

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,**  
**ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA**

**Planejamento Energético Integrado em um condomínio residencial  
de pequeno porte: aspectos relacionados a sustentabilidade e  
certificação energética**

**OURO PRETO-MG**

**2023**

**MARINA MENDES SAMPAIO**

**Planejamento Energético Integrado em um condomínio residencial  
de pequeno porte: aspectos relacionados a sustentabilidade e  
certificação energética**

Trabalho final de graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Nikolaus Pinto de Moura

**OURO PRETO-MG  
2023**



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Marina Mendes Sampaio**

### Planejamento Energético Integrado em um condomínio residencial de pequeno porte: aspectos relacionados a sustentabilidade e certificação energética

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção

Aprovada em 18 de janeiro de 2023

#### Membros da banca

Prof. D.Sc. - Gustavo Nikolaus Pinto de Moura - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof. D.Sc. - Maurinice Daniela Rodrigues - Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof. M.Sc. - Fidélis Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau - Universidade Federal de Ouro Preto

Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 18/01/2023



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/01/2023, às 13:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fidélis Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/01/2023, às 14:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maurinice Daniela Rodrigues, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/01/2023, às 15:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0458378** e o código CRC **4A2998B4**.

## RESUMO

Condomínio sustentável é um conjunto de casas residenciais que adotam medidas para preservar o meio ambiente, impactando na sociedade e na economia do local, utilizando de forma consciente os recursos naturais. Diversas são as formas de adequar um empreendimento à preservação ambiental como, economia de água, descarte correto de lixo, reciclagem de resíduos e minimização dos desperdícios energéticos. O presente trabalho busca simular formas de demanda e oferta de energia, a fim de traçar diferentes alternativas e identificar a mais viável. Os conceitos apresentados inicialmente no trabalho, permitem entender mais sobre energia solar, Smart Grid e certificação energética, a partir desses estudo e da coleta de dados, foi realizada a simulação de cenários na “Vila São Barto”, com a elaboração de curvas de carga e a construção de modelos energéticos utilizando o software HOMER Pro. Os resultados obtidos permitiram identificar que o cenário mais vantajoso, considerando sustentabilidade e economia, inclui a substituição de lâmpadas incandescentes por LED, a instalação de aquecedores de água e placas fotovoltaicas, representando uma redução da emissão de 69 % de CO<sub>2</sub> ao compararmos com o cenário referência.

**Palavras-chave:** Planejamento Energético Integrado, Condomínios sustentáveis, HOMER Pro, Energia Solar Fotovoltaica, Certificação Energética, *Smart Grid*.

## ABSTRACT

A sustainable condominium is a set of residential houses that adopt measures to preserve the environment and consciously use natural resources. There are several ways to adapt an enterprise to environmental preservation, such as saving water, correct disposal of garbage, recycling of waste and minimization of energy waste. The present work seeks to simulate forms of demand and supply of energy, in order to outline different alternatives and identify the most viable one. The concepts initially presented in the work, allow to understand more about solar energy, Smart Grid and energy certification, from these studies and data collection, the simulation of scenarios was carried out in "Vila São Barto", with the elaboration of load curves and building energy models using HOMER Pro software. The results obtained allowed us to identify that the most advantageous scenario, considering sustainability and economy, includes the replacement of incandescent lamps with LEDs, the installation of water heaters and photovoltaic panels, representing a reduction in the emission of 69% of CO<sub>2</sub> when compared to the scenario reference.

**Keywords:** Integrated Energy Planning, Sustainable Condominiums, HOMER Pro, Photovoltaic Solar Energy, Energy Certification, *Smart Grid*.

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1- Iluminância em lux por atividade .....	21
Tabela 2- Grau de reflexão .....	21
Tabela 3- Características Lâmpadas .....	22
Tabela 4 - Número de certificados ISO 50.001 por país .....	24
Tabela 5 - Cenário atual .....	30
Tabela 6 - Substituição lâmpada LED .....	31
Tabela 7 - Utilização aquecedor solar (kw) .....	32
Tabela 8 - Utilização aquecedor solar e LED .....	33
Tabela 9 - Comparação lâmpada LED e incandescente.....	34
Tabela 10 - Preço Consumo R\$/kWh - Sem Impostos .....	36
Tabela 11- Médias do Total Diário da Irradiação (Wh/m <sup>2</sup> .dia) .....	37
Tabela 12 - Valores Investimento – Placa Fotovoltaica .....	37
Tabela 13 - Valores Investimento - LED e Aquecedor Solar .....	37
Tabela 14 - Emissão de CO <sub>2</sub> por cenário .....	45
Tabela 15 – Número de arvores necessárias por cenário para compensação de CO <sub>2</sub> ..	46
Tabela 16 - Comparativo Dados Econômicos dos Cenários.....	46
Tabela 17 – Comparativo Redução da Emissão de CO <sub>2</sub> .....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aquecedor solar de tudo a vácuo .....	18
Figura 2 - Gráfico de crescimento da geração solar fotovoltaica no Brasil (MMGD1) .....	19
Figura 3- Localização projetos <i>Smart Grid</i> .....	25
Figura 4 - Lote Condomínio “Vila São Barto” .....	27
Figura 5 - Divisão Lotes “Vila São Barto” .....	28
Figura 6 - Curva de carga Cenário Referência.....	30
Figura 7 - Curva de carga- Lâmpada LED.....	31
Figura 8 - Curva de carga - Aquecedor Solar.....	32
Figura 9 - Curva de carga - Lâmpada LED e aquecedor solar .....	33
Figura 10 - Curva de carga - Lâmpada LED e Incandescente .....	34
Figura 11 - Configurações de Localização.....	38
Figura 12 - Configuração da carga de consumo.....	38
Figura 13 - Configuração Placa Fotovoltaica.....	39
Figura 14 - Configuração Inversor.....	39
Figura 15 - Dados econômicos cenário referência e energia fotovoltaica.....	40
Figura 16 - Tempo de <i>payback</i> cenário energia fotovoltaica .....	40
Figura 17 - Dados econômicos placas fotovoltaicas e lâmpadas LED.....	41
Figura 18 - Tempo de <i>payback</i> Cenário placas fotovoltaicas e lâmpadas LED.....	41
Figura 19 - Dados econômicos cenários: aquecimento solar da água e energia fotovoltaica....	42
Figura 20 - Tempo de <i>payback</i> cenário: aquecimento solar e energia fotovoltaica.....	43
Figura 21 - Dados econômicos: aquecimento solar da água, energia fotovoltaica e LED .....	43
Figura 22 - Tempo de <i>payback</i> - aquecimento solar da água, energia fotovoltaica e LED.....	44
Figura 23 - Emissão de CO <sub>2</sub> Cenário Referência.....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
Cofins	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
ICMS	Circulação de Mercadorias e Serviços
ISO	<i>International Organisation for Standardisation</i>
kWh	Quilowatt-hora
LABREN	Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia
m <sup>2</sup>	Metros Quadrados
NPC	<i>Net Present Cost</i>
PEI	Planejamento Energético Integrado
PIS	Programa de Integração Social
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PV	Placa Fotovoltaica
SM	<i>Smart Grid</i>
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.2. Objetivos .....	13
1.2.1 Objetivo Geral .....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	14
2.1 Elaboração do Planejamento Energético no empreendimento “Vila São Barto” .....	15
<b>3. MEDIDAS PARA PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO EM CONDOMÍNIOS</b> .....	17
3.1- Panorama da utilização de energia solar no Brasil.....	17
3.1.1- Aquecimento de água por meio de coletores solares .....	17
3.1.2 Energia Solar Fotovoltaica .....	18
3.2 Iluminação .....	20
3.3 Certificação Energética.....	22
3.4 <i>Smart Grids</i> e aplicação no Brasil .....	24
<b>4 ANÁLISE DOS CENÁRIOS</b> .....	27
4.1 Caracterização da Condomínio .....	27
4.2 Simulação de Cenários .....	28
4.2.1 Consumo de energia .....	29
4.2.2 Cenário Atual .....	29
4.2.3 Análise de utilização de lâmpadas mais eficientes.....	30
4.2.4 Utilização de aquecedor solar de água .....	32
4.2.5 Cenário utilização de lâmpadas eficientes e aquecimento solar .....	33
4.2.6 Cenário utilização de lâmpadas eficientes espaço comunitário .....	34
4.3 Premissas utilizadas para a elaboração dos cenários .....	35
4.3.1 Tarifas de energia .....	35
4.3.2 Nível de Insolação .....	36
4.3.3 Custos Investimento .....	36
4.4 Configurações Iniciais Software HOMER.....	37
4.5 Modelagem Cenários .....	39
4.5.1 Cenários placas fotovoltaicas e lâmpadas LED .....	40
4.5.2 Cenário placas fotovoltaicas e aquecimento solar de água .....	42
4.5.3 Cenário placas fotovoltaicas, aquecimento solar de água e lâmpada LED.....	43

4.6 Emissão de CO <sub>2</sub> .....	44
4.7 Comparativo entre os Cenários .....	46
<b>5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÃO FINAIS .....</b>	<b>48</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O assunto sustentabilidade vem tornando-se cada vez mais importante no contexto social e globalizado que estamos inseridos. Essa palavra, para muitos, está ligada apenas à redução da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, mas, apesar de ser um dos principais problemas, o aumento do efeito estufa, não é o único (TORRESI; PARDINI; FERREIRA, 2010).

Os países precisam continuar progredindo economicamente, ao mesmo tempo em que o meio ambiente deve ser preservado. Considerando esse contexto, é necessário destacarmos o desenvolvimento sustentável, que alinha crescimento à conscientização ambiental, de forma a usar os recursos disponíveis da maneira mais ecologicamente correta possível.

O termo “desenvolvimento sustentável” tem origem no Relatório Brundtland da Organização das Nações Unidas, em 1987, e classifica como o desenvolvimento que *"satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades"* (TORRESI; PARDINI; FERREIRA, 2010, s/n).

No conceito sustentável, construções ecológicas e energeticamente sustentáveis são fundamentais, considerando a associação entre progresso e meio ambiente. O presente trabalho, visa tratar desse tema considerando a construção de um condomínio de pequeno porte na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais, que considere medidas de planejamento energético.

São Bartolomeu é um distrito localizado no município de Ouro Preto, o local possui 230 habitantes e está situado a 21 km da cidade (IBGE, 2010). O distrito conta com diversos atrativos, suas cachoeiras e montanhas atraem visitantes da região que procuram por natureza e conforto. Os doces produzidos pelos moradores locais fizeram do vilarejo um local de destino para aqueles que procuram tradição e história, a fama da produção artesanal desses alimentos tornou-se tão emblemática para a cidade que anualmente é realizada a “Festa da Goiaba”.

Devido à alta perspectiva de crescimento da região, por ser um distrito perto de Belo Horizonte e ideal para aqueles que procuram sossego e natureza sem precisar se distanciar muito da capital, está em construção em empreendimento denominado “Vila São Barto”, um condomínio que será composto por 20 casas e tem como principal característica ser um conjunto ecologicamente sustentável, visando a utilização de fontes de energia renováveis e emissões nulas de carbono.

Considerando o modelo de empreendimento energeticamente sustentável, é necessário alinhar o processo de construção do condomínio com a eficiência energética, analisando o aproveitamento da energia com menor perda e maior rendimento. A construção deve ser

realizada considerando o uso de energia solar, iluminação eficiente e eletrodomésticos de baixo consumo.

Os recursos para a obtenção de um empreendimento sustentável são inúmeros, atualmente, muito se fala do conceito de *Smart Grid*, que é a integração entre energia e tecnologia, propiciando o monitoramento das fontes energéticas através da internet. Na prática, o *Smart Grid* possibilita acompanhar o consumo energético e implementar medidas para a obtenção de um melhor aproveitamento energético. Além disso, é possível identificar eventuais problemas através de sensores, facilitando o isolamento dos pontos da rede que estejam danificados, agindo de forma inteligente aos imprevistos através do monitoramento. (FRACARI; SANTOS; SANCHEZ, 2022).

A energia solar fotovoltaica tem sido muito utilizada como uma forma eficiente de preservar o meio ambiente e reduzir custos, possibilitando a diminuição na conta de luz. O sistema funciona com a conversão de energia solar em eletricidade através da célula fotovoltaica sendo que os painéis fotovoltaicos possuem de 13% a 19% de eficiência. No cenário mundial, os módulos solares fotovoltaicos contribuem diretamente na redução da emissão dos gases do efeito estufa, chegando a uma diminuição de 70 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera (ALMEIDA, 2016).

O uso da energia solar não se limita apenas as placas fotovoltaicas, podendo ser utilizada também pelos coletores solares que utilizam o calor do sol para aquecimento da água. Os coletores são instalados, normalmente, no teto de casas e prédios que absorvem os raios solares aquecendo os tubos metálicos que contêm água, mantendo-a aquecida para o uso residencial e utilizada principalmente para aquecimento de água no chuveiro, um dos principais serviços de energia demandados no setor residencial.

As medidas de sustentabilidade ambiental e energética adotadas na vila ou em qualquer outro empreendimento, se feitas da maneira correta e seguindo determinadas diretrizes, proporcionam certificações. Entre as várias certificações disponíveis, destaca-se a ISO 50001:2018 que garante o aumento da eficiência energética em empresas e a *Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE)*, sendo utilizada como referencial teórico para o presente trabalho.

Será realizada a simulação energética dos cenários através do modelo Homer Pro (Otimização Híbrida de Recursos Energéticos Múltiplos), uma versão gratuita é disponibilizada para estudantes e será utilizada.

## **1.2. Objetivos**

Os objetivos serão descritos a seguir.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Realizar o Planejamento Energético Integrado em um condomínio de pequeno porte considerando uma abordagem dos *Smart Grid* e aspectos de sustentabilidade energética e ambiental.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar revisão bibliográfica dos temas abordados considerando as medidas de planejamento energético e as certificações energéticas;
- Identificar a demanda por serviços energéticos das casas do condomínio;
- Estudar a viabilidade de implementação dos cenários energéticos eficientes e sustentáveis;
- Utilizar o modelo HOMER para a elaboração de cenário energéticos;
- Identificar o cenário mais viável considerando custo-benefício e sustentabilidade;
- Relação entre o projeto e as certificações energéticas que podem ser obtidas;
- Realizar inventário das emissões de gases de efeito estufa;
- Propor medidas para neutralização da emissão de CO<sub>2</sub>.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada compreende pesquisa científica com o objetivo de solucionar problemas e de responder questionamentos através da análise técnico-econômica. Para a elaboração de um modelo energético é possível utilizar diferentes técnicas, como: *top-down* e *bottom-up*, a primeira, consiste no uso de dados agregados, sem considerar o uso individual, tendo como premissa a utilização da energia a longo prazo. No presente trabalho, iremos utilizar a abordagem *bottom-up*, em que, utilizam-se informações a nível individual, obtendo dados de domicílios, que serão coletados nas 18 residências do condomínio. (TEIXEIRA et. al., 2022).

A pesquisa científica pode ser elaborada seguindo diversas etapas, que devem ser cumpridas para a elaboração clara e detalhada do trabalho (SARAIVA, 2002), como:

- Definição da amostra - todas as casas da vila farão parte da amostra por ser um número pequeno de residências;
- Coleta de dados - a coleta de dados será realizada através de entrevistas e observações dos 16 moradores da vila, abordando o número de pares eletrônicos nas residências e o hábito de consumo dos habitantes, os dados obtidos serão registrados e anexados;
- Análise dos dados - após a coleta das informações necessárias, os dados serão organizados, através da elaboração de planilhas e curvas de carga, e analisados para que seja possível elaborar propostas e conclusões.

O trabalho terá em seu conteúdo a revisão bibliográfica, essa metodologia baseia-se na coleta de dados de um determinado tema. Para a sua elaboração, é realizado um levantamento de autores que possuem pesquisas e publicações sobre o assunto, em seguida, um compilado de todas as informações coletadas é elaborado, extraído as ideias mais relevantes e úteis para o trabalho.

Eficiência energética é um tema amplo e diversificado, que engloba diversas teorias e autores, por isso, é necessário ter uma base teórica confiável e explicativa sobre o assunto que será tratado, de forma a compreender aspectos fundamentais de planejamento energético. Iremos aprofundar em temas como, medidas de planejamento energético integrado, que incluem: placas fotovoltaicas, aquecedor solar, iluminação, eficiência de equipamentos, além de pesquisas voltadas a certificação energética, que envolvem: legislação, requisito e benefícios.

O Planejamento Energético Integrado (PEI) será utilizado, possibilitando um estudo detalhado com o intuito de aumentar a eficiência energética, contemplando três pilares associados à energia, sendo eles, o fator econômico, social e ambiental.

“Um dos objetivos do planejamento energético integrado é criar um ambiente econômico mais favorável para o desenvolvimento de aplicação de tecnologias de uso final eficientes, tecnologias limpas e tecnologias de produção de energia menos centralizadas, incluindo fontes renováveis. (CIMA, 2006, p. 19).”

A elaboração da PEI dará a possibilidade de uma análise energética sobre o vilarejo estudado, permitindo a otimização energética dos recursos e a tomada de decisão de forma a identificar alternativas energéticas sustentáveis para o empreendimento.

## **2.1 Elaboração do Planejamento Energético no empreendimento “Vila São Barto”**

O planejamento energético deste trabalho será realizado em cinco etapas, que consiste desde a coleta de dados até a modelagem dos cenários energéticos. Após todas as etapas, será possível realizar a análise do cenário mais viável para a implantação. Ademais, pretende-se, analisar a possível certificação energética da vila.

Etapa 1: apresentação do empreendimento -essa etapa consiste na caracterização da vila, será analisada a área, o número das casas construídas e das casas que estão na planta, analisando as especificidades energéticas de cada uma. Serão consideradas também, as áreas comuns como iluminação das ruas do condomínio e dos jardins, entre outros serviços energéticos que serão demandados.

Etapa 2: coleta de dados com os moradores – por meio de visita realizada ao local, serão identificados os principais equipamentos. Ademais, obtivemos, por meio de entrevistas, informações básicas como rotina de uso dos equipamentos. Essa etapa tem o intuito de obter os recursos de oferta e demanda da vila.

Etapa 3: análise dos dados - com as informações obtidas nas duas primeiras etapas, será necessário ordenar os dados e analisá-los, de forma a verificar a utilização da energia diária. Serão considerados os picos de energia ao longo do dia, sabendo que, em determinados horários, há uma maior demanda energética e a sazonalidade das diferentes épocas do ano. Com essas informações, será possível desenvolver as curvas de carga, verificar o consumo dos aparelhos residenciais, e desenvolver análises sobre incidência solar, emissão de gases de efeito estufa, entre outras constatações que serão apresentadas no trabalho.

Etapa 4: modelagem energética - a simulação será realizada através do modelo Homer Pro (Otimização Híbrida de Recursos Energéticos Múltiplos), para simular diferentes cenários energéticos. Uma versão gratuita para estudantes será utilizada.

Etapa 5: cenários energéticos - após todas as etapas concluídas, torna-se possível o desenvolvimento de cenários energéticos para a implantação na vila, esses cenários contam com a substituição de equipamentos e lâmpadas, assim como, implantação de fontes alternativas de suprimento de energia.

Por fim, o estudo irá indicar alternativas energéticas para o empreendimento, de forma a compreender medidas para obter certificações de sustentabilidade.

### **3. MEDIDAS PARA PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO EM CONDOMÍNIOS**

#### **3.1- Panorama da utilização de energia solar no Brasil**

A energia solar é uma promissora fonte de energia, em termos de localização, o Brasil ganha uma vantagem considerável devido à alta incidência de irradiação que é uniformemente distribuída e a baixa variação entre as estações do ano. A extensão territorial, o relevo e as massas de ar levam o Brasil a ser um país a possuir um clima diversificado, possuindo climas tropicais, subtropicais e semiárido.

No Brasil, a irradiação solar varia entre 1.500-2.500 kWh/m<sup>2</sup>, esse valor é alto comparado a outros países, como: Alemanha, que possui uma média de 900-1.250 kWh/m<sup>2</sup>, França entre 900-1.650 kWh/m<sup>2</sup> e Espanha, em torno de 1.200-1.850 kWh/m<sup>2</sup> (TORRES, 2012). Torna-se evidente, portanto, o importante papel que a energia solar pode desempenhar na expansão da matriz elétrica brasileira,

O crescimento econômico no Brasil, necessita de uma demanda maior de energia, considerando a melhoria na qualidade de vida da população. Diversos programas de eletrificação rural foram implantados e responsáveis pelo aumento de 3,2 milhões de domicílios rurais eletrificados nos últimos anos, gerando um aumento no consumo de energia per capita (PEREIRA, 2017).

Apesar de ser uma energia limpa e de alta usabilidade no país, devido a questões geográficas, a energia solar ocupa apenas 1,3% da matriz energética brasileira que possui a energia hídrica como principal fonte (56,8%), seguida pelo gás natural (12,8%), eólica (10,6%) e biomassa (8,2%) (GOMES *et al.*, 2022).

##### **3.1.1- Aquecimento de água por meio de coletores solares**

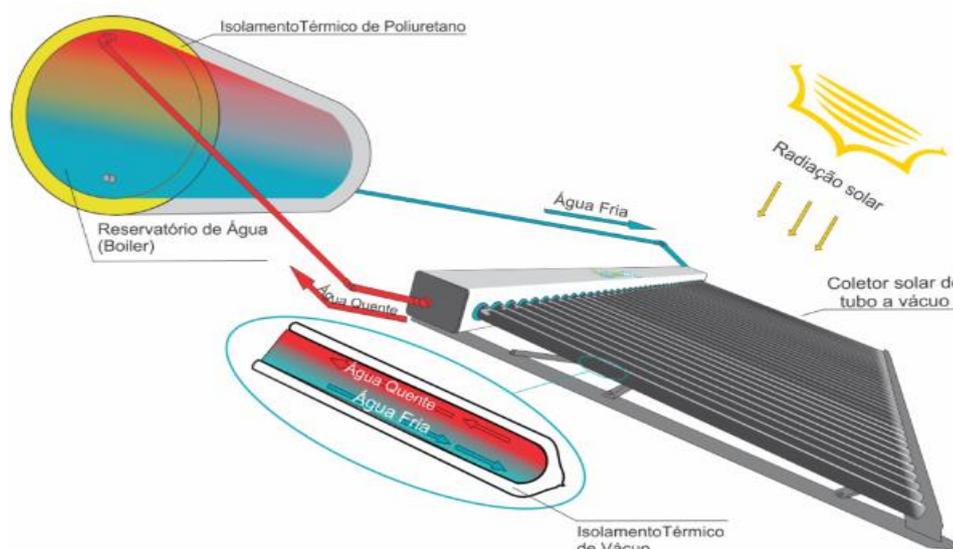
A “Vila São Barto” possui entre suas demandas a necessidade do aquecimento de água eficiente para atender os moradores que possuem casas com piscinas aquecidas, saunas a vapor e chuveiros. Atualmente, diversas são as tecnologias que propiciam o aquecimento da água de uma forma sustentável, o aquecedor solar é uma delas, que consiste em um equipamento composto por coletores solares e boiler (Figura 1):

- Coletor Solar- Utiliza os raios solares que incidem sobre o vidro do coletor solar e aquecem os tubos de metal que, geralmente, são feitos de cobre ou alumínio. Com os

tubos aquecidos, o calor é transferido para água que passa por dentro deles, aquecendo-a, e transferindo-a para o boiler.

- Boiler- Reservatório de água revestido por um isolante térmico que tem como função manter a água quente após o seu aquecimento. Os boilers são feitos de cobre ou polipropileno.

Figura 1 - Aquecedor solar de tudo a vácuo



Fonte: Franca (2017).

### 3.1.2 Energia Solar Fotovoltaica

O desenvolvimento da energia fotovoltaica ganhou força em 1973, devido à crise energética sofrida na época, mas, o alto custo inviabilizou a sua produção em massa e, consequentemente, a possibilidade de aquisição dos painéis solares pela sociedade. Com o aumento na quantidade de produção das células solares e o avanço da tecnologia dos semicondutores, o *Levelized Cost of Energy* - LCOE que é definido pela divisão dos custos totais do projeto, pela energia gerada ao longo de toda a operação em kWh diminuiu 88% entre 2010 e 2021, a partir de US\$ 0,417 kWh para US\$ 0,048 kWh, sendo 13% no ano de 2021 (IRENA, 2021).

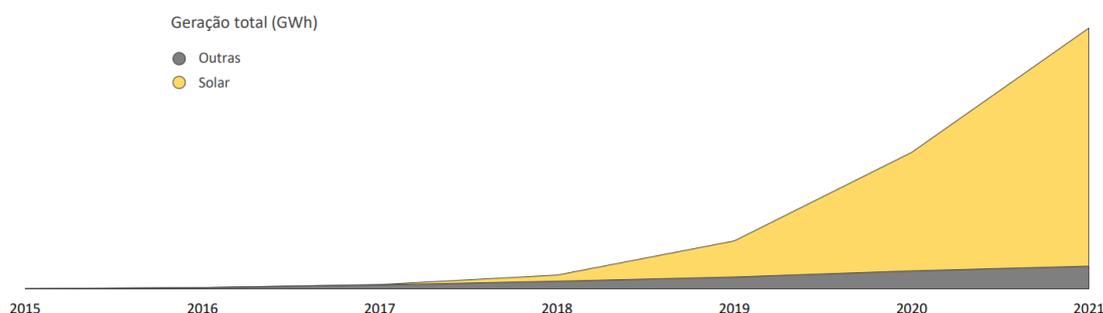
No presente trabalho, será considerada a geração distribuída que apresenta diversos benefícios como, baixo impacto ambiental, aumento na diversificação da matriz energética e redução de carga da rede. Esses benefícios fomentam o incentivo a utilização desse modelo de geração, em 2015, a ANEEL publicou a Resolução 687/2015, que possibilita a geração

distribuída conjunta, em que a energia gerada pode ser distribuída em mais de uma residência da mesma área de concessão (DANTAS; POMPERMAYER, 2018).

Segundo os dados do Balanço Energético Nacional, a Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) de 2021 apresentou aumento de 84% em relação a 2020, essa variação teve principal fonte responsável, a energia solar fotovoltaica, que contou com 88,3% da MMGD em 2021, Figura 2 (GOMES *et al.*, 2022).

A geração solar fotovoltaica segue em crescimento maior considerando as outras fontes de Micro e Minigeração Distribuída, como: gás natural, hidráulica e eólica. Sua capacidade instalada está localizada principalmente na região Centro-Sul, incluindo Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso (GOMES *et al.*, 2022).

Figura 2 - Gráfico de crescimento da geração solar fotovoltaica no Brasil (MMGD1)



Fonte: EPE (2022).

O sistema fotovoltaico funciona através de células que captam a energia solar e convertem em energia elétrica através de um processo chamado de efeito fotovoltaico. Um material semicondutor, geralmente o silício, entra em contato com a radiação solar ocorrendo uma movimentação de elétrons entre as camadas de energia. Nesse processo, a conversão sofre algumas perdas e apenas 13% da energia transforma-se em eletricidade (TORRES, 2018). Esse sistema é constituído por:

- Painel fotovoltaico: unidade de geração de energia formadas por painel e responsável por fazer a conversão de energia solar em elétrica;
- Caixa de junção: responsável por acomodar todo o circuito elétrico;
- Inversores CC-CA: Utilizada para transformar corrente contínua em corrente alternada;
- Disjuntor: Garante a integridade do sistema em possíveis descargas elétricas.

A energia solar fotovoltaica oferece um sistema mais limpo e eficiente, mas, alguns problemas podem ser encontrados ao considerarmos a produção de energia solar, a primeira questão é o custo ainda alto e os baixos incentivos e subsídios para a aquisição de painéis solares, outro desafio, é a grande quantidade de espaço adequado necessário para a implantação de uma usina fotovoltaica, como exemplo, a central fotovoltaica *Quaid-e-Azam Solar Park*, localizada no Paquistão, ocupa uma área de 500 acres de terra (JUDGE *et al.*, 2022).

As formas de disseminação da energia solar envolvem incentivos do governo, produção e baixa no preço dos recursos, além de disseminação de informação sobre esse tema. O crescimento de energia fotovoltaica está ligado a iniciativas interdependentes, que incluem um plano a longo prazo, incentivos fiscais e uma educação voltada para a área de energia solar fotovoltaica, que tenha o intuito de desenvolver profissionais aptos a trabalharem nesse segmento (CARSTENS; CUNHA, 2019).

### **3.2 Iluminação**

O engenheiro eletrotécnico é responsável por todo projeto luminotécnico de uma residência e, em sua execução, precisa considerar a eficiência energética ao mesmo tempo que, ofereça ao morador, boas condições de iluminação para realizar as tarefas do dia a dia. Para um sistema energeticamente eficiente é necessário alinhar consumo consciente com a potência que será utilizada, minimizando ao máximo o consumo de energia, sem reduzir o conforto das pessoas.

No projeto de iluminação alguns padrões podem ser seguidos para que o ambiente fique ainda mais adequado, o cálculo da luminância analisa os tipos e quantidade de lâmpadas utilizadas. A ABNT é responsável por estabelecer a iluminância (E) dos ambientes (Tabela 1), no projeto, também é necessário considerar o tamanho e as características do ambiente, essas condições irão influenciar no grau de reflexão (Tabela 2), que afeta diretamente na luz do ambiente.

Tabela 1- Iluminância em lux por atividade

Atividade	Iluminância
Atendimento ao público em bancos	300-500-750
Salas de leitura em bibliotecas	300-500-750
Salas de aula em escolas	200-300-500
Quadros negros em sala de aula	300-500-750
Escritórios de desenho, engenharia e arquitetura	750-1000-1500
Sala de estar- Residências	100-150-200
Cozinhas- Residências	100-150-200
Fogão, pia e mesa - Residências	200-300-500
Dormitórios- Residências	100-150-200
Espelho, penteadeiras e camas - Residências	200-300-500
Garagens, despensas, escadas - Residências	75-100-150
Banheiros - Residências	100-150-200
Espelhos em banheiros - Residências	200-300-500

Fonte: ABNT (1992).

Tabela 2- Grau de reflexão

Cor	Grau de reflexão
Branco	70 até 80%
Preto	3 até 7%
Cinza	20% até 50%
Amarelo	50% até 70%
Tipo de material	Grau de reflexão
Madeira	70 até 80%
Concreto	3 até 7%
Tijolo	20% até 50%
Rocha	50% até 70%

Fonte: ABNT (1992).

Algumas estratégias são utilizadas para alcançar essa eficiência, como: aproveitamento da luz natural do sol, sensores de movimento para locais em que há fluxo de pessoas, utilização de superfícies claras no ambiente para aumento da reflexão da luz e lâmpadas com alta eficiência.

Em 1879, a lâmpada foi inventada por Thomas Edison, com a evolução da tecnologia, outras formas de iluminação mais eficientes foram desenvolvidas e diversos tipos de lâmpada passaram a serem vendidas podendo ser utilizadas em residências, comércio e setor público. No presente trabalho, iremos listar 5 tipos e suas características:

- Incandescente - seu funcionamento ocorre através do aquecimento de um fio de tungstênio e ao ser energizado, emite luz, tendo uma eficiência energética de 8%. (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2015).
- Fluorescentes - a corrente elétrica gera uma liberação de elétrons que, ao entrar em contato com o argônio e o vapor de mercúrio, liberam fótons. Possuem uma durabilidade e uma maior economia de energia quando comparada às incandescentes, sua eficiência energética é de 32% (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2015).
- Halogênio - é um tipo de lâmpada incandescente, tendo uma potência na faixa de 41W e 60W, diferente das outras opções de lâmpadas incandescentes, sua venda não é proibida no Brasil.
- LED – São lâmpadas que possuem o diodo como emissor de luz visível e é capaz de acender inúmeras vezes. Possuem o nível de eficiência de até 90% e cerca de 50 mil horas de vida útil, tornando essa lâmpada a que tem o melhor custo-benefício. Possui um alto custo inicial de investimento, devido a tecnologia envolvida, mas que, ao considerar as suas vantagens, o gasto é recompensando por sua vida útil de 40000h e sua capacidade de iluminação. A lâmpada LED de 7W possui a mesma eficiência luminosa de uma incandescente de 60 W, economizando 53 Watts por hora (PAVANI, 2021).

Comparando a eficiência das lâmpadas (Tabela 3), é possível constatar que a lâmpada LED possui maiores vantagens ao considerar a sua vida útil e a sua luminosidade/eficiência luminosa, concluindo que é uma lâmpada mais econômica e eficiente.

Tabela 3 - Características Lâmpadas

Tipo de lâmpada	Vida útil (h)	Potência (W)	Luminosidade (lm)	Eficiência Luminosa (lm/W)
Incandescente	1000	100	1300	13
Fluorescente	6000	20	1280	64
LED	30000	15	1320	88

Fonte: Elaboração própria (2022).

### 3.3 Certificação Energética

A norma ISO (*International Organisation for Standardisation*) tem como função estabelecer e regulamentar um sistema de gestão. Elas trazem diversos benefícios que impactam na gestão de riscos, na utilização dos recursos e no sucesso do empreendimento. No contexto energético, a Europa publicou em 2001 a norma DS 2403:2001, posteriormente, foi elaborada

a ISO 14001:2004, seguida pela ISO 50001:2011 e por fim, a última versão, publicada em 21 de agosto de 2018, a ISO 50001:2018 (GONÇALVES, 2017).

A ISO 5001:2018 não é obrigatória e pode ser aplicada em qualquer organização, independente do seu tamanho, complexidade, localização geográfica, cultura e serviços ou produtos que ofereça. Essa norma, tem como vantagem para a organização um melhor gerenciamento da energia, tornando-as mais competitivas (ISO 50001, 2018).

A aplicação da norma é baseada no conceito de melhoria contínua e a metodologia do PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) é utilizada para a sua elaboração. O PDCA é constituído por 4 etapas (planejar, fazer, verificar, agir) e auxilia na gestão de projetos e processos. Aplicado à ISO, o PDCA é dividido em 4 etapas, com as seguintes definições:

- Planejar: entender a organização, quais ações devem ser tomadas visando cumprir as metas energéticas. Deve ser verificado o plano energético, estabelecer indicadores de desempenho energético (IDEs) e traçar objetivos buscando aprimorar a política energética da organização.
- Fazer: executar todos os processos e ações que foram elaborados na etapa de planejamento.
- Verificar: essa etapa consiste no monitoramento dos processos e ações, por meio de auditoria, medições e análise.
- Agir: aplicação de medidas para o tratamento de falhas e desvios, com o objetivo de exercer a melhoria contínua no processo.

A conclusão de todas as etapas, permite que a organização solicite uma auditoria externa para a aquisição do certificado. O cumprimento das diretrizes de maneira assertiva, traz como resultados, um melhor conhecimento das áreas energeticamente relevantes, a organização de orçamentos destinados à energia, uma maior conscientização e economias financeiras resultantes das medidas organizacionais.

Segundo dados *International Organization for Standardization* (ISO), o número de certificados- ISO 50001 emitidos no mundo em 2015, foi de 1.1985 (Tabela 4). O Brasil fechou o ano com a emissão de 33 certificados em 2015, 23 em 2014, 15 em 2013 e apenas 5 em 2012.

Tabela 4 - Número de certificados ISO 50.001 por país

<b>País</b>	<b>Certificações</b>
GERMANY	5931
UNITED KINGDOM	1464
FRANCE	500
ITALY	470
INDIA	405
SPAIN	390
CHINA	262
TAIPEI, CHINESE	262
AUSTRIA	220
THAILAND	138
RUSSIAN FEDERATION	118
KOREA, REPUBLIC OF	117
TURKEY	100
<b>Total Geral- Todos os Países do Mundo</b>	<b>11985</b>

Fonte: ISO (2015).

### 3.4 *Smart Grids* e aplicação no Brasil

A rede centralizada de energia no Brasil possui um mecanismo de funcionamento simples, a energia é enviada de forma unidirecional das hidrelétricas onde ela é gerada, para as linhas de alta tensão que levam a energia até as subestações e, por fim, aos comércios e setores públicos. Falhas e problemas no percurso são sanados de forma manual e com uma baixa utilização de tecnologia. A evolução desse sistema está em aplicar a tecnologia possibilitando um maior controle, fluxo de informações e versatilidade.

*Smart grid* ou rede inteligente é a integração entre energia (rede elétrica) e telecomunicações, que possibilita o envio de dados para melhor controle do sistema resultando na otimização da rede elétrica utilizando a automatização, com os dados coletados, é possível reconfigurar alguns processos com o intuito de atender da melhor maneira a demanda do cliente, impactando positivamente na confiabilidade da rede, em que há uma previsão melhor dos acontecimentos e a redução dos custos (DIAS; COSTA, 2013).

No conceito da geração distribuída, o *Smart Grid* torna-se ainda mais viável, considerando o menor custo de investimento e uma maior flexibilidade de alteração das redes. O SG (*Smart Grid*) tem, como um dos seus diversos benefícios, a possibilidade de aplicar o controle de carga, que pode alterar o fluxo de energia para uma unidade consumidora, essa estratégia, seria utilizada para situações em que o sistema estivesse em risco, protegendo todo o fluxo de energia de um possível colapso. Considerando o sistema de energia atual, não é possível realizar o controle de acordo com a necessidade do usuário, com a implantação do SG, o controle de carga pode ser gerido (DIAS; COSTA, 2013).

Outras características importantes do *Smart Grid*, também podem ser utilizadas em empreendimentos que possuem geração distribuída, segundo Morgana Cardoso (2018), são elas:

- Maior controle do consumidor nos processos e planejamento da rede;
- Melhor administração dos ataques na rede elétrica (físico ou ciber ataques);
- Maior qualidade da energia;
- Capacidade de integração entre variadas fontes de energia;
- Menor impacto ambiental devido à redução de perdas e fontes de baixo impacto;
- Redução de custos ao utilizar o mercado competitivo favorecendo a microgeração.

O Brasil possui diversos empreendimentos voltados à essa tecnologia, em 2010, a ANEEL aprovou o projeto “Programa Brasileiro de *Smart Grid*”, o diagnóstico resultante da pesquisa foi um baixo nível de automação no sistema de informação. O estudo também abrangeu a visão dos consumidores, que não conhecem o conceito de rede inteligente, e as concessionárias de eletricidade, que buscam novas tecnologias a fim de otimizar as redes. O projeto visa investir de US\$ 15 a 30 bilhões em SG, até 2030. O investimento visando fomentar a expansão do *Smart Grid* em larga escala no país, é alto, incluindo ações, como: redes e medição inteligente, tarifa branca, fornecimento de internet banda larga por rede de distribuição, e georreferenciamento do sistema de distribuição (SANTO *et al.*, 2015).

A necessidade de automatização na transmissão e geração de energia é discutida, mas, o foco está na distribuição, que conta com a implantação de projetos pilotos buscando automatizar esses sistemas e conscientizar o consumidor através de medidores inteligentes e aplicativos, essas propostas podem demorar décadas para a implementação. A Figura 3 representa os principais projetos voltados à *Smart Grid*.

Figura 3- Localização projetos *Smart Grid*



Fonte: Santo *et al.* (2015)

Os projetos, estão voltados para o estudo de geração distribuída renovável e mobilidade. Suas características são definidas pelos quesitos (SANTO *et al.*, 2015):

- Possuem uma medição inteligente, associando energia e telecomunicação, podendo também usar tarifas por hora (exceto para Vargem Grande Cidade Paulista);
- Os projetos contam com a automação da rede, de modo a detectar falhas de energia, a tecnologia também permite uma auto recuperação da falha (exceto o Projetos Aparecida e Fernando de Noronha);
- A minoria dos projetos, tiveram a possibilidade de interação dos consumidores com a cadeia energética via web (Barueri, Sete Lagoas e Parintins);
- O conceito de iluminação pública inteligente foi implementado em Búzios, Aparecida e Fernando de Noronha;
- A avaliação de sustentabilidade ambiental foi analisada em Fernando de Noronha;
- O projeto em Curitiba contou com a medição de outras variáveis além da energia, como água e gás;
- Barueri, Sete Lagoas e Curitiba, por serem consideradas regiões maiores e com redes mais complexas, tiveram o foco em medição inteligente, automação de rede, autocorreção e tarifas.

O desenvolvimento de sistemas mais modernos na rede de energia não garante um projeto 100% efetivo, sendo necessário a interação com o consumidor para que ele possa contribuir com a redução no consumo e a utilização de forma sustentável. Nesse contexto, políticas e ações públicas devem ser tomadas para facilitar a implementação do projeto, seja por meio da influência social, em que um indivíduo segue as ações da sociedade, por meio da consciência ambiental, em que, pessoas adotam ações por estarem preocupadas com as mudanças ambientais e o aquecimento global ou da expectativa de desempenho, representada por indivíduos que acreditam que o sistema lhe trará ganhos pessoais (GUMZ *et al.*, 2022).

## 4 ANÁLISE DOS CENÁRIOS

### 4.1 Caracterização da Condomínio

O condomínio de pequeno porte nomeado de “Vila São Barto” está localizado ao Sul do distrito de São Bartolomeu e ocupa uma área total de 33.718,33 m<sup>2</sup>, composta por:

- Área dos lotes de (19.857,63 m<sup>2</sup>);
- Área institucional (1.725,95 m<sup>2</sup>);
- Área sistema viário (4.556,81 m<sup>2</sup>);
- Área de espaço livre público (7.778,84 m<sup>2</sup>).

Ao leste do lote é possível encontrar uma vegetação nativa e protegida por órgãos ambientais, sendo proibido qualquer tipo de alteração. Ao lado oeste, o terreno faz divisa com moradores do distrito, em sua maioria, aposentados que se mudaram em busca de uma melhor qualidade de vida.

Figura 4 - Lote Condomínio “Vila São Barto”

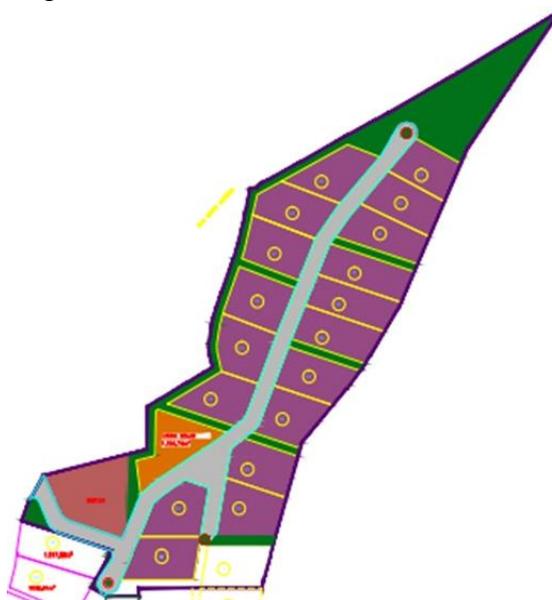


Fonte: Cardoso (2020).

O terreno foi dividido em 18 lotes destinados à venda e 2 para a área administrativa, que não será considerada no projeto. Na Figura 5, é possível observar a divisão dos lotes.

Na região sul do terreno 6 lotes já foram vendidos, sendo 4 deles construídos e 2 em construção. Os lotes a venda estão localizados na parte norte e totalizam 12 setores.

Figura 5 - Divisão Lotes “Vila São Barto”



Fonte: Cardoso (2020).

#### 4.2 Simulação de Cenários

A simulação de 6 cenários foi descrita no presente trabalho, considerando as 18 construções do condomínio. Estima-se que a média de moradores será de 3 pessoas por casa, totalizando 54 residentes, as casas têm o intuito de serem utilizadas por moradores de Belo Horizonte e região que pretendem mudar-se para São Bartolomeu após aposentadoria.

A iluminação das áreas de convivência e das ruas também serão consideradas como, iluminação de postes e iluminação decorativa. Os cenários são constituídos pela utilização de placas fotovoltaicas, aquecedores solares e lâmpadas eficientes. A composição dos cenários será dividida em:

- Cenário 1: Utilização de placas fotovoltaicas para fornecimento de energia elétrica.
- Cenário 2: Cenário Atual.
- Cenário 3: Utilização de placas fotovoltaicas e lâmpadas LED.
- Cenário 4: Análise das lâmpadas mais eficientes.
- Cenário 5: Utilização de placas fotovoltaicas e aquecedores solares.
- Cenário 6: Utilização de aquecedores solares para chuveiro, piscina e sauna.
- Cenário 7: Utilização das lâmpadas eficientes, aquecimento solar e energia fotovoltaica.
- Cenário 8: Utilização das lâmpadas eficientes e aquecimento solar.

### **4.2.1 Consumo de energia**

No presente trabalho, será realizada a simulação do consumo de energia, a modelagem é baseada no cálculo do consumo dos moradores das residências da “Vila São Barto” através de observações, coleta de informações dos aparelhos utilizados e o hábito de consumo dos habitantes.

As simulações foram calculadas considerando as 18 casas do condomínio com uma média de 3 pessoas. Os aparelhos eletrônicos documentados, foram: aparelho de som, carregador de celular, chuveiro elétrico, ferro de passar, geladeira, lâmpada incandescente, liquidificador, máquina de lavar, sauna elétrica, *air fryer*, lava louça, piscina aquecida, micro-ondas, ar-condicionado, televisão, notebook e liquidificador. A partir desse diagnóstico, foi observado o hábito de uso durante a semana e o final de semana, a fim de obter a quantidade de horas ligadas de cada aparelho.

### **4.2.2 Cenário Atual**

A partir do levantamento das informações de eficiência e hábito de uso dos aparelhos, foi definida a curva de carga de energia elétrica no Cenário Atual (Tabela 5), a cada hora ao longo de um dia.

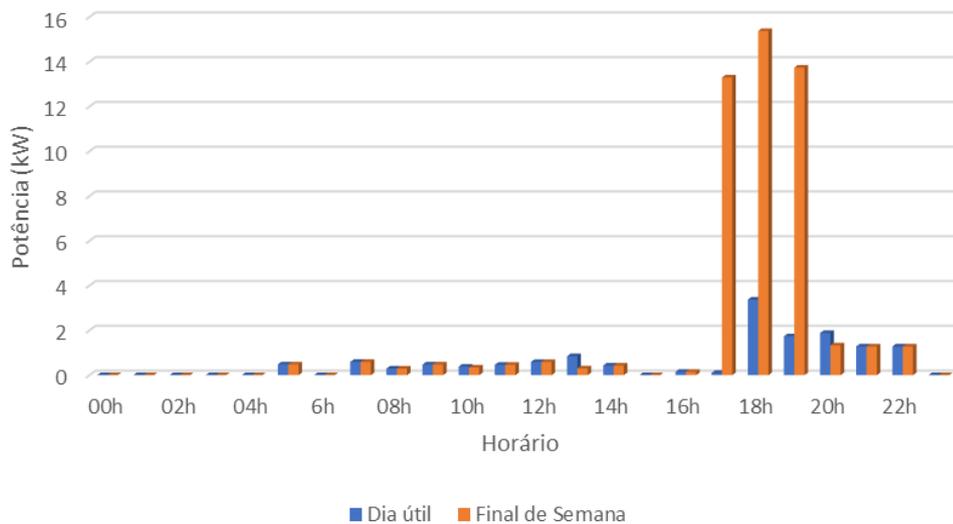
Ao analisarmos os valores resultantes ao longo da semana e final de semana, podemos constatar uma grande diferença de kWh, isso é explicado, ao consideramos o uso da piscina aquecida e da sauna elétrica, que são ligados aos finais de semana no período da noite para maior comodidade, esse contexto, resulta em um alto crescimento do consumo, sabendo que uma piscina aquecida possui um gasto de 24 kWh e a sauna 12 kWh.

Tabela 5 - Cenário atual (kW/h)

Hora	Dia útil	Final de Semana
00h	0	0
01h	0	0
02h	0	0
03h	0	0
04h	0	0
05h	0,48	0,48
6h	0	0
07h	0,59	0,59
08h	0,295	0,295
09h	0,475	0,475
10h	0,38	0,3449
11h	0,462	0,462
12h	0,5875	0,5875
13h	0,85	0,3
14h	0,43	0,43
15h	0	0
16h	0,15	0,15
17h	0,1	13,3
18h	3,375	15,375
19h	1,7375	13,7375
20h	1,88	1,33
21h	1,28	1,28
22h	1,28	1,28
23h	0	0
1 casa	14,352	50,4169
18 casas	258,336	907,5042

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 6 - Curva de carga Cenário Referência



Fonte: Elaboração própria (2022).

#### 4.2.3 Análise de utilização de lâmpadas mais eficientes

No contexto de economia de energia, devemos considerar também a utilização de lâmpadas energeticamente eficientes. Para isso, após o estudo de lâmpadas com o melhor custo-

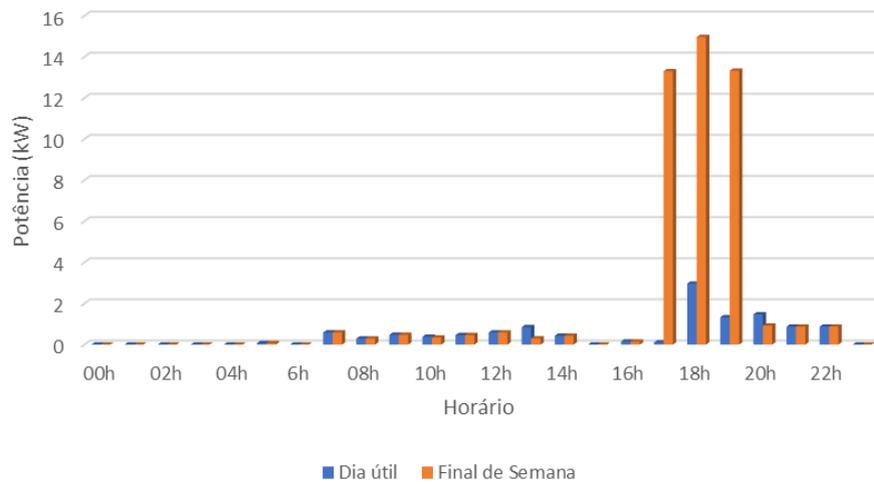
benefício, foi considerada a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED. A curva de carga resultante dessa alteração está representada na Tabela 6.

Tabela 6 - Substituição lâmpada LED (kw/h)

Hora	Dia útil	Final de Semana
00h	0	0
01h	0	0
02h	0	0
03h	0	0
04h	0	0
05h	0,072	0,072
6h	0	0
07h	0,59	0,59
08h	0,295	0,295
09h	0,475	0,475
10h	0,38	0,3449
11h	0,462	0,462
12h	0,5875	0,5875
13h	0,85	0,3
14h	0,43	0,43
15h	0	0
16h	0,15	0,15
17h	0,1	13,3
18h	2,967	14,967
19h	1,3295	13,3295
20h	1,472	0,922
21h	0,872	0,872
22h	0,872	0,872
23h	0	0
1 casa	11,904	47,9689
18 casas	214,272	863,4402

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 7 - Curva de carga- Lâmpada LED



Fonte: Elaboração própria (2022).

#### 4.2.4 Utilização de aquecedor solar de água

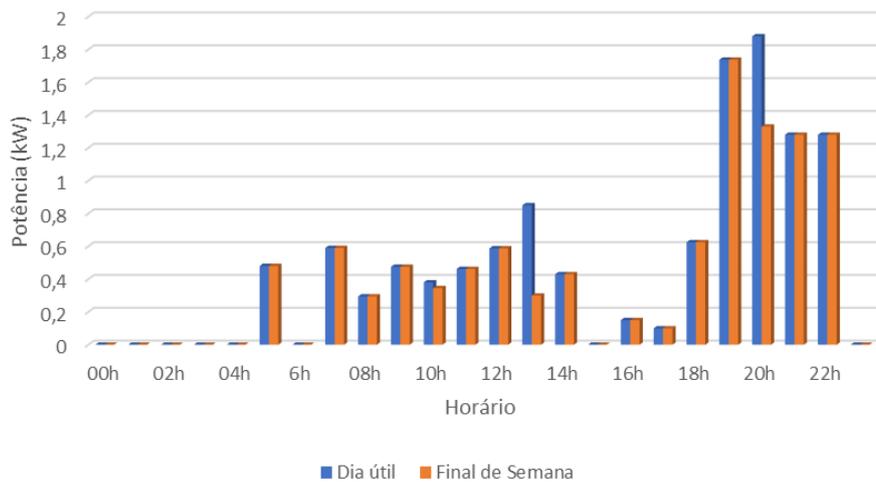
A curva de carga do cenário referência permite constatar que grande parte da energia utilizada provém do aquecimento de água, quase um terço do consumo diário está relacionado ao aquecimento da piscina, utilização da sauna e chuveiro.

Tabela 7 - Utilização aquecedor solar (kw/h)

Hora	Dia útil	Final de Semana
00h	0	0
01h	0	0
02h	0	0
03h	0	0
04h	0	0
05h	0,48	0,48
6h	0	0
07h	0,59	0,59
08h	0,295	0,295
09h	0,475	0,475
10h	0,38	0,3449
11h	0,462	0,462
12h	0,5875	0,5875
13h	0,85	0,3
14h	0,43	0,43
15h	0	0
16h	0,15	0,15
17h	0,1	0,1
18h	0,625	0,625
19h	1,7375	1,7375
20h	1,88	1,33
21h	1,28	1,28
22h	1,28	1,28
23h	0	0
1 casa	11,602	10,4669
18 casas	208,836	188,4042

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 8 - Curva de carga - Aquecedor Solar



Fonte: Elaboração própria (2022).

A Tabela 7 nos permite analisar a demanda de energia a partir da utilização de aquecedores solares, que terão grande impacto no consumo de energia, considerando principalmente o final de semana, com redução de 74% do consumo em kWh.

#### 4.2.5 Cenário utilização de lâmpadas eficientes e aquecimento solar

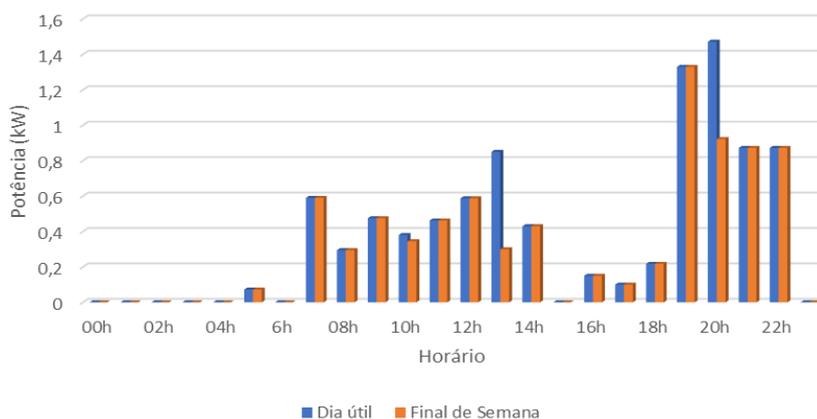
Esse cenário nos permite analisar a utilização de lâmpadas LED e aquecimento solar em conjunto, na curva de carga (Tabela 8) podemos observar a redução do consumo com a substituição nesses dois aspectos.

Tabela 8 - Utilização aquecedor solar e LED (kw/h)

Hora	Dia útil	Final de Semana
00h	0	0
01h	0	0
02h	0	0
03h	0	0
04h	0	0
05h	0,072	0,072
06h	0	0
07h	0,59	0,59
08h	0,295	0,295
09h	0,475	0,475
10h	0,38	0,3449
11h	0,462	0,462
12h	0,5875	0,5875
13h	0,85	0,3
14h	0,43	0,43
15h	0	0
16h	0,15	0,15
17h	0,1	0,1
18h	0,217	0,217
19h	1,3295	1,3295
20h	1,472	0,922
21h	0,872	0,872
22h	0,872	0,872
23h	0	0
1 casa	9,154	8,0189
18 casas	164,772	144,3402

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 9 – Curva de carga – Lâmpada LED e aquecedor solar



Fonte: Elaboração própria (2022).

#### 4.2.6 Cenário utilização de lâmpadas eficientes espaço comunitário

A “Vila São Barto” possui um espaço comunitário destinado à convivência dos moradores, que podem interagir e realizar eventos. Esse espaço conta com um sistema de iluminação com 25 lâmpadas, incluindo: iluminação decorativa, iluminação para o jardim e iluminação da área para os moradores.

O condomínio também possui com um sistema de luminárias para as áreas de circulação em que há passagem de carros e de pedestres. Foram constatadas 50 lâmpadas no condomínio, que percorrem os quase 8 mil metros quadrados de área comum.

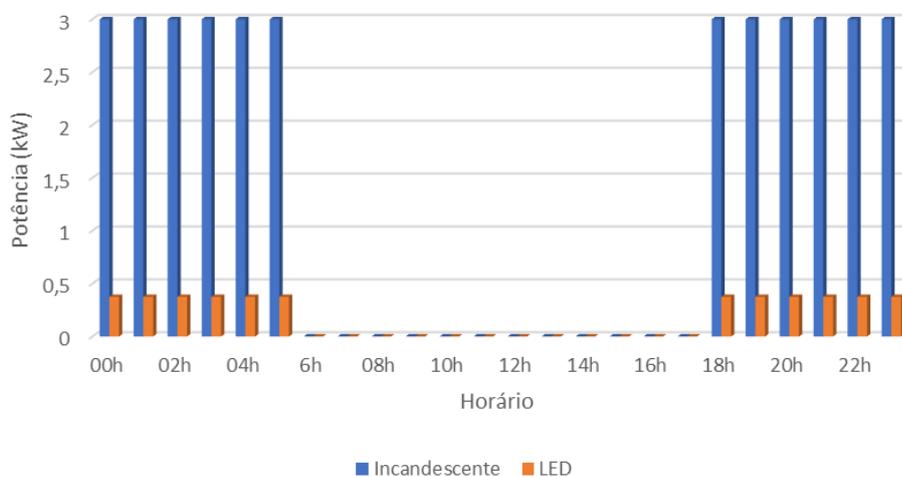
O cálculo foi realizado a partir da substituição de 75 lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED, considerando a utilização entre o período de 18h até 6h. A tabela 9 apresenta o comparativo entre a lâmpada incandescente e a lâmpada LED, nos quesitos de potência, média de utilização e consumo diário em Kwh. Na figura 10, é possível observar a curva de carga comparativa entre lâmpadas LED e incandescentes.

Tabela 9 - Comparação lâmpada LED e incandescente

APARELHOS	POTÊNCIA DO APARELHO (W)	QUANTIDADE DE APARELHOS	POTÊNCIA TOTAL (Kw)	Média de utilização por dia (h)	Consumo diário (kWh)
Lâmpada incandescente	80	75	6	6	36
Lâmpada LED	12	75	0,9	5	4,5

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 10 - Curva de carga - Lâmpada LED e Incandescente



Fonte: Elaboração própria (2022).

Nessa situação, em que há um fluxo itinerante de pessoas, deve ser considerado a implementação de sensores de luz, em que, quando não há movimento de pessoas, a luz permanece apagada.

### **4.3 Premissas utilizadas para a elaboração dos cenários**

#### **4.3.1 Tarifas de energia**

A tarifa da energia elétrica é calculada considerando os custos de operação do sistema, que permite a disponibilidade de energia ao longo do dia e o custo de expansão da distribuição e transmissão. Os custos de operação, manutenção e perdas elétricas da rede também são considerados ao pagarmos a conta de luz, assim como, os impostos, como: Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para o financiamento da Seguridade Social (Cofins), podendo chegar a até 40% do valor da conta em algumas regiões do país (DANTAS; POMPERMAYER, 2018).

A Companhia Energética de Minas Gerais atua nas áreas de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, possui sua sede em Belo Horizonte e é responsável pela distribuição de energia em Minas Gerais.

O empreendimento da “Vila São Barto” enquadra-se na modalidade tarifária convencional, que é segmentada por bandeiras definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. As bandeiras possuem valores diferentes de acordo com as condições de geração de energia, considerando épocas de seca, em que os reservatórios das hidrelétricas estão mais vazios, e épocas em que há maior frequência de chuva, sendo classificadas, como (Bandeiras tarifárias - julho de 2022 a junho de 2023): (CEMIG, 2022).

- Bandeira Verde- Condições favoráveis de geração, sem custo adicional;
- Bandeira Amarela - Condições menos favoráveis, R\$ 2,989 a cada 100 quilowatts-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira Vermelha 1 - Condições desfavoráveis, R\$ 6,500 a cada 100 kWh consumidos;
- Bandeira Vermelha 2 - Condições muito desfavoráveis, R\$ 9,795 a cada 100 kWh consumidos.

Consideraremos os impostos como 30% do valor fornecido pela CEMIG (Tabela 10), sendo assim, a tarifa se equivale a 0,849069 R\$/kWh. A Tabela 10 representa o grupo tarifário

B1, esse grupo é composto por consumidores que utilizam uma tensão inferior e 2.300V e engloba residências, lojas, e imóveis rurais.

Tabela 10 - Preço Consumo R\$/kWh - Sem Impostos

B1 -Residencial Normal	Bandeira Verde	Bandeira Amarela	Bandeira Vermelha 1	Bandeira Vermelha 2	Bandeira Escassez Hídrica
Residencial Normal (Consumo R\$/kWh)	0,65313	0,68002	0,71513	0,74808	0,79303

Fonte: CEMIG (2022).

#### 4.3.2 Nível de Insolação

O Brasil, devido a sua grande extensão, possui diferentes níveis de insolação de acordo com a região. Ao estudar a utilização da energia solar, é de extrema importância considerar a localização geográfica para o melhor aproveitamento em termos energéticos. O Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) disponibiliza um mapa interativo que permite consultar os dados de irradiação em todo o Brasil. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017), a região de Ouro Preto, possui os seguintes valores:

Tabela 11 - Médias do Total Diário da Irradiação (Wh/m<sup>2</sup>.dia)

	Anual	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Média total diário da Irradiação Global Horizontal (Wh/m <sup>2</sup> .dia)	4825	5594	5825	4909	4429	3937	3829	4017	4946	5108	5161	4792	5352
Média total diário da Irradiação no Plano Inclinado (Wh/m <sup>2</sup> .dia)	5043	5074	5562	5047	4944	4715	4779	4943	5743	5416	5040	4454	4802
Média total diário da Irradiação no Difusa (Wh/m <sup>2</sup> .dia)	2080	2616	2458	2297	1914	1562	1405	1392	1576	1901	2343	2721	2774

Fonte: Elaboração própria (2022).

#### 4.3.3 Custos de Investimento

Considerando a geração de energia através de placas fotovoltaicas, é necessário analisarmos os custos de captação pelas placas coletoras e o custo de conversão realizado pelo inversor que transforma a corrente contínua para corrente alternada com a mesma tensão e frequência da energia advinda da rede elétrica. Por fim, o consumo, em que, caso a energia fornecida seja menor do que a consumida, o excedente pode ser injetado na rede e se torna crédito com validade de 60 meses.

Considerando a quantidade de casas no empreendimento seria viável a implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica em conjunto, dentro desse contexto, foi realizada uma pesquisa com as principais marcas e preços de placas fotovoltaicas e inversores, obtendo os seguintes dados:

Tabela 12 - Valores Investimento – Placa Fotovoltaica

	Marca	Valor - R\$
Placa Fotovoltaica	Kript	1.700
Inversor	Solis	8.000

Fonte: Elaboração própria (2022).

O aquecedor solar de água deve ser calculado por casa, cada uma deve conter um aparelho, totalizando 18. A quantidade de lâmpadas LED foi analisada considerando as casas e a área de convivência, totalizando 291 lâmpadas. Na Tabela 13, foi realizada uma análise dos preços no mercado afim de chegar em um valor médio desses produtos.

Tabela 13 - Valores Investimento - LED e Aquecedor Solar

	Valor - R\$
Aquecedor Solar	2.000
Lampada LED	16

Fonte: Elaboração própria (2022).

#### 4.4 Configurações Iniciais do *Software* HOMER

No presente trabalho serão simulados os cenários utilizando o *software* HOMER, inicialmente, os parâmetros utilizados foram definidos considerando:

- Taxas de desconto: 10%
- Taxa de inflação: 6%
- Localização do projeto: São Bartolomeu – MG (Figura 11).
- Tempo de projeto: 25 anos
- Horário referência: Brasília

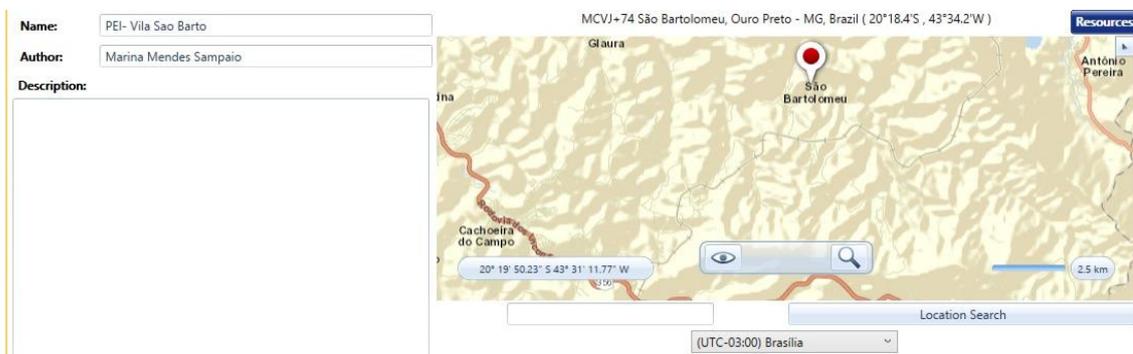
O tempo do projeto foi definido a partir da duração de uma placa solar, aproximadamente 25 anos. Para a taxa de desconto, foi considerada a SELIC somada ao prêmio de risco (valor que um investimento de risco rende a mais comparado a um sem risco),

resultando em 10%. A taxa de inflação foi definida a partir da média de inflação dos últimos 11 anos, resultando em 6,11% (Equação 1).

TI= Taxa Inflação

$$TI = \frac{6,5\% + 5,84\% + 5,91\% + 6,41\% + 10,67\% + 6,29\% + 2,95\% + 3,75\% + 4,31\% + 4,52\% + 10,06}{11} \quad (1)$$

Figura 11 - Configurações de Localização



Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

Os dados obtidos nas curvas de carga do Cenário Referência foram utilizados na simulação no HOMER Pro, como mostra a Figura 12. Os dados da rede de energia elétrica foram parametrizados em:

- Grid Power Price (\$/kWh): 0,849069.
- Grid Net Excess Price (\$/kWh): 0.

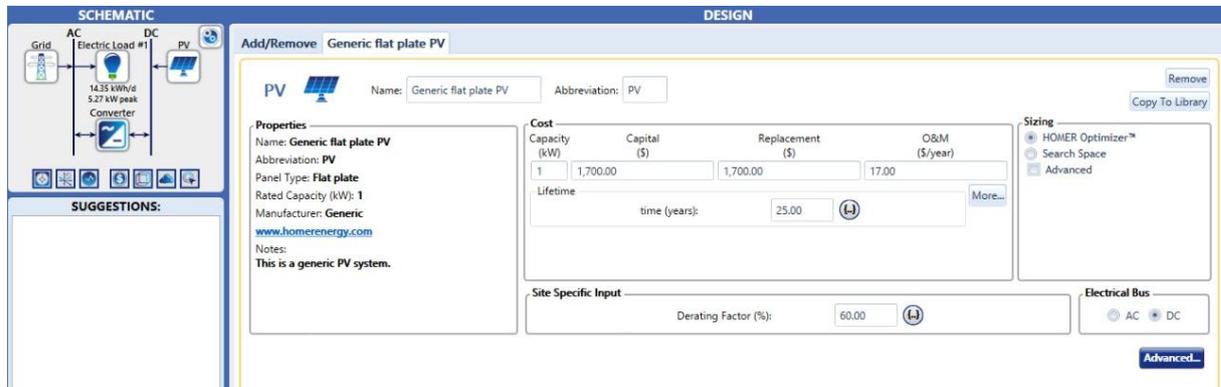
Figura 12 - Configuração da carga de consumo



Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

Os dados referentes à placa fotovoltaica, como o preço, também foram considerados ao realizar a simulação (Figura 13). Foram incluídos também os dados do inversor (Figura 14). A partir desses parâmetros, será possível avaliar as características técnico-econômicas e a emissão de dióxido de carbono.

Figura 13 - Configuração Placa Fotovoltaica



Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

Figura 14 - Configuração Inversor



Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

#### 4.5 Modelagem dos Cenários

O programa HOMER será utilizado para simular os cenários mencionados, com a utilização de: placas fotovoltaicas para fornecimento de energia elétrica, lâmpadas LED e aquecedores solares.

#### 4.5.1 Cenários Referência e Placas Fotovoltaicas

A primeira simulação considera a utilização de placas fotovoltaicas e o cenário referência, nesse contexto, obtemos os resultados mostrados na Figura 15 e 16, considerando o cenário 1 apenas a utilização de energia solar fotovoltaica e o número 2 o cenário referência.

Figura 15 - Dados econômicos cenário referência e energia fotovoltaica

		Architecture					
Cenários		PV (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)
1-	  	93.8	999,999	40.1	CC	\$321,693	\$0.118
2-	 		999,999		CC	\$1.28M	\$0.849

Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

A simulação nos permite constatar que o cenário que possui instalação de energia fotovoltaica, necessita de 94 placas, uma média de 5 placas por casa. Sobre os valores de investimento, esse cenário possui o *Net Present Cost* (NPC) ou Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 321.693 e o cenário referência de R\$ 1.280.000. (Figura 15).

Figura 16 - Tempo de *payback* cenário energia fotovoltaica

Metric	Value
Present worth (\$)	\$957,733
Annual worth (\$/yr)	\$59,848
Return on investment (%)	29.0
Internal rate of return (%)	34.2
Simple payback (yr)	2.88
Discounted payback (yr)	3.11

Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

O investimento, segundo a simulação, teria um tempo de retorno de aproximadamente 3 anos, considerando os custos com a implantação da energia fotovoltaica (Figura 16).

#### 4.5.2 Cenários placas fotovoltaicas e lâmpadas LED

A modelagem do cenário de placa fotovoltaicas e substituição de lâmpadas por LED, nos permite realizar a comparação entre os resultados. O cenário 4 que considera apenas a troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED e o cenário 3 “LED + Fotovoltaica”, que considera tanto a troca das lâmpadas, quanto a inclusão de placas fotovoltaicas, obtendo os resultados apresentados nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 - Dados econômicos placas fotovoltaicas e lâmpadas LED

Cenários	Architecture						NPC (\$)	COE (\$)	
				PV (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)			Dispatch
3-				81.5	999,999	31.4	CC	\$267,723	\$0.119
4-					999,999		CC	\$1.06M	\$0.849

Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

O cenário que apresenta a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED apresenta uma redução no número de placas fotovoltaicas necessárias, considerando que a energia gasta é menor, nesse contexto, são necessárias aproximadamente 82 placas.

A simulação nos apresenta o valor para a implantação do sistema com as placas fotovoltaicas e lâmpadas LED, para o cálculo do VPL é necessário considerar o valor de aquisição das lâmpadas LED, sendo 291 lâmpadas por uma média de 16 reais cada, resultando em um investimento de R\$ 4.665. Nesse contexto, há o investimento de R\$ 267.723 somado a R\$ 4.665 para o cenário “LED + FV”, resultando em R\$ 272.388 e o cenário Lâmpadas LED resultando em R\$ 1.064.665.

Figura 18 - Tempo de *payback* Cenário placas fotovoltaicas e lâmpadas LED

Metric	Value
Present worth (\$)	\$793,506
Annual worth (\$/yr)	\$49,586
Return on investment (%)	28.5
Internal rate of return (%)	33.6
Simple payback (yr)	2.93
Discounted payback (yr)	3.17

Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

O investimento, segundo a simulação, teria um tempo de retorno de aproximadamente 3 anos, considerando os custos com a implantação da energia fotovoltaica (Figura 18).

### 4.5.3 Cenário placas fotovoltaicas e aquecimento solar de água

A modelagem do cenário de placa fotovoltaicas e a instalação do sistema de aquecimento solar da água nos permite uma comparação entre a proposta que considera apenas o aquecimento solar da água (cenário 6) e o que possui “aquecimento solar + fotovoltaica” (cenário 5), obtendo os resultados apresentados nas Figuras 19 e 20.

Figura 19 - Dados econômicos cenários: aquecimento solar da água e energia fotovoltaica

Cenários	Architecture						NPC (\$)	COE (\$)	
				PV (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)			Dispatch
5-				77.7	999,999	31.3	CC	\$259,844	\$0.129
6-					999,999		CC	\$1.03M	\$0.849

Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

O cenário considerando a utilização de boiler, coletor solar e placas fotovoltaicas é o que apresenta maior redução quando analisamos o consumo total de energia das residências, isso acontece, pela forte influência do aquecimento das piscinas e da sauna, em que há um alto gasto energético. Nesse contexto, a utilização de placas fotovoltaicas passa a ser de 78.

Ao calcularmos o VPL dos cenários acima, é necessário acrescentar o valor do aquecedor solar multiplicado pelas 18 residências, considerando que cada residência possui um aquecedor e o preço médio desse item é de R\$ 2.000, temos os valores de R\$ 295.844 para o cenário que há utilização de PV e R\$ 1.106.600 para o cenário “aquecimento solar da água”.

Figura 20 - Tempo de *payback* cenário: aquecimento solar e energia fotovoltaica

Metric	Value
Present worth (\$)	\$771,631
Annual worth (\$/yr)	\$48,219
Return on investment (%)	28.7
Internal rate of return (%)	33.8
Simple payback (yr)	2.91
Discounted payback (yr)	3.14

Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

Em relação ao *payback*, seriam necessários aproximadamente 3 anos para o retorno do investimento.

#### 4.5.4 Cenário placas fotovoltaicas, aquecimento solar de água e lâmpada LED

Por último, apresentamos a simulação do cenário 8, que inclui aquecimento solar da água e utilização de lâmpadas LED e o cenário 7 - “aquecimento solar + LED + fotovoltaica”, que considera todos as opções de implantação estudadas no trabalho, nas Figuras 21 e 22 é possível comparar os resultados.

Figura 21 - Dados econômicos: aquecimento solar da água, energia fotovoltaica e LED

Cenários	Architecture						NPC (\$)	COE (\$)	
				PV (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)			Dispatch
7-				62.9	999,999	24.0	CC	\$205,958	\$0.127
8-					999,999		CC	\$818,237	\$0.849

Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

O cenário 7 apresenta a maior redução de placas fotovoltaicas de todas as simulações realizadas, sendo necessárias 63 placas. Para o cálculo de VPL desse cenário, foram considerados os custos das lâmpadas LED e do aquecedor solar da água. Considerando os custos adicionais multiplicado pelas 18 residências, o VPL será de R\$ 241.958 para o cenário 7 e R\$ 854.237 para o cenário 8.

Figura 22 - Tempo de *payback* - aquecimento solar da água, energia fotovoltaica e LED

Metric	Value
Present worth (\$)	\$612,279
Annual worth (\$/yr)	\$38,261
Return on investment (%)	28.6
Internal rate of return (%)	33.6
Simple payback (yr)	2.93
Discounted payback (yr)	3.16

Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

Em relação ao *payback*, seriam necessários aproximadamente 3 anos para o retorno do investimento.

#### 4.6 Emissão de CO<sub>2</sub>

Estudos apontam que com o aumento de 1% da população, há o crescimento de 1,026 % nas emissões de CO<sub>2</sub>, o consumo de energia renovável está relacionado a emissão de gás carbônico na atmosfera e, quanto maior o número de empreendimentos que utilizam a energia renovável, menor a emissão de gases nocivos na atmosfera (COSTA, 2019).

O projeto “Vila São Barto” possui como proposta ser um empreendimento sustentável, dentro desse contexto, é necessário considerar a emissão de gases poluentes na atmosfera pela geração de energia e elaborar propostas para que haja uma compensação. Diversas são as formas para a emissão zero de CO<sub>2</sub>, iremos considerar no presente trabalho o plantio de árvores próximas à construção, chamadas de pulmão “verde”.

Pesquisas indicam que uma árvore pode captar até 249,6 kg CO<sub>2</sub> em 20 anos, o estudo analisou quatro espécies da Mata Atlântica (LACERDA, 2009). Outro estudo, aponta que uma floresta com mais de 80 anos pode absorver 150 toneladas de carbono por hectare e, para áreas reflorestadas, considerando uma árvore com idade entre 5 a 10 anos, esse valor é de até 25 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare anualmente (TANIZAKI, 2019).

O programa Homer nos informa os dados de emissão de CO<sub>2</sub> em cada cenário (Figura 23), com esses dados, é possível verificar a emissão de gás carbono em quilogramas por ano e implementar um plano de ação baseado no plantio de árvores para a anulação de emissão de CO<sub>2</sub>.

Figura 23 - Emissão de CO<sub>2</sub> Cenário Referencia

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	8,475	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	0	kg/yr
Nitrogen Oxides	0	kg/yr

Fonte: Elaboração própria a partir de HOMER Pro (2022).

O plantio de árvore pode compensar a emissão de CO<sub>2</sub>, considerando essa premissa, é necessário o cultivo de acordo com a necessidade de cada cenário. Por ser um empreendimento novo, iremos considerar árvores recém-plantadas, com idade entre 5 e 10 anos que capturam aproximadamente 16 quilos de CO<sub>2</sub> por ano. A Tabela 14 possui os dados de emissão de CO<sub>2</sub> em todos os cenários, a partir dessa informação, fizemos o cálculo aproximado de quantas árvores são necessárias para a compensação do carbono (Tabela 15).

Tabela 14 - Emissão de CO<sub>2</sub> por cenário

Emissao de CO2 na atmosfera	
Cenários	kg/ano
Referencia	8.470
Energia Fotovoltaica	6.840
Lampadas LED	7.030
Lampadas LED + Energia Fotovoltaica	5.550
Aquecedor Solar	6.830
Aquecedor Solar + Energia Fotovoltaica	4.460
Aquecedor Solar + LED	5.420
Aquecedor Solar + LED + Energia Fotovoltaica	3.680

Fonte: Elaboração própria (2022).

Tabela 15 – Número de árvores necessárias por cenário para compensação de CO<sub>2</sub>

Cenários	N. de árvores
Referencia	529
Energia Fotovoltaica	428
Lampadas LED	439
Lampadas LED + Energia Fotovoltaica	347
Aquecedor Solar	427
Aquecedor Solar + Energia Fotovoltaica	279
Aquecedor Solar + LED	339
Aquecedor Solar + LED + Energia Fotovoltaica	230

Fonte: Elaboração própria (2022).

#### 4.7 Comparativo entre os Cenários

As simulações fornecem informações a respeito do custo inicial, tempo de retorno do investimento e VPL, com esses dados, conseguimos constatar a redução dos custos e verificar o cenário mais vantajoso (Tabela 16). O cálculo da redução de custos foi realizado considerando o cenário referência, que possui um VPL de 1.28 milhões de reais com os respectivos cenários.

Tabela 16 – Comparativo Dados Econômicos dos Cenários

Cenários	Cenários	Custo Inicial - R\$	Payback - ano	VPL - R\$	Redução Custos
1	Energia fotovoltaica	223.606	3.11	321.693	74%
2	Referencia			1.280.000	
3	Lampadas LED + Energia fotovoltaica	188.770	3.17	272.388	78%
4	Lampadas LED			1.064.665	16%
5	Aquecedor Solar + Energia fotovoltaica	182.183	3.14	295.844	76%
6	Aquecedor Solar			1.106.600	13%
7	Aquecedor Solar + LED + Energia fotovoltaica	145.460	3.16	241.958	81%
8	Aquecedor Solar + LED			854.237	33%

Fonte: Elaboração própria (2022).

A comparação entre a emissão de gás carbônico também foi realizada, de forma a obter o cenário que mais polui a atmosfera e o que menos polui, na Tabela 17 podemos identificar essa comparação.

Tabela 17 – Comparativo Redução da Emissão de CO<sub>2</sub>

Emissão de CO <sub>2</sub> na atmosfera		
Cenários	kg/ano	%
Referência	8.470	100
Energia fotovoltaica	6.840	81
Lâmpadas LED	7.030	83
Lâmpadas LED + Energia fotovoltaica	5.550	66
Aquecedor Solar	6.830	81
Aquecedor Solar + Energia fotovoltaica	4.460	53
Aquecedor Solar + Lâmpadas LED	5.420	64
Aquecedor Solar + Energia fotovoltaica + Lâmpadas LED	3.680	43

Fonte: Elaboração própria (2022).

O cenário que considera a implementação de aquecedor solar, substituição de lâmpadas incandescentes por LED e energia fotovoltaica é o mais vantajoso em termos de economia e redução na emissão de gases nocivos nas Tabelas 16 e 17 esses resultados estão representados pela cor verde.

O cenário que obteve o pior resultado considerando a emissão de dióxido de carbono, foi o que considerou apenas a substituição de lâmpadas incandescentes por LED, tendo uma redução de apenas 17% ao compararmos com o cenário referência, esse resultado está bem distante do melhor cenário, que obteve um ganho de 57%.

Considerando os custos, o cenário 8, que simula a implementação de aquecedores solares, obteve o pior resultado, com apenas 13% de redução ao comparar com o cenário referência.

## 5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÃO FINAIS

A “Vila São Barto” está em construção com o intuito de ser um condomínio sustentável e uma opção de descanso e contato com a natureza. No presente trabalho, foi possível estudar o hábito de consumo de energia dos moradores e observar os aparelhos utilizados nas casas, com essa premissa, o Planejamento Energético Integrado do distrito foi desenvolvido, apresentando as curvas de carga dos cenários planejados e obtendo resultados de custo do investimento e emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

As simulações dos cenários foram realizadas pelo *software* HOMER pro, obtendo os resultados de oferta e demanda a partir das soluções propostas, como: utilização de lâmpada LED, aquecedor solar de água e energia elétrica a partir de placas fotovoltaicas, esses sistemas podem ser considerados eficientes e sustentáveis.

Os cenários simulados, comparando-se ao cenário referência, apresentaram resultados positivos no contexto de economia e redução na emissão de CO<sub>2</sub>, o melhor cenário foi o que considera a implementação de aquecimento solar da água, placas fotovoltaicas e lâmpadas LED, que obteve uma redução comparado ao cenário referência de 69% na emissão de gases poluentes na atmosfera, apesar do custo de investimento ser maior. O cenário menos vantajoso, considerando os dados apresentados, é o que considera apenas a instalação de aquecedores solares de água.

Dentro desse contexto e com a implantação do cenário ideal, é possível obter a certificação ISO 50001:2018, a partir de um modelo de gestão sustentável, com o plantio de árvores e a emissão zero de carbono, outra sugestão, seria o desenvolvimento de campanhas para os moradores, com o intuito de ensinar sobre consumo consciente, sustentabilidade e utilização da energia.

A longo prazo, pensando em 5 anos a partir da construção da vila, é possível implementar o *Smart Grid* (SG) dentro do sistema de energia do condomínio, permitido que o morador possa controlar a potência de energia que chega até a sua casa. O gestor do condomínio também se beneficiaria com as vantagens do SG, podendo controlar o fluxo de energia na rede, distribuindo de maneira direcionada a energia para cada casa e tendo a possibilidade de interromper o fornecimento para uma região específica, facilitando a manutenção da rede quando necessário.

O estudo permite constatar a importância do tema sustentabilidade e energia limpa no contexto atual, sendo necessário considerar alternativas sustentáveis para novos

empreendimentos. Essas alternativas, permitem também, um ganho econômico, considerando a redução na conta de luz, os benefícios fiscais e uma gestão mais independente da energia. Dentro desse contexto, o trabalho oferece à “Vila São Barto” a possibilidade de ser um condomínio mais sustentável, além de gerar benefícios para os moradores e gestores do local.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Iluminância de interiores**. ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas: [s. n.], 1992.

ALMEIDA, Eliane. Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica. **Engenharia Bioenergética - Universidade FUMEC**, [s. L.], p. 1-13, 17 mar. 2016

CARDOSO, Morgana. **Impactos da Inserção de Geração Distribuída na Rede Elétrica: Conceitos de Smart Grid para Mitigação de Problemas**. [S. l.: s. n.], 2018.

CARSTENS, Danielle; CUNHA, Sieglinde. **Challenges and opportunities for the growth of solar photovoltaic energy in Brazil**. [S. l.: s. n.], 2019.

CIMA, Fernando. **Utilização de Indicadores Energéticos no Planejamento Energético Integrado**. [s. L.: s. N.], 2006.

COSTA, Ernani. **Energias renováveis, desempenho econômico e emissões de CO<sub>2</sub> no mundo: uma análise via dados em painel**. [S. l.: s. n.], 2019

DALLABRIDA, Emanuel; GONÇALVES, Claudia; PIOVESAN, Tenile. Análise Comparativa da Eficiência Energética em Lâmpadas Incandescentes, Fluorescentes e Led 1. **Evento: xxiii seminário de iniciação científica**, [s. L.], p. 1-6, 2015.

DANTAS, Stefano; POMPERMAYER, Fabiano. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico**. [S. l.: s. n.], 2018.

DIAS, Gustavo; COSTA, Pablo. **Estudo da Geração Distribuída a partir da Biomassa de Resíduos Sólidos Urbanos em Smart Grid**. [S. l.: s. n.], 2013.

Dica de instalação de aquecedor solar: escolher o abastecimento adequado. [s. l.], 15 mar. 2017. disponível em: <https://blog.brassolar.com.br/5-dicas-de-instalacao-de-aquecedor-solar/>. acesso em: 8 dez. 2022.

FIGUEIREDO, Flávio. **Certificação Energética e Certificação ISO50001**. [s. L.: s. N.], 2019.

FRACARI, Fabiano; SANTOS, Iverton; SANCHEZ, Gustavo. Smart Grid: Uma Nova Forma de Controle de Energia Elétrica. **Rev. De empreendedorismo, inovação e tecnologia**, [s. L.], p. 1-22, 2015.

GOMES, et al; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA [EPE]. **RELATÓRIO SÍNTESE 2022- BEN**. EPE, Rio de Janeiro, 2022.

GONÇALVES, Vitor. **Sistema de gestão da energia ISO 50001:2011 e desenvolvimento sustentável energético**. [S. l.: s. n.], 2017.

GUMZ, Jonathan *et al.* **Social Influence as a Major Factor in Smart Meters' Acceptance: Findings from Brazil.** [S. l.: s. n.], 2022.

IRENA. **RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2021.** [S. l.: s. n.], 2021.

**ISO 50001 - Energy Management Systems - Requirements with Guidance for use.** [S. l.], 2015. Disponível em: <https://www.iso.org/home.html>. Acesso em: 03 dez. 2022.

ISO 50001. Sistemas de gestão de energia – **Requisitos com orientação para uso.** ABNT **NBR ISO 50001:2018.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

JUDGE, Malik *et al.* **Overview of smart grid implementation: Frameworks, impact, performance and challenges.** [S. l.: s. n.], 2022.

LACERDA, Jeanicolau. **Afinal, quanto carbono uma árvore sequestra?** [S. l.: s. n.], 2009.

LOUÇANO, Nelson. **Eficiência Energética em Edifícios: Gestão do Sistema Iluminação.** [S. l.: s. n.], 2009.

PAVANI, Daniel. **Estudos de Eficiência Energética Aplicada à Iluminação.** [S. l.: s. n.], 2021.

PEREIRA, Enio. Et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** [S. l.: s. n.], 2017.

SANTO, Katia *et al.* **A review on smart grids and experiences in Brazil.** [S. l.: s. n.], 2015.

SARAIVA, João. Metodologia da Pesquisa Científica. **Universidade Estadual do Ceará**, [s. l.], p. 1-94, 6 maio 2002.

TANIZAKI, Viviane. **Sequestro de carbono: O poder das soluções simples.** [S. l.: s. n.], 2019.

TEIXEIRA, Alexandre; CARVALHO, Matheus; LEITE, Leonardo. Análise de Viabilidade para a Implantação do Sistema de Energia Solar Residencial. **Exacta**, [s. L.], p. 1- 20, 20 nov. 2011.

TEIXEIRA, Cristiano; MELO, Ana Paula; FOSSATI, Michele; LAMBERTS, Roberto. Modelagem Bottom-up do Consumo por uso Final de Eletricidade no Setor Residencial no Brasil. **Ambiente construído**, Porto Alegre, [s. L.], p. 1-131, jul. 2022.

TORRES, Regina. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais.** 2012. Monografia (fluids and thermal) - Escola de Engenharia de São Carlos, [s. L.], 2018.

TORRESI, Susana; PARDINI, Vera; FERREIRA, Vitor. O que é sustentabilidade? **Editores de qn**, [s. L.], p. 1-1, 25 fev. 2010.

VALORES DE TARIFAS E SERVIÇOS. [S. l.], 2022. Disponível em:  
<https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>. Acesso em: out. 2022.