

ANÁLISE DE INVESTIMENTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE ENERGIA PARA ALIMENTAÇÃO DE UMA CASA PADRÃO NORMAL NA CIDADE DE CANOAS, RS.

Edina Vanessa Bertotti

edina.bertotti0614@unilasalle.edu.br

Alexandre Andreoli

alexandre.andreoli@unilasalle.edu.br

Universidade La Salle

Resumo: Devido ao custo gasto com energia elétrica fornecido por concessionárias, serviu como impulsionamento para a análise de outras fontes de energia para uma edificação residencial situada na cidade de Canoas. Este trabalho faz uma análise a respeito da implantação de diferentes sistemas, comparando seus custos de implantação e manutenção, tendo como objetivo definir qual melhor se enquadra no projeto em questão.

Palavras-Chaves: Sustentabilidade; Fotovoltaico; Gás.

INVESTMENT ANALYSIS OF DIFFERENT POWER SYSTEMS TO POWER A STANDARD STANDARD HOUSE IN THE CITY OF CANOAS, RS.

Abstract: Due to the cost of electricity supplied by utilities, it served as a driver for the analysis of other sources of energy for a residential building located in Canoas. This paper analyzes the implementation of different systems, comparing their implementation and maintenance costs, aiming to define which one best fits the project in question.

Keywords: Sustainability; Photovoltaic; Gas.

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como finalidade, aprofundar o conhecimento por novos meios de abastecimento de energia para a sociedade, especificamente para residência unifamiliar padrão normal, conforme NBR 12721/06. Visto que há muito tempo as cidades são abastecidas por hidrelétricas e termelétricas que necessitam de uma área e estrutura considerável para ser implantadas e sustentadas, e que resulta em um valor mensal composto não apenas pela demanda de energia gasta pelo usuário, mas também por outros custos definidos como perdas não técnicas ou comerciais, que representam os prejuízos causados às distribuidoras pelo furto de energia (famosos “gatos”), adulteração do medidor, ausência de medidor nos imóveis, entre outras situações. Apesar das perdas não técnicas comporem o valor das contas de energia, as mesmas não são especificadas, conforme

aponta o Projeto de Lei 1569/19, onde estabelece que as concessionárias de energia elétrica deverão especificar, nas contas de luz, o valor referente às perdas não técnicas ou comerciais . (PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019)

A finalidade do projeto, segundo o deputado responsável Aureo Ribeiro (Solidariedade-RJ), é conscientizar os consumidores sobre o prejuízo arcado pela sociedade com as perdas comerciais. “O desconhecimento dos consumidores leva à perpetuação da cultura do furto e fraude de energia elétrica, fazendo com que permaneça a percepção de que isso não é crime e não prejudica ninguém, e favorecendo a impunidade”, disse Ribeiro. (PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019)

Essa pesquisa busca analisar o valor pago nas contas mensais de energia elétrica fornecidas através de concessionárias e comparar ao valor da implantação de outros sistemas de energia, uma vez que são mais independentes, que a longo prazo se pagam, podendo então gerar economia para o usuário e motivar a dinâmica de mercado.

O artigo apresenta a seguinte configuração: inicialmente, foram definidos alguns fatores que compõem a questão problema que o trabalho traz, podendo ser acompanhada no capítulo 2, no subitem 2.1, o que objetiva a busca por outros sistemas de abastecimento de energia, visto que pode-se explorar por alimentações mais sustentáveis, que contribuem para o entorno gerando energia limpa para o meio ambiente e com um custo benefício de médio a longo prazo. Dentro do subitem 2.2, vamos conhecer um breve resumo da história para saber como surgiram as primeiras placas fotovoltaicas, como foi sua evolução e popularização do sistema. Ainda no mesmo subitem, será detalhado quais módulos serão utilizados e como dimensioná-los. Para a utilização do GLP como fonte de aquecimento, a NBR 13932/ 97 apresenta de forma detalhada os cálculos que serviram como base para definir o diâmetro da tubulação, vazão e perda de pressão. A metodologia descrita no item 3 especifica as considerações levadas em conta para a elaboração de cada projeto. Os resultados obtidos são apresentados e discutidos no item 4. No item 5 desta pesquisa fica a conclusão referente a cada sistema projetado.

PANORAMA DAS FONTES DE ENERGIA UTILIZADAS EM RESIDÊNCIAS

Energia através de concessionárias

Preço do KWH no Rio Grande do Sul

Ainda hoje, a geração hidrelétrica é a fonte que predomina o setor elétrico do Brasil, que assim como os demais países desenvolvidos, exploraram primeiramente seus potenciais hidroelétrico e após obrigaram-se a explorar a energia termelétrica. Para produzir energia, as usinas possuem a necessidade de serem abastecidas pelas chuvas para poder manter o nível de água armazenado nos reservatórios. Quando o nível está abaixo do que o necessário, são acionadas as termelétricas para poder economizar água e assim garantir a segurança do sistema e o fornecimento de energia no país. Devido a estrutura que uma termelétrica possui, a energia produzida nela é mais cara, pois utilizam combustíveis como o carvão, o gás natural, o óleo combustível e o diesel, logo, o custo de geração sobe.

O setor elétrico brasileiro investiu em grandes obras de geração de energia a partir de usinas hidrelétricas desde o início década de 80, produzindo por alguns anos mais do que o necessário, ocasionando em sobras de energia. Dessa forma, o setor energético foi forçado a implantar políticas de incentivos tarifários

para estimular os maiores consumidores a investirem em eletrotermia, a fim de cobrir os investimentos excessivos realizados pelas empresas de energia. Durante alguns anos, a ilusão de que a energia elétrica ilimitada, as baixas tarifas praticadas e a crença de que sempre se poderia captar dinheiro no exterior a juros baixos, conduziram o país a grandes níveis de desperdício, e apesar da sobra de energia, boa parte da população não teve acesso ao produto. (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 23).

O sistema de bandeiras tarifárias foi criado em 2015 pela Aneel como forma de repassar ao consumidor os gastos extras com a utilização de energia gerada por meio de usinas térmicas, que compõem um custo maior do que de uma hidrelétrica. A cor da bandeira é descrita na conta de luz (vermelha, amarela ou verde) e indica o valor do acréscimo em cima do valor do KWH definido pela concessionária em função das condições de geração de energia.

Conforme a planilha abaixo, retirada do Relatório do Acionamento das Bandeiras Tarifárias da ANEEL, podemos analisar ao longo dos últimos 24 meses o percentual de acréscimo que as bandeiras apresentam sobre a conta de energia elétrica.

Figura 1 – Bandeiras Tarifárias dos últimos 24 meses

Mês	Bandeira Tarifária
nov/17	 Vermelha 2
dez/17	 Vermelha 1
jan/18	 Verde
fev/18	 Verde
mar/18	 Verde
abr/18	 Verde
mai/18	 Amarela
jun/18	 Vermelha 2
jul/18	 Vermelha 2
ago/18	 Vermelha 2
set/18	 Vermelha 2
out/18	 Vermelha 2
nov/18	 Amarela
dez/18	 Verde
jan/19	 Verde
fev/19	 Verde
mar/19	 Verde
abr/19	 Verde
mai/19	 Amarela
jun/19	 Verde
jul/19	 Amarela
ago/19	 Vermelha 1
set/19	 Vermelha 1
out/19	 Amarela

Fonte: ANEEL, 2019

Com base nos valores fornecidos pela ANEEL (2019), vemos que a bandeira verde, representando o valor de 41,67% da coluna acima, apresenta uma condição favorável de geração de energia, não tendo acréscimos sobre as faturas. As bandeiras vermelhas (1 e 2), representam 37,5% e tem um acréscimo de R\$ 0,040 (bandeira vermelha 1) e R\$ 0,060 (bandeira vermelha 2) para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos. Por fim, a bandeira amarela representa 20,83% e tem o valor de 0,015 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos. Nesses últimos 24 meses, tivemos um total de 58,33% representando as bandeiras que compõem acréscimos sobre as tarifas mensais da energia elétrica.

Segundo O Globo (2019), para 2020, os consumidores de energia de todo o país devem pagar R\$ 20,6 bilhões em subsídios nas contas de luz. O valor representa uma alta de 20% na comparação com o total pago em 2019. O dinheiro será usado para bancar ações e programas sociais do governo no setor elétrico e é um dos principais fatores que impactam no crescimento das tarifas de eletricidade. Entretanto, a definição da tarifa que chega ao consumidor considera outros fatores, como o preço da energia, volume das chuvas e impostos estaduais.

No Rio Grande do Sul, a CEEE Geração e Transmissão, é responsável por grande parte da geração de energia que abastece o estado, predominantemente gerada através de hidrelétricas. A grande parte da distribuição da rede é feita principalmente por três grandes concessionárias: Distribuidora Gaúcha de Energia S.A. (AES Sul), Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D) e Rio Grande Energia S.A. (RGE).

Figura 2 – Principais concessionárias de energia do RS



Fonte: Grupo CEEE, 2010.

Com base na figura 5, onde apresenta a tabela de valores das tarifas das concessionárias do estado do Rio Grande do Sul, os valores da Tarifa Convencional são compostos pela Tarifa de Energia Consumida (TE) e Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD). No caso da RGE, onde a tarifa convencional apresenta o valor de R\$ 0,560, resultante do somatório de TE (R\$0,27001) e TUSD (R\$ 0,29026), constituindo

o preço da tarifa sem tributos. O valor final se dá através do produto entre a tarifa convencional e a quantidade de energia consumida (kwh) somando o ICMS, PIS e COFINS, sendo que pode haver variação no valor referente ao ICMS relacionado a quantidade de quilowatt-hora consumido, conforme figura 4.

Figura 3 – Percentual PIS/COFINS
Tarifas PIS/Cofins - RGE

● Tarifa PIS		● Tarifa Cofins			
Periodo de	Até	Percentual	Periodo de	Até	Percentual
01/12/2019	31/12/2019	0.69 %	01/12/2019	31/12/2019	3.22 %
01/11/2019	30/11/2019	1.22 %	01/11/2019	30/11/2019	5.61 %
01/10/2019	31/10/2019	1.22 %	01/10/2019	31/10/2019	5.56 %
01/09/2019	30/09/2019	0.96 %	01/09/2019	30/09/2019	4.42 %
01/08/2019	31/08/2019	1.07 %	01/08/2019	31/08/2019	5.00 %
01/07/2019	31/07/2019	1.04 %	01/07/2019	31/07/2019	4.77 %
01/06/2019	30/06/2019	1.00 %	01/06/2019	30/06/2019	4.57 %
01/05/2019	31/05/2019	1.35 %	01/05/2019	31/05/2019	6.26 %
01/04/2019	30/04/2019	1.05 %	01/04/2019	30/04/2019	4.80 %
01/03/2019	31/03/2019	0.89 %	01/03/2019	31/03/2019	4.14 %
01/02/2019	28/02/2019	0.93 %	01/02/2019	28/02/2019	4.38 %
01/01/2019	31/01/2019	0.89 %	01/01/2019	31/01/2019	4.15 %
01/12/2018	31/12/2018	0.87 %	01/12/2018	31/12/2018	3.96 %

Fonte: CPFL Energia, 2019

Figura 4 – Alíquota ICMS - RS

CLASSE	Faixa Consumo Atual	ALÍQUOTA ATUAL	Nova Faixa de Consumo	NOVA ALÍQUOTA	LEI
Residencial	Até 50 kwh	12%	Até 50 kwh	12%	Decreto nº 37.699, de 26 de agosto de 1997 - Regulamento do ICMS
	Acima de 50 kwh todo consumo faturado	25%	Acima de 50 kwh todo consumo faturado	30%	Lei Estadual 14.743 de 24 de setembro de 2015 altera o Decreto nº 37.699, de 26 de agosto de 1997 - Regulamento do ICMS

Fonte: RGE, 2015

Figura 5 – Tarifas das concessionárias do RS

Distribuidora	UF	Tarifa Convencional	Resolução Homologatória	Início de vigência
COOPERNORTE	RS	0,679	2516/2019	01/03/19
Cermissões	RS	0,667	2579/2019	30/07/19
Certaja	RS	0,616	2543/2019	29/05/19
Creal	RS	0,607	2575/2019	30/07/19
Hidropan	RS	0,601	2572/2019	22/07/19
Creluz-D	RS	0,592	2576/2019	30/07/19
Uhenpal	RS	0,572	2547/2019	22/05/19
Coprel	RS	0,571	2577/2019	30/07/19
CERFOX	RS	0,562	2581/2019	30/07/19
RGE	RS	0,560	2557/2019	19/06/19
CEEE-D	RS	0,548	2484/2018	22/11/18
COOPERSUL	RS	0,548	2515/2019	01/03/19
Eletrocar	RS	0,542	2574/2019	22/07/19
CERTHIL	RS	0,528	2578/2019	30/07/19
Ceriluz	RS	0,514	2580/2019	30/07/19
Demei	RS	0,507	2573/2019	22/07/19
Cooperluz	RS	0,504	2584/2019	30/07/19
MuxEnergia	RS	0,485	2571/2019	22/07/19
Certel	RS	0,459	2585/2019	30/07/19

Fonte: ANEEL, 2019

Módulos solares fotovoltaicos

Evolução dos módulos fotovoltaicos

A energia solar como conhecemos hoje, através do sistema de módulo fotovoltaico teve seu surgimento em 1839, com o físico francês Alexandre Edmond Becquerel que observou pela primeira vez o efeito fotovoltaico, quando verificou a exposição de eletrodos de platina (ou de prata) à luz. (DUSOL ENGENHARIA SUSTENTÁVEL, 2018)

Ao passar dos anos o estudo sobre a energia solar foi se desenvolvendo, até que no ano de 1954, o químico Calvin Fuller, da renomada Bell Laboratories, nos EUA, desenvolveu o processo de dopagem do silício, partilhando sua descoberta com o físico Gerald Pearson, que aperfeiçoou a técnica e partilhou esse aperfeiçoamento com o cientista Daryl Chapin. Foi a primeira vez que uma célula solar conseguiu alimentar por várias horas um aparelho elétrico – essa eficiência chegava a 4%. Depois de passar por mais uns ajustes para a correção de alguns problemas técnicos, a primeira célula de energia fotovoltaica foi apresentada na reunião anual da National Academy of Sciences, em Washington no dia 25 de abril de 1954. (DUSOL ENGENHARIA SUSTENTÁVEL, 2018)

Em 1958, foi divulgada a primeira utilização da energia fotovoltaica. O satélite Vanguard I utilizava um mini painel solar, com potência de 1 watt, para alimentar um rádio. Assim como, os satélites Vanguard II, Explorer III e o Sputnik-3 que também foram lançados com painéis solares ao espaço. A NASA enviou o primeiro satélite movido por energia solar gerada apenas painéis solares, os quais produziam 470 W. Em 1966, a NASA atingiu a potência de 1KW para alimentar uma estação espacial enviada ao espaço naquele ano. (BLUESOL ENGENHARIA SOLAR, 2017)

A popularização dos sistemas fotovoltaico se dá a partir da década de 70, quando o mundo se deparou com a crise do Petróleo. Impulsionada pela descoberta da limitação do petróleo, por ser um recurso natural não renovável. Motivada pela crise, o mercado teve um avanço tecnológico que popularizou a propagação da utilização de placas fotovoltaicas captando a radiação e convertendo em energia elétrica.

Não atingimos ainda o ápice da história da energia solar, entretanto, os sistemas solares fotovoltaicos disponibilizam uma série de vantagens e representam uma excelente alternativa para a geração de energia em diversos lugares, como por exemplo, em comunidades isoladas que, muitas vezes ainda utilizam fontes como o diesel, que é um combustível extremamente poluente. (PORTAL SOLAR, 2016).

Utilização dos módulos fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede convertem diretamente a energia solar em energia elétrica entregando à rede elétrica de distribuição uma energia limpa e renovável. Esses sistemas são formados basicamente por um conjunto de módulos fotovoltaicos e inversores que são responsáveis por converter energia elétrica em corrente contínua em energia elétrica em corrente alternada. (RAMPINELLI, v, 2010)

A energia gerada por módulos fotovoltaicos pode passar por inversores e ser injetada na rede (on-grid) ou passar por controladores de carga e ser armazenada em baterias (off-grid). (POSSEBON, p. 5, 2016)

Independente do sistema escolhido, off-grid ou on-grid, o consumidor que tiver rede pública de energia disponibilizada até sua casa, deve pagar a taxa mínima para a concessionária. Segundo a Resolução

Normativa 414 de 2010 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), fica estipulado:

- a) Residências com padrão monofásico: valor referente ao consumo de 30 kWh;
- b) Residências com padrão bifásico: valor referente ao consumo de 50 kWh;
- c) Residências com padrão trifásico: valor referente ao consumo de 100 kWh.

O valor será cobrado apenas quando o consumidor não atingir o consumo relativo a potência da taxa mínima.

Análise para implantação de módulos fv para alimentação total da residência

Com base no projeto desenvolvido para o estudo de custo de sistemas para alimentação energética de uma residência padrão na cidade de Canoas, a planilha disponível no Anexo 2 demonstra a média de consumo mensal, no verão e no inverno, servindo como base para calcular a quantidade de módulos que a casa necessita.

Figura 6 – Potência mensal de kWh

Potência Total (KWh) - Inverno (6 meses)	Potência Total (KWh) - Verão (6 meses)	Potência Total/ano (KWh)	Potência média mensal (KWh)
2850,00	4650,00	7500,00	625,00

Fonte: Própria, 2019.

Com o valor da média mensal do consumo energético, subtraímos os 50 KWh, referente a taxa mínima para rede bifásica, assumindo então o valor da potência média de 575 KWh/ mês e 19,17 KWh/ dia.

Através dos dados de irradiação obtidos pelo CRESCESB, disponível no Anexo 3, será calculada a potência pico para definir quantos módulos serão necessários. A divisão da média diária (19,17 KWh/ dia) pela média mensal do plano horizontal (4,39 KWh/ m². dia), resulta no valor de 4.367,00 Wp, conforme a tabela abaixo, onde foi escolhido dois módulos com potências de 365 Wp, no qual a divisão das potências resulta na quantidade de módulos necessários.

Figura 7 – Dimensionamento de módulos

Painel Solar	Dimensões (mm)	Potência (Wp)	Peso (Kg)	Quantidade
Monocristalino	2000 x 992 x 35	365	22,5	12

Fonte: Própria, 2019.

A quantidade de painéis monocristalino para esta demanda é de 12 módulos, que multiplicado pela potência apresenta um valor de 4.380,00 Wp. Em dias onde não terá sido gerada energia suficiente pelos painéis por motivos de menos irradiação ou um consumo maior que a média, será utilizada energia da rede. Para fins de compensação de energia, a Resolução Normativa 687, trata a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora como forma de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses.

Para os módulos calculados atingirem sua eficiência, deve ser feita a instalação conforme o ângulo da latitude da região, direcionada para o norte. A latitude da região de Canoas é 29°55'04"S, portanto, os módulos devem ser instalados com inclinação de 30°. Caso o telhado não apresente a inclinação necessária, deve ser feita a compensação da estrutura.

Análise para implantação de módulos fotovoltaicos para alimentação parcial da residência

Considerando que a alimentação energética da residência seja composta por gás LP para aquecimento de água dos chuveiros e torneira da cozinha, para o dimensionamento dos módulos, basta subtrair a potência dos equipamentos que serão alimentados por GLP.

Figura 8 – Média de potência anual e mensal

	Potência Verão (kWh)	Potência Inverno (kWh)	Total
Ano	3822,9	1447,68	5270,58
Mês	637,15	241,28	439,22

Fonte: Própria, 2019.

Com a potência mensal calculada, descontando a taxa mínima de 50 kWh, chega ao valor de consumo diário de 12,98 kWh. A divisão entre o consumo diário e a irradiação já conhecida para a região de Canoas (4,39 kWh para plano horizontal), resulta no valor de 2956,72 Wp. Considerando a utilização do módulo de potência 365,00 W, serão necessários 9 módulos, gerando mais energia para a rede, pois a potência pico gerada pelos 9 módulos apresenta o valor de 3.285,00 Wp, 11,10% a mais da potência calculada. Considerando o consumo total da casa dimensionado no subitem 2.2.3, onde será necessário 12 módulos, será produzido apenas 0,29% a mais da média de consumo da rede.

Vantagens e cuidados na instalação de gás lp como fonte de aquecimento para edificações

Gás Liquefeito do Petróleo, presente em praticamente 100% do território brasileiro, sendo mais conhecido como “gás de cozinha”, é comumente utilizado na cocção de alimentos, calefação de ambientes, aquecimento de água, entre outros.

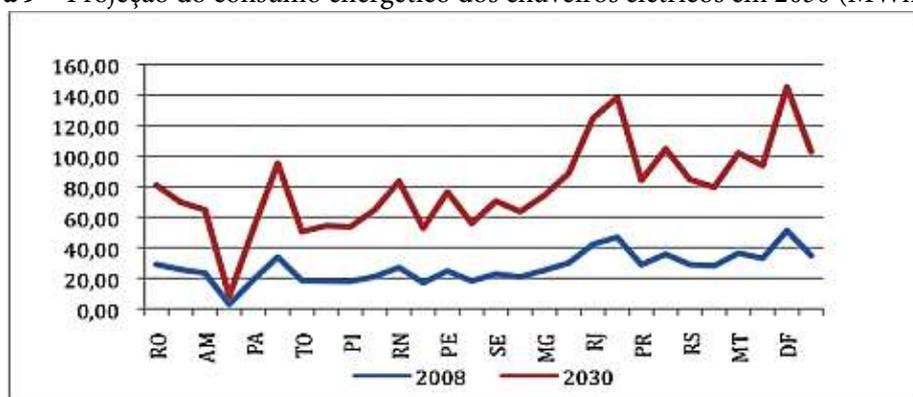
Combustível eficiente, competitivo e não poluente, é cada vez mais presente nas construções civis para as instalações de canalizações de aquecimento de água dos chuveiro e torneiras a gás. Segundo reportagem feita pelo G1, onde mostra que o uso do chuveiro a Gás LP em hotéis e pousadas tem crescido bastante por apresentar grande eficiência, pois produz água quente imediatamente, em grande quantidade e com muita pressão. Além disso, o sistema é mais seguro e até 60% mais econômico do que o chuveiro elétrico.

O governo federal reconhece o papel da eficiência energética, criando então em 18 de julho de 1991, por Decreto Federal, o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), com o propósito de incentivar o uso eficiente de fontes de energia não renováveis no transporte, nas residências, no comércio, na indústria e na agropecuária, promovendo a economia de combustível e a redução na emissão de poluentes associados ao efeito estufa causado também pelo funcionamento das termoelétricas. (CONPET, 2012)

Após calculado por um profissional da área, atendendo a NBR 15526/ 2016, o dimensionamento do projeto de instalações a gás para residências, a fim de prever a perda de carga, garantir a integridade do sistema, segurança dos usuários e ser aprovado à fiscalização, conforme previsto no Art. 200 do Código de obra de Canoas, as instalações de gás nas edificações deverão ser executadas de acordo com as prescrições das normas brasileiras e da legislação específica.

Conforme análise do gráfico da ANEEL (2009) retirado do Plano Nacional de Eficiência Energética (2010), onde mostra a clara a contribuição dos chuveiros elétricos na demanda e consumo de energia elétrica no Brasil, estes equipamentos tendem a preencher uma parcela representativa no segmento de aquecimento de água. Sendo assim será importante a compatibilização dos chuveiros elétricos por novas fontes de aquecimento, visando os benefícios para o setor com a redução da demanda e consumo de energia e também estimulando outros sistemas de aquecimento movimentando a diversidade do mercado.

Figura 9 – Projeção do consumo energético dos chuveiros elétricos em 2030 (MWh/ mês).



Fonte: Plano Nacional de Eficiência Energética, (PROCEL, 2007), (ANEEL, 2009)

Dimensionamento residencial de baixa pressão - GLP

Segundo a NBR 13932/ 97, para estimar a vazão do GLP, dividimos a potência computada pelo poder calorífico do GLP, o qual apresenta um valor de 24.000,00 kcal/ kg. Os chuveiros consomem cerca de 10 L/ min cada, enquanto a torneira apresenta um consumo de 4 L/ min. Considerando que os dois chuveiros e a torneira sejam usados simultaneamente, soma-se então o consumo dos três, resultando em 24 L/ min.

Com base no Anexo C da NBR 13932, um fogão de 6 bocas com forno, possui capacidade nominal de 11.000 kcal/ h, enquanto um aquecedor passagem de 25 L/ min, possui um valor de 22.800 kcal/ h. Totalizando em 33.800 kcal/ h e dividindo pelo poder calorífico do GLP (24.000 kcal/ m³), temos a vazão de 1,41 m³/ h.

Para calcular a perda de pressão, adotou-se a seguinte fórmula:

$$\Delta P = 1,318 \times 10^2 \times H \times (1,8 - 1)$$

$$\Delta P = 1,318 \times 10^2 \times 3 \text{ m} \times (1,8 - 1)$$

$$\Delta P = 0,031632 \text{ kPa} < 10\% \text{ da Pressão Nominal (PA} = 2,8 \text{ kPa)}.$$

Onde, ΔP é a perda de carga relacionada com a altura do trecho vertical, considerada 3m.

Para baixar a pressão do gás, utiliza-se a fórmula para baixa pressão:

$$PA - PB = (2273 \times D_g \times L \times Q^{1,82}) / D^{4,82}$$

$$2,8 - 2,6 = (2273 \times 1,8 \times 15 \times 1,41^{1,82}) / D^{4,82}$$

$$D = 15,66 \text{ mm} = \frac{1}{2}''$$

Adotando: $L = 15 \text{ m}$, $Q = 1,41 \text{ m}^3/\text{h}$, $D_g = 1,8$, $PA = 2,8 \text{ kPa}$ (pressão nominal de GLP para aparelhos domésticos), $PB = 2,6 \text{ kPa}$ (10% da PA)

PA (kPa) é a pressão de entrada do trecho;

PB (kPa) é a pressão de saída do trecho;

D_g é a densidade relativa do GLP (fase vapor em relação ao ar, adotar 1,8);

L é o comprimento equivalente total;

Q é a vazão de gás;

D é o diâmetro interno real adotado em mm.

Para o consumo de $1,41 \text{ m}^3/\text{h}$, será utilizado baterias 2+2 P 45. Pois o P 45 fornece $1 \text{ m}^3/\text{h}$, logo para suprir a demanda e evitar o congelamento do gás, o projeto conta com 2 P 45 para consumo e 2 P 45 para reserva.

METODOLOGIA CIENTÍFICA

O trabalho apresentado é caracterizado conforme pesquisa explicativa com abordagem qualitativa, onde a pesquisa para o embasamento teórico contou com dados quantitativos estimados para aproximação de dados reais para validação dos projetos criados e analisados.

O estudo conta com o projeto base localizado na cidade de Canoas, com dimensionamento do projeto arquitetônico baseado no Código de Obras de Canoas, resultando no enquadramento da NBR 12721/06 definindo assim como um projeto de residência unifamiliar Padrão Normal (R1-N).

O projeto elétrico foi baseado na NBR 5410, onde foi dimensionada a demanda de iluminação considerando as áreas e perímetro da edificação, quantidade de equipamento e suas respectivas cargas, diâmetro dos condutores e disjuntor para cada circuito.

Para o desenvolvimento dos módulos solares, foi calculado a potência em KWh, com base nos resultados da demanda do projeto elétrico, onde foi convertida em Wp com a divisão da média diária da potência consumida pela média mensal de irradiação, para então estimar a quantidade de módulos necessários. A potência gerada pelos módulos para o projeto analisado, se enquadra no perfil de minigeração, segundo a Resolução Normativa 687, de 2015 da Aneel. As etapas burocráticas para a geração de energia são apresentadas através do anexo 1, onde mostra de forma resumida o que trata a versão 7 do Módulo 3 do PRODIST.

O dimensionamento do sistema de GLP baseia-se na NBR 13932/ 97. Considerando uma rede secundária devido a baixa pressão, definindo então as fórmulas utilizadas para o cálculo de perda de carga, vazão e diâmetro da tubulação.

Através do dimensionamento de cada projeto, tem-se o orçamento para cada sistema, considerando o valor do material conforme pesquisa de mercado e mão de obra conforme a tabela de honorários de serviços de engenharia do IMEC (2019).

O financiamento foi estimado através do Simulador - BNDES, considerando 100% do valor para ser financiado, prazo de 5 anos para todos os financiamentos, prazo de carência de 3 meses, taxa máxima de remuneração do agente financeiro (6% ao ano) e inflação anual de 3,6%.

A análise e conclusão do resultado se dá em relação ao custo da implantação e tempo de retorno do método escolhido para atender a demanda, levando em conta também os custos de manutenção e vida útil de cada sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o resultado da demanda de cada projeto, os valores abaixo representam a composição do preço do material, mão de obra para instalação e projeto. Considerando o valor de mercado da região metropolitana para cada sistema.

Figura 10 – Tabela de custo de implantação de sistemas de energia

Sistemas	Composição	Consumo	Preço R\$	Financiamento (5 anos)
Fotovoltaica	Módulos + Inversor + Instalação + Projeto	4367,00 Wp	R\$ 24.615,00	R\$ 32.618,19
GLP	Material + Mão de obra + Projeto	Consumo 1,41 m ³ /h (considerar consumo diário)	R\$ 7.961,90	R\$ 10.547,36
Fotovoltaica + GLP	Material + Mão de obra + Projeto	1,41 m ³ /h + 2956,72 Wp	R\$ 27.492,90	R\$ 36.420,63
Elétrica convencional	Consumo mensal	625 kWh/ mês	Aproximadamente R\$ 600,00	R\$ 36.000,00

Fonte: Própria, 2019.

Os valores da tabela 10 extinguem os custos de manutenção dos sistemas. A manutenção dos módulos FV pode ser feita pelo próprio usuário, pois para garantir a eficiência do sistema recomenda-se a limpeza anual dos módulos.

O consumo de GLP será de aproximadamente 1 botijão P-45 a cada 45 dias, salvo que o cálculo estimou o consumo máximo de todos os equipamentos ligados simultaneamente. A estimativa aproxima o consumo anual, compensando o uso mais frequente no inverno e menos frequente no verão, sendo o valor gasto com GLP de aproximadamente R\$ 2.250,00 referente a 9 botijão/ ano. Em 5 anos será gasto em botijão P-45 o valor de R\$ 11.250,00 (sem reajuste).

O custo da energia elétrica pela concessionária estimado para os próximos 5 anos, não conta com reajuste. Visto que sofre reajuste anual e com variações nos valores dos impostos, bandeiras e tarifas.

CONCLUSÃO

Com base no valor do financiamento para a implantação do sistema somado aos custos de manutenção e reabastecimento, como no caso do GLP, podemos concluir que para a residência analisada o sistema que melhor se enquadra na questão de custo, é a implantação dos 12 módulos FV.

O sistema de GLP é ideal para quem preza por conforto. Garantindo banhos quentes e com uma pressão aconchegante. Apesar do custo de manutenção para manter o sistema, o GLP, a fotovoltaica e o sistema de GLP com fotovoltaica, são investimentos que de médio a longo prazo garantem um sistema independente de abastecimento energético.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721:2005: avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios**. Rio de Janeiro, p. 13. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13932:1997: instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) - Projeto e Execução**. Rio de Janeiro, f. 26. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:2008: instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, f. 209. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15526:2016: redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais - Projeto e Execução**. Rio de Janeiro, f. 46. 2016.

JUNIOR, Janary. **Projeto determina indicação do valor de perdas não técnicas de energia elétrica**. Câmara de Deputados, 2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/557799-projeto-determina-indicacao-do-valor-de-perdas-nao-tecnicas-de-energia-eletrica/>

REIS, L. B.; CARVALHO, C. E.; FADIGAS, E. A. A. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. São Paulo: MANOLE, 2005. p. 23.

Relatório do Acionamento das Bandeiras Tarifárias. ANEEL, 2019. Disponível em:

https://www.aneel.gov.br/documents/656877/19312086/Relat%C3%B3rio+do+Acionamento+das+Bandeiras+Tarif%C3%A1rias+-+Out_2019/7d30e656-2bdb-a0a8-fde8-207c80b31e0e

VENTURA, Manoel. **Consumidores Devem Pagar 20 Bilhões em Subsídios nas Contas de Luz em 2020; Tarifas Vão Subir**. O Globo, 2019. Disponível em:

<https://oglobo.globo.com/economia/consumidores-devem-pagar-20-bilhoes-em-subsidios-nas-contas-de-luz-em-2020-tarifas-vao-subir-24048640>

Rancking das Tarifas. ANEEL, 2019. Disponível em:

<https://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>

ENGENHARIA, Dusol. **Como Surgiu a Energia Solar?** 2018. Disponível em: <https://www.dusolengenharia.com.br/post/como-surgiu-a-energia-solar/>

ENGENHARIA, Blue Sol. **Painel Solar Fotovoltaico: Sua Criação e História**, 2017. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/painel-solar-sua-criacao-e-historia/>

SOLAR, Portal. **História da Solar: Como Tudo Começou**, 2016. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-da-energia-solar-como-tudo-comecou.html>

RAMPINELLI, Giuliano A. **Estudo de Características Elétricas e Térmicas de Inversores para Sistemas Fotovoltaico Conectados a Rede**. 2010. 285 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

POSSEBON, Rafael. **Avaliação do Desempenho de um Arranjo Fotovoltaico para uma Residência Típica no Sul do País**. 2016. 28 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Energia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

CAMPOS, L. B.; CARVALHO, C. E.; FADIGAS, E. A. A. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. São Paulo: MANOLE, 2005. p. 23.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Aneel nº 687 de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>

BRASIL. ANEEL. **Resolução Aneel nº 414 de 9 de setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>

Simule Seu Financiamento. BNDES, 2019. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/simulador/?productCode=AOI_056

Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas na Elaboração do Plano. 2010 Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1256592/PNEf - Premissas e Dir. Basicas.pdf/8f0bdd00-0992-4c0f-8661-0d1225cb73cf?version=1.0>

Potencial Sun Data - Sun Data v 3.0. Disponível em:

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>

Grupo CEEE. **Balanco Energético do Rio Grande do Sul**. 2010.

Tarifas PIS/ COFINS - CPFL Piratininga. CPFL, 2019. Disponível em:

<https://www.cpfempresas.com.br/institucional/piscofins.aspx?emp=2>

Alíquota ICMS Rio Grande do Sul. RGE, 2015. Disponível em:

<https://www.rge-rs.com.br/atendimento-a-consumidores/rge/tarifas-na-conta-de-energia/aliquota-icms-rs/Paginas/default.aspx>

ANEXO 1 – Etapas do Processo de Solicitação de Acesso

ETAPA	AÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO
1 Solicitação de acesso	(a) Formalização da solicitação de acesso, com o encaminhamento de documentação, dados e informações pertinentes, bem como dos estudos realizados.	Acessante	-
	(b) Recebimento da solicitação de acesso.	Distribuidora	-
	(c) Solução de pendências relativas às informações solicitadas na Seção 3.7.	Acessante	-
2 Parecer de acesso	(a) Emissão de parecer com a definição das condições de acesso.	Distribuidora	<p>i. Para central geradora classificada como microgeração distribuída quando não houver necessidade de melhoria ou reforço do sistema de distribuição, até 15 (quinze) dias após a ação 1(b) ou 1(c).</p> <p>ii. Para central geradora classificada como minigeração distribuída, quando não houver necessidade de execução de obras de reforço ou de ampliação no sistema de distribuição, até 30 (trinta) dias após a ação 1(b) ou 1(c).</p> <p>iii. Para central geradora classificada como microgeração distribuída, quando houver necessidade de execução de obras de melhoria ou reforço no sistema de distribuição, até 30 (trinta) dias após a ação 1(b) ou 1(c).</p> <p>iv. Para central geradora classificada como minigeração</p>

ANEXO 1 – Etapas do Processo de Solicitação de Acesso (continuação)

ETAPA	AÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO
			distribuída, quando houver necessidade de execução de obras de reforço ou de ampliação no sistema de distribuição, até 60 (sessenta) dias após a ação 1(b) ou 1(c).
3 Implantação da conexão	(a) Solicitação de vistoria	Acessante	Até 120 (cento e vinte) dias após a ação 2(a)
	(b) Realização de vistoria.	Distribuidora	Até 7 (sete) dias após a ação 3(a)
	(c) Entrega para acessante do Relatório de Vistoria se houver pendências.	Distribuidora	Até 5 (cinco) dias após a ação 3(b)
4 Aprovação do ponto de conexão	(a) Adequação das condicionantes do Relatório de Vistoria.	Acessante	Definido pelo acessante
	(b) Aprovação do ponto de conexão, adequação do sistema de medição e início do sistema de compensação de energia, liberando a microgeração ou minigeração distribuída para sua efetiva conexão.	Distribuidora	Até 7 (sete) dias após a ação 3(b), quando não forem encontradas pendências.
5 Contratos	(a) Acordo Operativo ou Relacionamento Operacional	Acessante e Distribuidora	Acordo operativo até a ação 4 (b), Relacionamento operacional até a ação 2(a)

Fonte: PRODIST, 2017

ANEXO 2 – Demanda de kWh por circuito

Circuito	Descrição	Potência (W)	kwh/mês		Considerações
			VERÃO	- INVERNO	
1	Iluminação: dormitórios, banheiros, circulação, deck suíte	900	70	70	26 lâmpadas - média de 30W/ lâmpada. Considerando metade da casa estará com as lâmpadas acesas por 6 horas
2	Iluminação: deck sala, garagem, sala estar/jantar, cozinha, área de serviço	1100			
3	Tug: sala, banho social, circulação	1300	13,75	13,75	Sala - 30 min x 30d; WC social 15 min x 30d; Circulação 15 min x 10d
4	Tug: garagem, WC suíte	800	6,50	6,50	Garagem 1 hora x 10d; WC suíte 15 min x 30d
5	Tug: cozinha	1200	99,00	99,00	Tug para geladeira - motor trabalha em um ciclo de 50%. Logo, 250w x 12h x 30d; Tug - 30 min x 30d
6	Tug: área de serviço, cozinha	1200	12,00	12,00	Área de serviço - 30 min x 10d; Cozinha - 30 min x 30d
7	Tug: Dormitórios 1 e 2	900	27,00	27,00	Dormitórios - 1h x 30d
8	Tue: ar condicionado sala	2800	168,00	-	AC Verão - 2h x 30
9	Tue: ar condicionado suíte	2400	144,00	-	AC Verão - 2h x 30
10	Tue: ar condicionado dormitório	1400	84,00	-	AC Verão - 2h x 3
11	Tue: chuveiro social	7500	65,81	101,25	Tempo médio de banho 18 min p/ pessoa (3). Logo, 54 min x 30d. Consideramos no modo verão 35% de 7500w.
12	Tue: chuveiro suíte	7500	65,81	101,25	
13	Tue: forno elétrico	1500	6,23	8,72	Forno elétrico - 50 min x 7d no inverno e 5d no verão
14	Tue: torneira elétrica	3000	-	22,50	Torneira elétrica - 15 min x 30d no inverno
15	Tue: microondas	1500	1,80	1,80	Micro-ondas - 5 min x 15d
16	Tue: máquina de lavar	2000	10,00	10,00	Máquina de lavar roupa - 30 min x 10d
17	Tue: motor portão	185	0,44	0,44	
18	Tue: motor porta garagem	185	0,44	0,44	Motor portão (pátio e garagem) - 5 min x 30d

Fonte: Própria, 2019.

ANEXO 3 – Dados da irradiação na cidade de Canoas

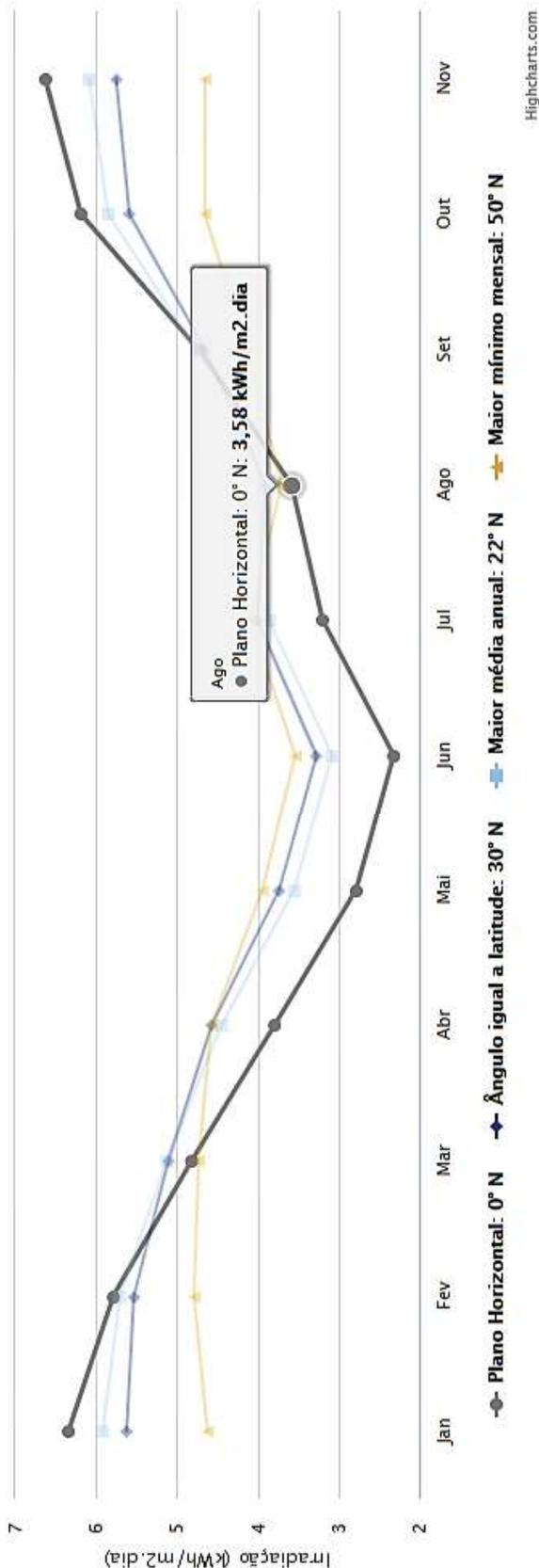
Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Canoas
 Município: Canoas, RS - BRASIL
 Latitude: 29,901° S
 Longitude: 51,149° O
 Distância do ponto de ref. (29,9133° S; 51,1862° O) :3,8 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	6,34	5,78	4,81	3,79	2,78	2,32	2,52	3,20	3,58	4,73	6,19	6,63	4,39	4,31
✓	Ângulo igual a latitude	30° N	5,62	5,53	5,10	4,57	3,73	3,27	3,47	4,00	3,90	4,65	5,59	5,75	4,60	2,48
✓	Maior média anual	22° N	5,91	5,70	5,12	4,45	3,55	3,07	3,28	3,86	3,89	4,76	5,85	6,08	4,63	3,01
✓	Maior mínimo mensal	50° N	4,62	4,79	4,73	4,57	3,94	3,53	3,72	4,09	3,71	4,13	4,65	4,65	4,26	1,25

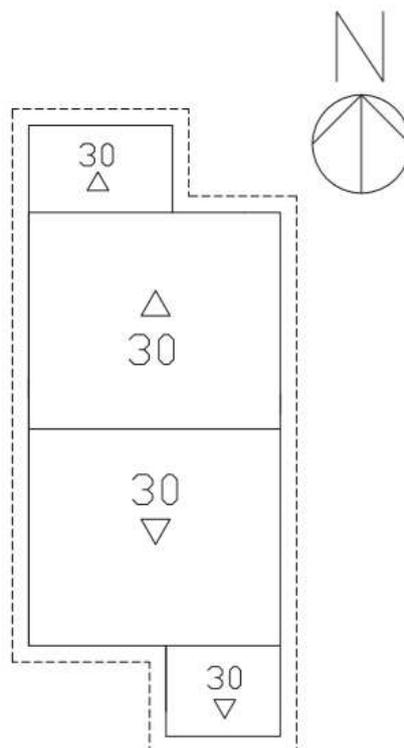
Irradiação Solar no Plano Inclinado –Canoas–Canoas, RS–BRASIL

29,901° S; 51,149° O



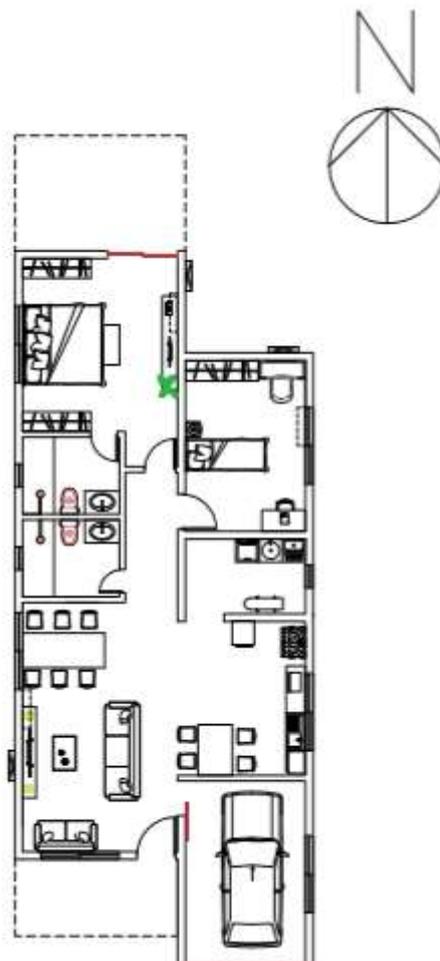
Fonte: CRESCESB, 2019.

ANEXO 4 – Projeção telhado



Fonte: Própria, 2019

ANEXO 5 – Arquitetônico



Fonte: Própria, 2019

ANEXO 6 – Demanda de energia

Local	Área m ²	Perímetro m	Qtd. Iluminação			TUG			TUE			
			100 W	60 W	Total W	Qtd.	100 W	600 W	Potência Total	Aparelho	Qtd.	Potência W
Garagem	14,88	15,80	1	2	220	2	2	200				
Sala de Estar/ jantar	25,87	20,94	1	4	340	6	6	600	Ar Condicionado	1	2800	
Cozinha	13,20	14,60	1	1	160	3	0	3	1800	Torneira Elétrica	1	3000
										forno elétrico	1	1500
										microondas	1	1500
Circulação	4,56	9,46	1		100	1	1	100				
Quarto 1	13,79	15,10	1	1	160	4	4	400	Ar Condicionado	1	1400	
WC	5,00	9,00	1		100	1		600	Chuveiro		7500	
Quarto 2 suite	19,24	18,84	1	3	280	5	5	500	Ar Condicionado	1	2400	
WC suite	5,00	9,00	1		100	1		600	Chuveiro		7500	
Área de Serviço	6,05	10,10	1		100	1		600	Máquina de lavar	1	2000	
área lateral (pátio)				3	180							
Deck de entrada	8,40	12,40	1		100							
Deck fundos	13,20	14,80	1	1	160							

Fonte: Própria, 2019.