisica/aquecimento-agua-por-energia-solar.htm>. Acesso em: 22 Out 2019

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA -PROCEL INFO. **PROCEL Selo**. 2006. Disponível em:
<http://www.Procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDF05F4A2E14D84958AAEE698B55F104EAPTBRIE.htm>. Acesso em: 25 Ago 2019

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA -PROCEL INFO. **PROCEL Edifica – Eficiência energética nas edificações**. 2006. Disponível em:
<http://www.Procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acesso em: 30 Ago 2019

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA -PROCEL INFO. **PROCEL Edifica – Eficiência energética nas edificações**. 2006. Disponível em:
<http://www.Procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acesso em: 30 Ago 2019

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO – CRESEB. **Potencial Solar - SunData v 3.0**. Disponível em:
<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> Acesso em: 5 set. 2021

CONSTITUIÇÃO DO PAINEL FOTOVOLTAICO”. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/90624046/CONSTITUICAODO-PAINEL-FOTOVOLTAICO#scribd>. [Acessado: 07-maio-2015].

COTTAGE CASA E LAZER. **Sauna vapor a gás**. 2021. Disponível em: <https://www.e-cottage.com.br/prod,idloja,7819,idproduto,1154327,sauna-vapor-sauna-vapor-a-gas-sauna-a-vapor-a-gas-btg20-para-20m--glp-com-controle-analogico---socalor>. Acesso em: 30 ago 2021

ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP INFO. **Comparativo econômico entre condicionador de ar com tecnologias convencional e inverter**. 2015. Disponível em:
http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_214_267_28340.pdf

EDP ESPÍRITO SANTO. **Tarifas EDP Espírito Santo**. 2021. Disponível em:
https://www.edp.com.br/distribuicoes_/saiba-mais/informativos/Documents/tabela%20tarifas_ES_bt.pdf. Acesso em: 7 set. 2021.

ELETROBRAS. **Relatório Anual e de Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2012. 210 f. Disponível em:
https://eletrobras.com/pt/SobreaEletrobras/Relatorio_Anuar_Sustentabilidade/2012/Relatorio-Anual-e-de-Sustentabilidade-Eletrobras-2012.pdf. Acesso em: 19 nove 2019

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional 2007 (ano base 2006)**. 2007. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-136/topico-119/BEN2007_Cap06.pdf. Acesso em: 13 nov. 2019

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 (Ano base 2019)**. Brasília: EPE: Ministério de Minas e Energia, 2020. 254 p. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados->

abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202020.pdf. Acesso em: 18 set 2021

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – INEE. **Eficiência energética – Conceito**. [202-]. Disponível em: http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia. Acesso em: 21 nov 2019

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Informação ao Consumidor - Selos de eficiência energética**. 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeSelo.asp>. Acesso em: 26 nove 2019

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA. **Installed Capacity Trends**. 2021. Disponível em: <https://www.irena.org/solar> Acessado em: 18 de outubro de 2021

LAFAY, J. M. S. **Análise energética de sistemas de aquecimento de água com energia solar e gás**. 2005. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5911/000477619.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 jun. 2019.

LIMA, A. G. G. **Poder calorífico**. [202-]. Disponível em: <https://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/podercalorifico.htm> Acesso em: 8 set. 2021.

MADEIRA, GUILHERME, S. **Análise do uso de sistemas de aquecimento solar de água em habitações de interesse social, Estudo de caso: Conjunto Habitacional Pindamonhangaba “F” – SP**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do ABC. Santo Andre – SP.2013.

MORENO, H. et al. A Corrida pela eficiência. **Lumière**, São Paulo, v. 11, n. 136, p.42-51, 2009.

PETROBRAS. **Preços de venda de combustíveis**. 2021. Disponível em: https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/precos-de-venda-de-combustiveis/index.htm?gclid=CjwKCAjw-ZCKBhBkEiwAM4qfF3I57CdaavF2MK1xfbQW8YJzpnI9Aiwa5cfs-S5jzKfJAGGLMte8CBoCrxwQAvD_BwE#glp. Acesso em: 8 set. 2021

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL; CRESESB, 2014. 529 p. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 21 ago 2021

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL - PUCRS, **Uso sustentável da energia**: guia de orientações. Porto Alegre: PUCRS, 2010. 27 p. Disponível em: https://storage.topten.eco.br/source/1/4VbQAW6muHyG547YcXABpK1Edfo2o_a9.pdf. Acesso em: 15 ago 2019

PRESIDENCIA DA REPUBLICA - **MEDIDA PROVISÓRIA No 2.198-5, DE 24 DE AGOSTO DE 2001. Disponível em:**

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/antigas_2001/2198-5.htm Acesso em: 16 de outubro de 2021

ROCHA, N. M. M. **Estudo do desempenho de um módulo fotovoltaico adaptado para módulo fotovoltaico/térmico.** 2018. 105 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2018.

SANTOS, L. L. C. **Metodologia para análise da tarifa branca e da geração distribuída de pequeno porte nos consumidores residenciais de baixa tensão.**

2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8535/SANTOS%2c%20LAURA%20LISIANE%20CALLAI%20DOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 jun. 2019.

SOLUZ ENERGIA. **Painel solar híbrido.** 2020. Disponível em:

<https://www.soluzenergia.com/produto>. Acesso em: 20 de Agosto de 2021

TIWARI, A.; SODHA, M. S. Performance evaluation of solar PV/T system: an experimental validation, **Solar Energy**, v. 80, n. 7, p. 751– 759, 2006.

VATOPOULOS, K. et al. **Study on the state of play of energy efficiency of heat and electricity production technologies.** Luxembourg: Joint Research Center: Institute for Energy and Transport, 2012. 101 p. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7eb8def9-a8bb-40b1-a454-f1e62cffb992/language-en>. Acesso em: 12 ago 2021

WEATHER SPARK. **Climate and Average Weather Year Round in Serra.** 2021.

Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30849/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Serra-Brasil-durante-o-ano> Acesso em: 7 set. 2021.