

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - CAMPUS FORMIGA**

**BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

JÚLLIA GONÇALVES LIMA

**IF-CONSUMO:**

**simulador de consumo de energia elétrica residencial**

FORMIGA-MG

2023

JÚLLIA GONÇALVES LIMA

**IF-CONSUMO:**  
**simulador de consumo de energia elétrica residencial**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: André Roger Rodrigues, Dr.

Coorientadora: Paloma Maira de Oliveira, Dra.

FORMIGA-MG

2023

Lima, Júlia Gonçalves.

L732i IF-CONSUMO: simulador de consumo de energia elétrica residencial / Júlia  
Gonçalves Lima -- Formiga : IFMG, 2023.

89p. : il.

Orientador: Prof. Dr. André Roger Rodrigues  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paloma Maira de Oliveira  
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. Consumo de energia elétrica. 2. Instalações elétricas residenciais. 3.  
Eficiência energética. 4. Monitoramento de consumo. 5. Uso racional de energia. I.  
Rodrigues, André Roger. II. Oliveira, Paloma Maira de. III. Título.

CDD 621.3

JÚLLIA GONÇALVES LIMA


IF-Consumo: simulador de consumo de energia elétrica residencial

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Elétrica do Instituto Federal de Minas  
Gerais como requisito para obtenção do  
Título de Bacharela em Engenharia  
Elétrica.

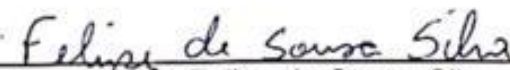
Avaliado em: 19 de junho de 2023.

Nota: 94,3

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. André Roger Rodrigues (Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Paloma Maira de Oliveira (Coorientadora)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Felipe de Sousa Silva

  
\_\_\_\_\_  
Prof.(a). Gláucia Maria de Carvalho Cota

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Marcus Vinicius de Paiva

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso, inicialmente, à Deus, fonte de sabedoria e força que me guiou ao longo desta jornada. Em seguida, aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado e depositaram em mim sua confiança e amor incondicional. Aos meus irmãos, Arthur e Igor, que me apoiaram e compartilharam momentos de alegria e desafios. E, por fim, à minha querida avó Didi, cujo carinho e sabedoria foram fundamentais para minha formação e conquistas.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus, que esteve ao meu lado nos momentos de dificuldade e angústia, fortalecendo-me e mostrando como é possível superar adversidades através da fé. Agradeço também a Nossa Senhora Aparecida, que nunca me abandonou e me guiou ao longo de toda a jornada.

Agradeço aos meus pais pelo amor incondicional, por todos os ensinamentos e por acreditarem em mim em todos os momentos. Eles dedicaram suas vidas à minha felicidade. Minha mãe é minha melhor amiga que sempre demonstrou força e carinho, nunca me deixou desistir dos meus sonhos e meu pai, que sempre foi dedicado e zeloso, nunca mediu esforços por sua família.

Ao meu irmão Arthur, agradeço por todo o apoio, aprendizado e incentivo ao longo de minha vida, e ao meu irmão Igor, que sempre esteve ao meu lado. À minha avó Didi, que sempre estimulou minha dedicação aos estudos e orou pela minha proteção em cada etapa. Ao Brendon, por incentivar meu crescimento profissional e ser tão presente em minha vida.

Expresso minha gratidão ao meu orientador, Dr. André Roger, e minha coorientadora, Dra. Paloma Oliveira, que estiveram presentes desde o início desta jornada, apoiando e compartilhando seus ensinamentos. Sou grata pela paciência e dedicação que demonstraram, dividindo suas sabedorias e conhecimentos. Agradeço a todos os docentes do IFMG que me instruíram durante o curso.

Por fim, sou grata à minha amiga Krislley, que esteve comigo desde o primeiro dia da faculdade e me apoiou em todos os momentos. Agradeço também às minhas amigas Lauriana, Thaynna e Thaymara e todos os amigos que tornaram essa caminhada mais leve.

*“Nossa maior fraqueza é a desistência. O caminho mais certo para o sucesso é sempre tentar apenas uma vez mais.” (Thomas Edison)*

## RESUMO

O consumo de energia elétrica tem aumentado de forma expressiva no Brasil e no mundo. Tal fato pode ser explicado pelo aumento populacional, desenvolvimento econômico, maior demanda por serviços e produtos que necessitam de eletricidade, além do alto volume desperdiçado. Esse aumento no consumo de energia gera impactos no sistema elétrico como a exigência crescente de construção de novas usinas de geração de energia elétrica. Considerando a escassez de recursos energéticos e com foco na sustentabilidade econômica e ambiental, faz-se necessária a implantação de medidas efetivas para garantir a eficiência energética e consequentemente reduzir o desperdício de energia. Por esse motivo, o monitoramento do consumo de energia elétrica é crucial para promover a conscientização dos consumidores quanto à importância do uso racional da energia. O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é apresentar uma ferramenta computacional que promova a economia nos gastos de energia elétrica em unidades consumidoras, por meio da mudança de ações e hábitos dos consumidores baseados na adoção e prática de conceitos de eficiência energética. O sistema IF-Consumo, cujo protótipo é aqui apresentado, consiste em uma solução inteligente em *software*, que permite ao usuário estimar o consumo de energia elétrica em sua residência. Após analisar os dados do consumidor, o *software* apresenta informações sobre o consumo de energia da unidade consumidora e sugere recomendações práticas ao usuário acerca da utilização mais eficiente de seus equipamentos. Foram desenvolvidos dois estudos de caso, com intuito de comprovar a eficácia do sistema proposto e evidenciar sua eficiência quanto à estimativa do consumo e aplicabilidade do sistema no contexto real das residências brasileiras. Também são destacadas as principais funcionalidades associadas ao fornecimento de informações técnicas e recomendações práticas ao usuário com foco na eficiência energética.

**Palavras-chave:** Consumo de energia elétrica, instalações elétricas residenciais, eficiência energética.

## ABSTRACT

The electricity consumption has increased significantly both in Brazil as around the whole world. This fact occurs due to the population growth, economic development besides the growing demand for services and products that require electricity. This energy consumption raise generates impacts on the electrical system such as the requirement of construction new power plants. Taking into account the shortage of the energy resources and seeking for the economic and environmental sustainability, it is necessary to implementation of effective actions in order to assure the energetic efficiency, reducing the energy waste. In this sense, it is fundamental the electricity consumption monitoring aims to promote the consumer awareness of the importance in using the electric energy in a rational way. Hereupon, this work aims to presenting a computational tool that promotes savings in electricity costs to the consumers through changing actions and habits based on energy efficiency concepts. The IF-CONSUMO system consists of an intelligent software solution, which allows the user to estimate the consumption of electricity of its residence. After analyzing the consumer data, the software presents information about the energy consumption of the residence and suggests practical recommendations to the user concerning the most efficient use of their equipment. Two case studies were developed, aiming to verify the effectiveness of the developed system and highlighting its efficiency in estimating consumption beside the applicability of the system in the real context of Brazilian residential consumers. Furthermore, the work highlights the mainly functionalities associated with the technical information and practical recommendations provided to the user by the system to enhance the energy efficiency.

**Keywords:** Electricity consumption, residential electrical installations, energy efficiency.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte.....	7
Figura 2 - Comparativo matriz elétrica 2020 e 2021.....	7
Figura 3 - Geração de energia elétrica entre 1970 e 2021. ....	9
Figura 4 - Participação de cada fonte na geração de energia elétrica.....	10
Figura 5 - Gráfico de perdas de energia elétrica em 2020 e 2021. ....	11
Figura 6 - Etiqueta PBE.....	12
Figura 7 - Selo PROCEL. ....	13
Figura 8 - Simulador de Consumo COPEL. ....	14
Figura 9 - Resultados apresentados COPEL.....	14
Figura 10 - Simulador de Consumo - Cemig.....	15
Figura 11 - Simulador de Consumo Enel. ....	16
Figura 12 - Simulador de Consumo - Sinergia 2020.....	17
Figura 13 - Fluxograma para uso do IF-Consumo. ....	18
Figura 14 - Interface Sistema IF-Consumo. ....	18
Figura 15 - Categoria Aparelhos IF-Consumo. ....	20
Figura 16 - Interface do sistema - Equipamentos cadastrados. ....	21
Figura 17 - Interface do sistema - Cadastro de Equipamento.....	22
Figura 18 - Interface do sistema - "Smart Média".....	22
Figura 19 - Interface do sistema para solicitação do tamanho do televisor.....	24
Figura 20 - Interface Sistema Televisor .....	25
Figura 21 - Gráfico Relação Tamanho x Potência - Televisor WideScreen. ....	26

Figura 22 - Gráfico Relação Tamanho x Potência - Televisor Tubo.....	26
Figura 23 - Fluxograma processo determinação potência televisores. ....	28
Figura 24 - Interface sistema - Ar-Condicionado.....	29
Figura 25 - Fluxograma determinação potência - Ar-Condicionado.....	31
Figura 26 - Interface Iluminação. ....	32
Figura 27 - Determinação potência - Iluminação. ....	34
Figura 28 - Interface do sistema - Recomendações. ....	36
Figura 29 - Interface Sistema – Relatório Gráfico .....	37
Figura 30 - Interface do sistema - Cadastro Equipamento. ....	40
Figura 31 - Interface do sistema - Valor do kWh. ....	41
Figura 32 - Interface do sistema - Resultado Simulação. ....	42
Figura 33 - Consumo por categorias - Estudo de Caso 1. ....	43
Figura 34 - Interface sistema - Resultados e Recomendações.....	44
Figura 35 - Interface do sistema com recomendações para ar-condicionado.....	45
Figura 36 - Interface do Sistema com recomendações para Chuveiro. ....	46
Figura 37 - Interface do Sistema com recomendações para Geladeira.....	47
Figura 38 - Interface do sistema – Resultados do Estudo de Caso 1 após Recomendações. ...	49
Figura 39 - Interface do sistema – Resultados do Estudo de Caso 2.....	52
Figura 40 - Consumo por categoria - Estudo de Caso 2.....	53
Figura 41 - Comparação entre os modelos de ar-condicionado inverter x convencional.....	54
Figura 42 - Gráfico Comparativo dos consumos nos Estudos de Casos. ....	55
Figura 43 - Respostas do formulário avaliativo do Minicurso. ....	56
Figura 44 - Respostas Formulários – Projeto de Extensão.....	58

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Indicadores de Consumo em 2020 e 2021.....	11
Tabela 2 - Determinação das Potências e Frequências de Uso – Estudo de Caso 1.....	39
Tabela 3 - Determinação das Potências e Frequências de Uso após recomendações do IF-Consumo.....	48
Tabela 4 - Determinação dos Potências e Frequências de Uso – Estudo de Caso 2. ....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas Serviços de Conservação de Energia

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

APE – Autoprodução de Energia

BEN – Balanço Energético Nacional

BTU – *British Thermal Unit*

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

COBENGE – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais S.A

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais

JECT – Jornada de Educação, Ciência e Tecnologia

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

ProGD – Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Justificativa.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Objetivos geral e específicos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>5</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Cenário Brasileiro.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Consumo de Energia Elétrica e Eficiência Energética .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Tecnologias de Monitoramento e Análise de Consumo.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 IF-Consumo .....</b>	<b>17</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Levantamento de dados e especificação de equipamentos .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Procedimentos de cálculos .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.1 Determinação da Potência de Televisores.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2.2 Determinação da Potência de Ar-Condicionado.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.3 Determinação da Potência Elétrica de Iluminação .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 Recomendações Práticas .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4 Geração de Relatório Geral de Análise de Consumo .....</b>	<b>36</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Estudo de Caso .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.1 Estudo de Caso 1 “Família Sbanja com Equipamentos Eficientes”.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1.2 Estudo de Caso 2 “Família Consciente com Equipamentos Ineficientes” .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1.3 Minicurso IFMG – Campus Formiga .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1.4 Projeto de Extensão – IFMG Campus Formiga.....</b>	<b>57</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>59</b>
<b>6. TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>61</b>

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICE A – Exemplo de Relatório Final de Análise de Consumo gerado pelo IF-Consumo .....</b>	<b>66</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil registrou, no ano de 2022, um aumento no consumo de energia elétrica residencial de 1,6 TWh (BEN, 2022). Esse aumento pode ser explicado, pelo crescimento socioeconômico do país e pelo desenvolvimento de novas tecnologias, fatores que estimulam a aquisição de novos equipamentos.

Outro fator que gerou um aumento do consumo, foi a criação e aumento de empregos híbridos e remotos após a pandemia de 2020, fato este que levou ao aumento do número de pessoas utilizando equipamentos eletrônicos em casa, bem como, de ambientes utilizando iluminação artificial por longos períodos do dia (UFPEL, 2021). De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), em 2021, foram consumidos 570,8 TWh de energia elétrica, valor que corresponde a um acréscimo de 4,2% em relação ao ano anterior (EPE, 2022).

Essa elevação no consumo tem gerado preocupação em diversos setores da sociedade, tendo em vista os impactos ambientais ocasionados pelo incremento de geração de energia necessário para atendimento da demanda de energia elétrica. Apesar do crescente aumento das micro e miniusinas de geração distribuídas, a principal fonte de geração de energia elétrica no Brasil ainda são as usinas hidrelétricas. Segundo dados do BEN (2022), as usinas hidrelétricas são responsáveis por 56,8% de toda energia produzida no Brasil, sendo geradas anualmente cerca de 362,8 TWh de energia elétrica.

Diante desse cenário, e considerando a necessidade de desacelerar as mudanças climáticas, foram criados programas e projetos com o objetivo de incentivar os consumidores ao uso eficiente da energia elétrica. Em 17 de outubro de 2001, foi publicada a lei nº 10.295, conhecida como Lei da Eficiência Energética (Diário Oficial da União - Seção 1 - 18/10/2001, Página 1, 2001), que estabelece as bases para a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, cujo principal objetivo é promover a eficiência energética em todos os setores da economia, visando à redução do desperdício de energia e o uso sustentável dos recursos energéticos.

“Estudos comprovam que o acompanhamento dos gastos com eficiência e dinamicidade propicia a prática do uso racional da energia elétrica. [...] sistemas de monitoramento em que é possível acompanhar a evolução do consumo se tornam uma ferramenta de aprendizado, permitindo aos usuários aprenderem a controlar seu consumo de forma mais eficiente por meio da experimentação” (FERREIRA, 2012, p. 29).

Essas medidas contribuem para capacitação e maior conscientização da população quanto às questões de combate ao desperdício de energia elétrica, permitindo ainda, traçar o perfil de consumo para cada região do país e segmento de consumidores residenciais e até comerciais, contribuindo para otimização do sistema elétrico de potência (FREIRE, 2019). Nesse contexto, o desenvolvimento de ferramentas e estratégias que possam auxiliar na análise e redução do consumo de energia elétrica tornam-se cada vez mais relevantes e necessárias, contribuindo para a construção de um futuro mais sustentável e eficiente quanto ao uso das fontes de energia disponíveis.

Motivados pelo desejo de contribuir para minimizar as questões relacionadas ao desperdício de energia elétrica, professores e alunos do IFMG<sup>1</sup> – Campus Formiga, desenvolveram o protótipo de um sistema computacional, denominado IF- Consumo – que consiste em uma solução inteligente em *software* que possui interface *web* amigável para os usuários. O sistema pode ser empregado de maneira eficaz e eficiente para análise do consumo de energia elétrica de uma residência, além de ser capaz de apresentar recomendações práticas que promovam a mudanças de hábitos dos usuários que resultem na economia de energia elétrica.

Para validação do sistema computacional, objeto de estudo deste trabalho de conclusão de curso, foram desenvolvidos dois estudos de casos baseados em unidades residenciais que representam diferentes perfis de consumo, levando em consideração os diferentes equipamentos eletroeletrônicos utilizados, a quantidade de moradores, o tempo de uso dos aparelhos de acordo com os distintos hábitos de consumo, dentre outros. Os resultados dos estudos refletem as potencialidades da ferramenta computacional desenvolvida, permitindo analisar o impacto das estratégias e recomendações sugeridas pelo IF-Consumo.

---

<sup>1</sup> Desenvolvedores do protótipo IF-Consumo: André Roger Rodrigues (IFMG-MG), Paloma Maira de Oliveira (IFMG-MG), **Jullia Gonçalves Lima (IFMG-MG)**, Leandro Pinheiro (IFMG-MG). Grifo da autora.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em 2020 e 2021, os reservatórios de água registraram níveis críticos de captação. A crise hídrica atual resulta em maiores custos de geração de energia elétrica, uma vez que se torna necessário acionar as usinas termelétricas. Essa estratégia altera os valores das bandeiras tarifárias, afetando diretamente os custos da energia elétrica e gerando maiores gastos para os consumidores (CAPETTA, 2014).

Com a crescente demanda energética e a busca por melhor qualidade e confiabilidade no setor de energia elétrica, a eficiência energética torna-se cada vez mais relevante. O conceito de eficiência energética é, atualmente, indispensável para manter a competitividade de mercado, reduzir os custos de produtos e processos das organizações e beneficiar os consumidores. Além destes benefícios é muito importante ressaltar que as ações de eficiência energética contribuem para um futuro melhor para toda a humanidade, uma vez que proporcionam uma utilização mais eficiente e racional dos recursos energéticos. já escassos no planeta. Segundo o BEN (2022), o setor residencial tem 26,4% de participação no consumo de energia elétrica enquanto o setor comercial é responsável por 15,7% do total de energia elétrica consumida. Desta forma, a adoção e implementação de ações que promovam o uso eficiente da energia elétrica nestes dois setores têm potencial para, no mínimo, postergar a construção de uma parcela de novas usinas de geração de energia que seriam necessárias para atendimento da demanda crescente por energia elétrica. Assim, a parcela de energia elétrica economizada com ações de eficiência energética no setor de consumidores residenciais e comerciais pode até mesmo evitar a necessidade urgente de construção de novas usinas de geração de energia que, em contrapartida, precisariam ser construídas rapidamente para o atendimento de consumidores que fazem uso da energia elétrica de forma irresponsável e irracional.

Isso posto, o desenvolvimento de um sistema inteligente que realiza a estimativa do consumo de energia elétrica em residências e até comércios, apoiado no modelo preliminar do protótipo que aqui se apresenta, justifica-se por viabilizar mudanças de hábitos por meio da implementação de um sistema de recomendações práticas para o usuário, levando à redução dos gastos com energia elétrica junto aos consumidores de baixa tensão, como os setores residencial, predial e comercial (Rodrigues et al, 2020).

## 1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) planejar e implementar toda a dinâmica de funcionamento do sistema IF-Consumo, utilizando como estratégia de pesquisa o desenvolvimento de dois estudos de casos detalhados e práticos demonstrando o funcionamento e a aplicabilidade do sistema.

Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- Realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre eficiência energética, políticas públicas, e as tecnologias existentes para análise e redução do consumo de energia elétrica residencial e comercial de pequeno porte;
- Analisar e descrever por meio de fluxogramas os procedimentos de cálculos que foram implementados no sistema, com intuito de auxiliar o consumidor em baixa tensão a realizar uma simulação condizente com a sua realidade;
- *Benchmark* com informações atualizadas sobre os equipamentos eletroeletrônicos comumente utilizados em residências brasileiras, incluindo faixas de potência elétrica típicas, dimensões e demais informações pertinentes para análise e estimativa do consumo de energia elétrica;
- Apresentar o protótipo do sistema IF-Consumo, implementado seguindo os procedimentos de cálculos criados. O protótipo do sistema permite a análise detalhada do consumo de energia elétrica em residências, considerando a diversidade de equipamentos eletroeletrônicos e suas respectivas potências e eficiências energéticas;
- Realizar estudos de casos representativos cujos resultados demonstrem o funcionamento e a aplicabilidade do IF-Consumo em diferentes cenários e perfis de consumo residencial;
- Avaliar o impacto das estratégias e recomendações fornecidas pelo IF-Consumo nos estudos de casos, destacando as melhorias obtidas em termos de eficiência energética e redução nos gastos com energia elétrica;

### **1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este TCC é composto por seis capítulos e demais subcapítulos, de forma a facilitar a compreensão e oferecer uma melhor leitura. Os capítulos estão assim estruturados:

#### **1. Introdução**

- Apresentação do tema e contextualização;
- Justificativa;
- Objetivos;
- Estrutura do trabalho.

#### **2. Referencial Teórico**

- Cenário Brasileiro;
- Consumo de Energia Elétrica Residencial;
- Eficiência Energética;
- Tecnologia de Monitoramento e Análise de Consumo;
- Simuladores de Consumo de Energia.

#### **3. Metodologia**

- Levantamento de dados e especificação de equipamentos;
- Recomendações práticas.

#### **4. Resultados**

- Aplicação da metodologia em uma residência familiar;
- Implicações para o aprimoramento do sistema IF-Consumo;
- Análise das melhorias e benefícios proporcionados aos usuários do sistema.

## **5. Considerações Finais**

- Recapitulação dos principais resultados e contribuições do trabalho;
- Análise crítica dos estudos e sugestões para pesquisas futuras.

## **6. Referências Bibliográficas**

- Fontes citadas e referenciadas durante o desenvolvimento do TCC.

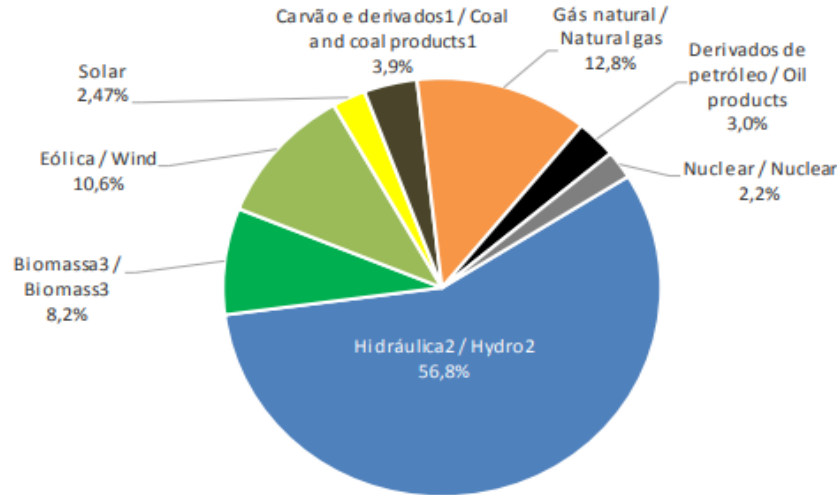
## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo apresenta o embasamento teórico necessário para realização deste trabalho científico. Os conceitos aqui apresentados fundamentam a execução da ideia proposta.

### **2.1 CENÁRIO BRASILEIRO**

No Brasil, no ano de 2021, a geração de energia elétrica alcançou aproximadamente 656,1 TWh, um aumento de 4% em comparação ao ano anterior. A autoprodução de energia elétrica (APE) representou 17,4% da geração total, totalizando 114 TWh, enquanto as hidrelétricas corresponderam à 56,8% da matriz energética brasileira, conforme ilustrado na Figura 1 (EPE, 2022).

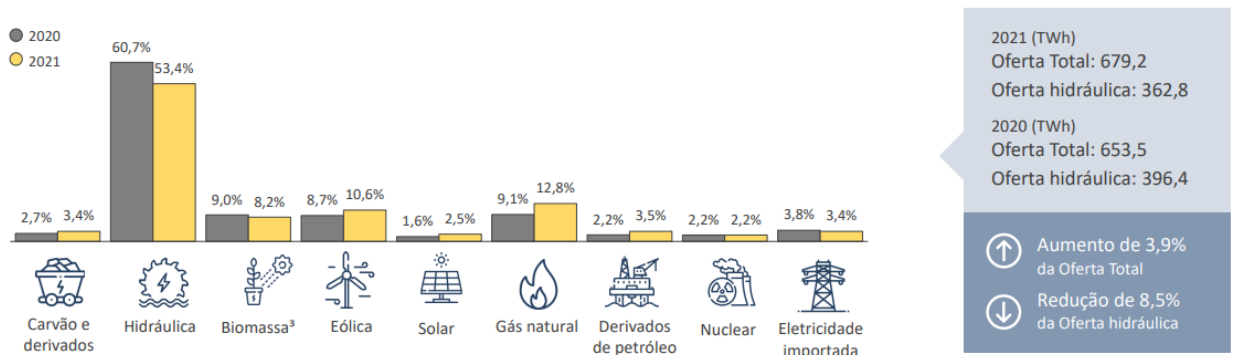
Figura 1 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte.



Fonte: BEN, (2022).

Em contrapartida, houve uma redução de 8,6% em relação ao ano de 2020 na oferta hidráulica de energia, gerado pela escassez de chuvas, o que ocasionou a redução dos reservatórios e o acionamento de usinas termelétricas, conforme é mostrado na Figura 2. Ainda assim, a matriz elétrica brasileira continua sendo dependente das usinas hidrelétricas, graças à competitividade econômica desse tipo de geração e à abundância de rios caudalosos e planaltos em todo o território nacional, o que favorece essa modalidade de geração de energia (BEN, 2022).

Figura 2 - Comparativo matriz elétrica 2020 e 2021.



Fonte: BEN, (2022).

É preciso mencionar as usinas termelétricas, que possuem, no estado brasileiro, um papel fundamental na garantia da segurança da matriz energética nacional, apesar de

não serem economicamente atrativas devido ao alto custo de geração e às constantes oscilações nos preços dos combustíveis fósseis. Esta ação resulta em um aumento no custo de geração de energia, o que, por sua vez, é refletido na alteração da bandeira tarifária imposta pelas concessionárias de energia. As bandeiras tarifárias atuam como um indicador visual que informa ao consumidor sobre as condições atuais de geração de energia e o consequente impacto no custo da mesma.

Além do alto custo de geração, uma outra desvantagem das usinas termelétricas, recai no fato de serem fontes de energia com alto grau de poluição. Elas liberam elevados níveis de gases do efeito estufa, principalmente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), contribuindo de forma preocupante para a amplificação do efeito estufa.

Uma vantagem das usinas termelétricas, é a diversidade de combustíveis utilizados, como biomassa, gás natural, carvão mineral, energia nuclear e óleo combustível, entre outros. Além disso, a disponibilidade e a estabilidade das termelétricas permitem atender às demandas de energia nos momentos de pico, garantindo assim a continuidade do fornecimento (FERRAZ, 2018). Dessa forma, a empregabilidade das usinas termelétricas como suporte na produção de energia se mostra indispensável.

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, publicada em 17 de abril de 2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), possibilitou aos brasileiros gerarem sua própria energia por meio de fontes renováveis. Com isso, surgiram os conceitos de micro e minigeração distribuída onde os consumidores, além de gerarem sua própria energia, podem fornecer o excedente produzido à concessionária (SCHRIEFER, 2022).

Em 2015, foi instituído o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), com o objetivo de ampliar e incentivar a produção de energia pelos próprios consumidores. Dentre os benefícios, destacam-se a economia financeira, a redução de poluentes, a autossustentabilidade e a diversificação da matriz energética (SILVEIRA, 2021).

Vale ressaltar que o uso de fontes alternativas de energia foi impulsionado, principalmente, diante do cenário de insuficiência da energia elétrica hidráulica, em especial nos momentos de forte demanda, mesmo com a ampliação dos serviços demonstrados na Figura 3, em que conferimos a variação da geração de energia elétrica

entre os anos de 1970 e 2021. Fica evidente, por análise da Figura 3, o aumento da oferta interna como resposta à elevação do consumo.

Figura 3 - Geração de energia elétrica entre 1970 e 2021.

Parâmetros	Unidade	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021
Oferta Interna de Energia (OIE)	10 <sup>6</sup> tep	66,9	114,7	141,9	190,1	268,8	288,5	301,5
Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) <sup>1</sup>	TWh	45,7	139,2	249,4	393,2	550,4	653,5	679,2
População	10 <sup>6</sup> hab	95,7	122,2	148,1	174,7	196,4	212,5	214,1
PIB [2010] <sup>2</sup>	10 <sup>9</sup> US\$	567,3	1.297,7	1.517,1	1.953,0	2.803,6	2.879,3	3.012,3
Indicadores	Unidade	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021
PIB per capita	US\$/hab	5.928	10.619	10.244	11.179	14.275	9.774	10.152
OIE per capita	tep/hab	0,699	0,939	0,958	1,088	1,369	1,357	1,408
OIE por PIB [2010]	tep/10 <sup>3</sup> US\$	0,118	0,088	0,094	0,097	0,096	0,139	0,139
OIEE per capita	kWh/hab	478	1.139	1.684	2.251	2.802	3.075	3.173
OIEE por PIB [2010]	kWh/10 <sup>3</sup> US\$	81	107	164	201	196	315	313

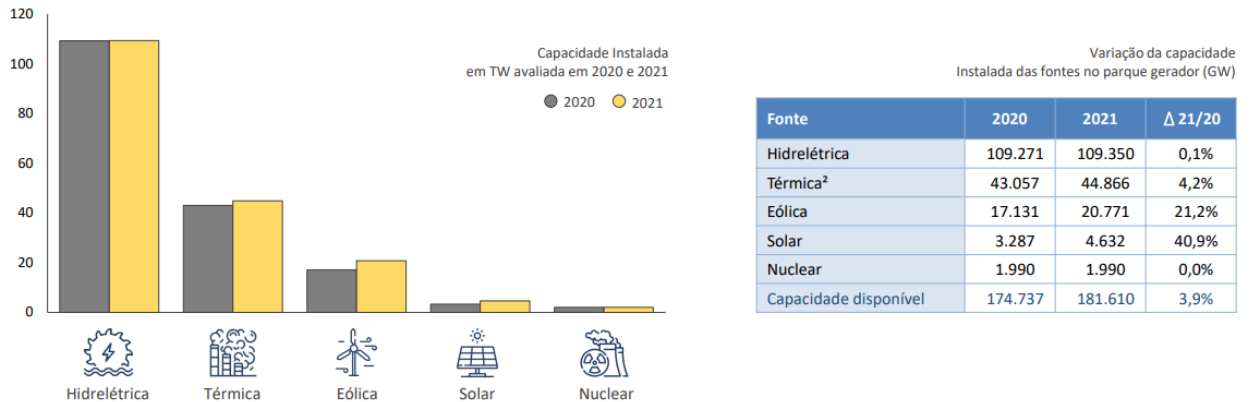
Fonte: BEN, (2022).

Devido à vasta extensão territorial do Brasil, as usinas de grande porte demandam elevados investimentos em infraestrutura de transmissão de energia elétrica. Isso ocorre, em grande parte, porque os centros consumidores geralmente se encontram distantes das áreas de geração de energia, além das perdas inerentes ao longo das linhas de transmissão. Nesse contexto, as micro e miniusinas apresentam-se como soluções mais eficientes, uma vez que a geração de energia ocorre próximo às unidades consumidoras.

A geração distribuída no Brasil tem empregado diversas fontes renováveis, incluindo hidráulica, solar, eólica, gás natural, entre outras. Graças à sua localização geográfica próxima ao Equador, o país apresenta alta incidência de radiação solar e elevada insolação diária, fatores que favorecem a produção de energia por meio de painéis fotovoltaicos.

Conforme dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Brasil recebe, ao longo do ano, mais de 2.200 horas de insolação, o que equivale a 15 trilhões de megawatts. A Figura 4 ilustra a participação de cada fonte na geração de energia elétrica no país.

Figura 4 - Participação de cada fonte na geração de energia elétrica.



Fonte: BEN, 2022.

## 2.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O desenvolvimento econômico é um dos principais propulsores do aumento no consumo de energia no Brasil e no mundo, o que gera um impacto significativo nos recursos energéticos. Conforme mostrado na Tabela 1, houve um aumento de 3,9% da energia elétrica disponibilizada e um aumento de 4,2% no consumo final da eletricidade (EPE, 2022).

Além do consumo final, há ainda que se considerar a energia gerada que é perdida. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (Abesco), entre 2016 e 2018, o desperdício de energia chegou à ordem dos R\$ 61,7 bilhões.

Na Figura 5, também podemos visualizar um dado importante referente às perdas de energia elétrica entre os anos de 2020 e 2021, que corresponde, segundo BEN (2022) à 16% da energia gerada nesse período. Tais perdas ocorrem durante a geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica. Elas podem ser categorizadas como:

- **Perdas Técnicas:** ocorrem devido a resistência de materiais, conversões de energia, dentre outros. E podem ser observadas nos seguintes processos:
  - **Geração:** onde a parte da energia convertida é dissipada em forma de calor, vibrações, atrito e perdas suplementares etc.

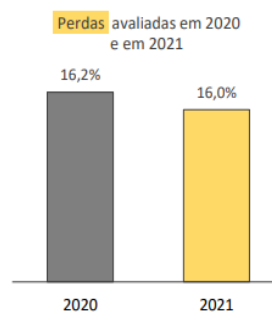
- **Transmissão e Distribuição:** as perdas ocorrem devido a resistência ou impedância de cabos e condutores. Também podem ocorrer perdas técnicas por efeito corona nas redes de transmissão de energia elétrica, além de correntes de fuga nas redes de distribuição de energia elétrica.
- **Transformadores:** a conversão em diferentes níveis de tensão e de corrente elétricas ocorrida nos transformadores de força e de potência, gera perdas ôhmicas nos enrolamentos e perdas magnéticas no núcleo magnético, causadas pelo fenômeno da Histerese.
- **Perdas Não Técnicas:** relacionadas a fatores externos ao sistema elétrico como, roubo e fraude, erros de medição e cobrança e principalmente, devido ao mal uso da energia por parte dos consumidores. Ações de conscientização e programas de eficiência energética podem construir para uma redução significativa das perdas não técnicas no sistema elétrico.

Tabela 1 – Indicadores de Consumo em 2020 e 2021.

Valores em TWh		2020	2021	$\Delta$ 21/20
<b>Oferta interna de E. Elétrica</b>	↑	653,5	679,2	3,9%
<b>Consumo Final</b>	↑	547,7	570,8	4,2%
<b>Perdas (comerciais + técnicas)</b>	↓	16,2%	16%	-0,2 p.p

Fonte: Adaptado de EPE, 2022.

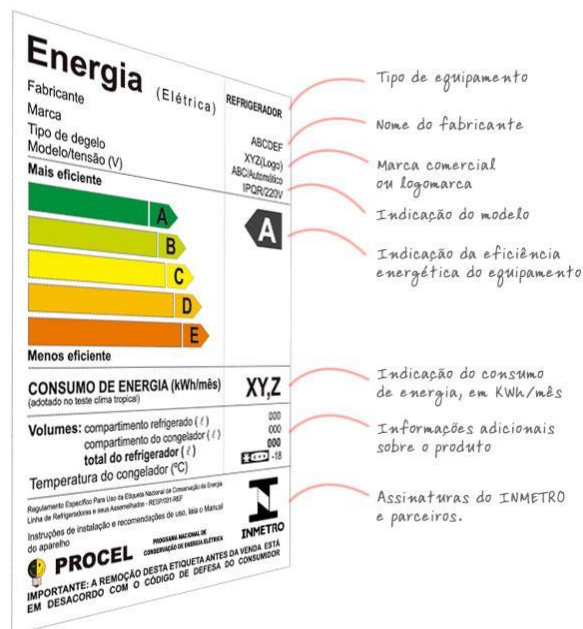
Figura 5 - Gráfico de perdas de energia elétrica em 2020 e 2021.



Fonte: EPE, 2022.

Em 2001, foi criada a Lei nº 10.295, conhecida como Lei da Eficiência Energética com o objetivo de estimular a conservação da energia, promovendo a redução de desperdícios e otimização dos recursos energéticos. A criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Inmetro, estabeleceu critérios e classificações para os equipamentos eletroeletrônicos. Estas leis e programas que incentivam a melhoria da eficiência energética de aparelhos e equipamentos eletroeletrônicos e das instalações elétricas surgiram como resposta ao racionamento de energia ocorrido nos anos de 2000 e 2001, que resultou em altos prejuízos ao país devido aos eventos conhecidos como “APAGÕES”, usados para denominar os cortes e desligamentos de energia elétrica naquela oportunidade. O PBE apresenta informações detalhadas sobre o desempenho de produtos em termos de eficiência energética, assim, o consumidor, ao adquirir um produto, tem como identificar e optar por aqueles que possuem melhor classificação entre as opções disponíveis no mercado. Prática que promove o uso consciente de energia, além de estimular a competitividade na indústria, para que os mesmos desenvolvam equipamentos cada vez mais eficientes. A Figura 06, ilustra um modelo de etiqueta PBE. Nesta etiqueta há barras com classificações entre A e E que representam aparelhos mais e menos eficientes, respectivamente. Além desta classificação, a etiqueta PBE também permite ao usuário identificar claramente o consumo de energia do aparelho em kWh/mês.

Figura 6 - Etiqueta PBE.



Fonte: INMETRO, 2023.

Outra ação de combate ao desperdício foi o desenvolvimento do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) pelo Governo Federal, em dezembro de 1985. O PROCEL desenvolve e apoia projetos e ações de eficiência energética, como a realização de estudos, diagnósticos e capacitação de profissionais do setor energético. O programa também concede o Selo Procel de Economia de Energia, conforme ilustrado na Figura 07, aos equipamentos e eletrodomésticos que apresentam alto desempenho em eficiência energética, auxiliando os consumidores na escolha de produtos mais sustentáveis e econômicos.

Figura 7 - Selo PROCEL.



Fonte: MME, 2023.

### 2.3 TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO E ANÁLISE DE CONSUMO

Durante o desenvolvimento do IF-Consumo, foi realizada uma extensa avaliação de simuladores de consumo existentes, incluindo aqueles disponibilizados por empresas como COPEL, ENEL, CEMIG, Light, dentre outras. O intuito dessa análise foi identificar os pontos positivos e negativos de cada simulador, bem como possíveis lacunas e oportunidades de melhorias para incorporar funcionalidades importantes ao sistema IF-Consumo tornando uma ferramenta especializada para análise do consumo residencial e redução de gastos com a conta de energia elétrica.

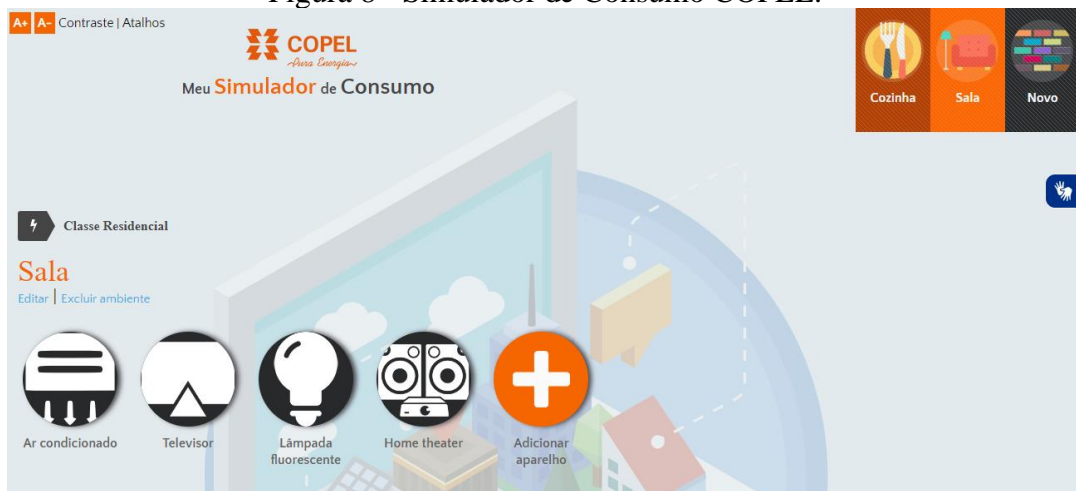
Nesse contexto, os simuladores analisados, foram:

- **COPEL**

A Companhia Paranaense de Energia (COPEL) criou um simulador de consumo voltado para residências, estabelecimentos comerciais e propriedades rurais. Nesse sistema, o usuário insere os equipamentos que deseja analisar, conforme ilustrado pela Figura 08, e o simulador

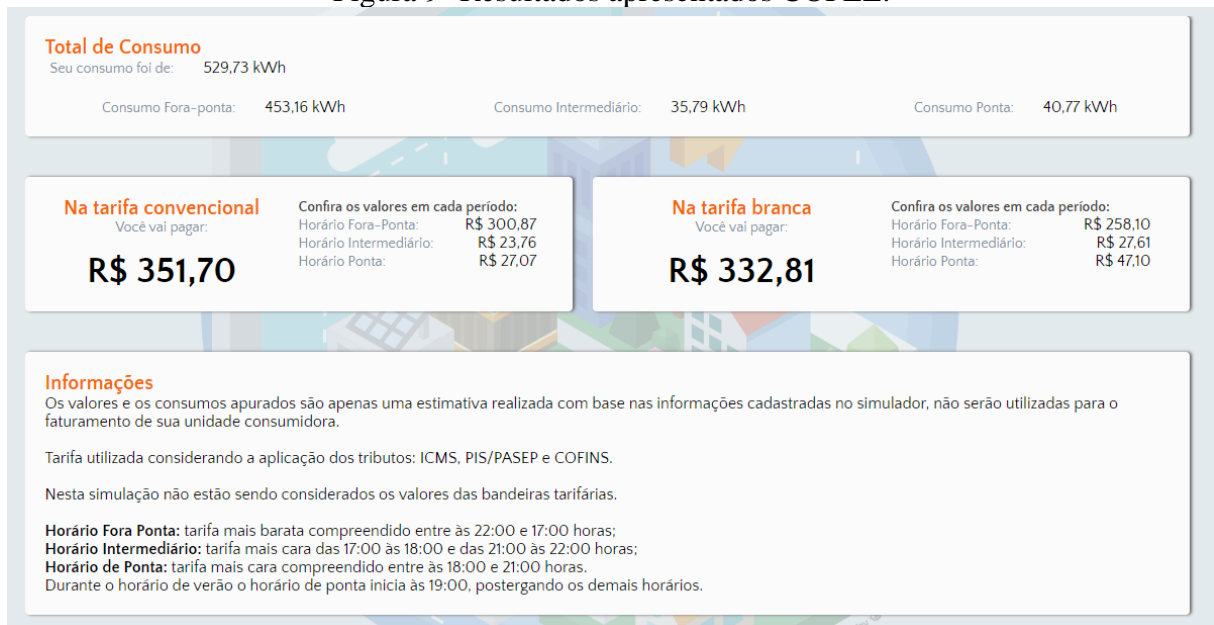
fornece uma estimativa da potência dos aparelhos, oferecendo também a opção de cadastrar novos dispositivos. O consumidor informa a frequência de uso, e o resultado exibe o consumo de energia elétrica em kWh, fornecendo uma estimativa do valor da conta de luz (R\$), tanto na tarifa convencional quanto na tarifa branca, conforme apresentado pela Figura 09. No entanto, o sistema não propõe aos usuários a adoção de novos hábitos de consumo para aprimorar a eficiência energética e economizar recursos.

Figura 8 - Simulador de Consumo COPEL.



Fonte: COPEL, 2023.

Figura 9- Resultados apresentados COPEL.



Fonte: COPEL, 2023.

Como observado nas Figuras 8 e 9, o simulador não oferece nenhum recurso para análise do consumo de energia elétrica, tais como gráficos, classificação do consumo por tipos ou grupos de aparelhos ou ambientes, não fornecendo nenhuma orientação para o usuário quanto

ao uso mais eficiente da energia elétrica. O foco é apenas no consumo nos horários de pico e fora de pico, além de destacar a tarifa convencional e a tarifa branca. Neste simulador também não é possível configurar o valor do kWh cobrado na tarifa, o que limita seu uso aos consumidores cativos desta concessionária de energia elétrica.

- **CEMIG**

A Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) criou um simulador, conforme apresentado pela Figura 10, com uma interface simples, que apresenta uma lista de equipamentos. Neste simulador, o usuário deve informar a potência elétrica, a frequência de uso e a quantidade de equipamentos em sua posse. Como resultado, o sistema fornece o consumo total de energia elétrica em kWh/mês. Algumas limitações deste simulador incluem a ausência de gráficos, estimativas de custos e recomendações personalizadas para o usuário.

Figura 10 - Simulador de Consumo - Cemig.

Simulador de Consumo						
Equipamento	Quantidade	Potência	Dias de Uso	Tempo de Uso		Total
Ar Condicionado	<input type="text"/>	1400 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Aspirador de Pó	<input type="text"/>	600 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Batedeira	<input type="text"/>	180 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Cafeteira	<input type="text"/>	1000 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Carregador de Celular	<input type="text"/>	15 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Chuveiro	<input type="text"/>	4400 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Computador	<input type="text"/>	200 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Cortador de Grama	<input type="text"/>	600 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Depilador	<input type="text"/>	150 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Ebulidor	<input type="text"/>	1100 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Enceradeira	<input type="text"/>	250 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Fax	<input type="text"/>	10 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Ferro de Passar	<input type="text"/>	1000 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Fogão Elétrico	<input type="text"/>	1500 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Forno Elétrico	<input type="text"/>	1500 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Freezer	<input type="text"/>	170 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Furadeira	<input type="text"/>	480 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Geladeira	<input type="text"/>	150 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Impressora	<input type="text"/>	25 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Lâmpada Inc. 100w	<input type="text"/>	100 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Lâmpada Inc. 60w	<input type="text"/>	60 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Lâmpada Flu. 40w	<input type="text"/>	40 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Lâmpada Flu. 20w	<input type="text"/>	20 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Lavadora de Roupa	<input type="text"/>	1000 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Lavadora de Louça	<input type="text"/>	1400 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Liquidificador	<input type="text"/>	300 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>
Máquina de Costura	<input type="text"/>	100 W	Dias/mês <input type="text"/>	Hr <input type="text"/>	Min <input type="text"/>	<input type="text"/>

Fonte: Cemig, 2021.

- **ENEL**

No simulador de consumo da Enel, apresentado pela Figura 11, uma empresa de geração e distribuição de energia elétrica, destaca-se como um dos mais completos e eficientes dentre os analisados em nossa pesquisa. Com um sistema didático e de fácil utilização, o usuário informa os equipamentos existentes em sua residência, e o simulador fornece uma potência estimada, que pode ser ajustada conforme necessário. Ao final da análise, um relatório detalhado é gerado, incluindo gráficos e recomendações para mudanças de hábitos. O que se

observa de refutável são as soluções apresentadas que envolvem a substituição dos equipamentos, o que pode ser inviável para o pequeno consumidor. Este simulador também não permite configurar o valor em reais do kWh. O relatório gerado após o processamento possui um erro nas unidades de tempo de uso dos equipamentos, expressos em minutos ou em horas que dificulta análise de consumo pelo consumidor comum e, conseqüentemente, a redução do gasto com energia elétrica.

Figura 11 - Simulador de Consumo Enel.



### Total Estimado do Cômodo

Consumo

**126,00 kWh**

Custo

**R\$ 111,93**

Tarifa

**R\$ 0,888340**

RESULTADO GERAL

Fonte: ENEL, 2023.

- **SINERGIA 2020**

Desenvolvido durante um Projeto de Extensão do IFMG - Campus Formiga, o aplicativo ANDROID Sinergia oferece uma extensa lista de cômodos e equipamentos, permitindo que os usuários simulem o consumo de energia em suas residências com base na tarifa utilizada, seja ela a Tarifa Convencional ou a Tarifa Branca. O sistema fornece uma estimativa de potência, com possibilidade de ajuste, a frequência de uso é determinada pela quantidade de dias e pelo horário de início e término do funcionamento de cada equipamento. O resultado exibe uma projeção da conta de energia na tarifa selecionada, tornando o sistema didático e autoexplicativo. A Figura 12 ilustra a interface do aplicativo Sinergia. O simulador não apresenta recursos gráficos que permitam ao usuário a visualização dos resultados de forma

intuitiva. O sistema também não apresenta recomendações práticas para auxiliar o consumidor a reduzir seu consumo de energia elétrica. O foco do sistema é mostrar a economia gerada pela adoção da Tarifa Branca.

Figura 12 - Simulador de Consumo - Sinergia 2020.

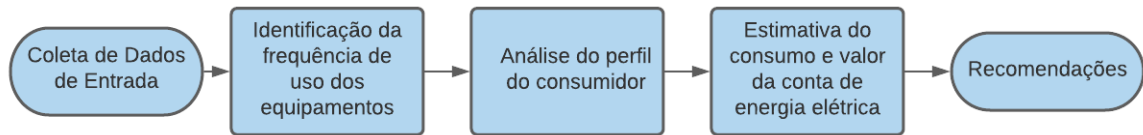
The image shows a mobile application interface for a consumption simulator. On the left, under the heading 'Novo cômodo', there are several room categories represented by icons: 'Área Externa', 'Área de Serviço', 'Banheiro', 'Cozinha', 'Quarto' (which is highlighted with a blue border), 'Sala', and 'Outro'. At the bottom of this panel is a blue 'Salvar' button. On the right, the selected room is 'Fogão elétrico'. Below this, there are configuration fields: 'Modelo' (Fogão elétrico - 1500W), 'Nome' (Fogão elétrico), 'Quantidade' (1), and a checkbox for 'Equipamento fica ligado 24 horas'. Under 'Dias da Semana', there are input fields for 'Horário de início' (7:42), 'Horário de término' (8:12), and 'Frequência de utilização' (1). At the bottom right, there is a 'Final de Semana' section with an 'Horário de início' field and a save icon.

Fonte: Sinergia, 2020.

## 2.4 IF-CONSUMO

O IF-Consumo, apresenta uma solução de *software* desenvolvido para auxiliar o usuário a monitorar o consumo de energia elétrica através da potência consumida e sugerir novos hábitos, a fim de aumentar a eficiência energética de pequenos consumidores. Para isso, o sistema calcula o consumo mensal e indica o melhor método de utilização dos equipamentos elétricos incluídos na simulação. Por conseguinte, o apontamento é realizado por intermédio de gráficos e um ranking dos eletrodomésticos por consumo energético. A Figura 13 mostra o fluxograma com passos que representam a dinâmica de funcionamento do IF-Consumo.

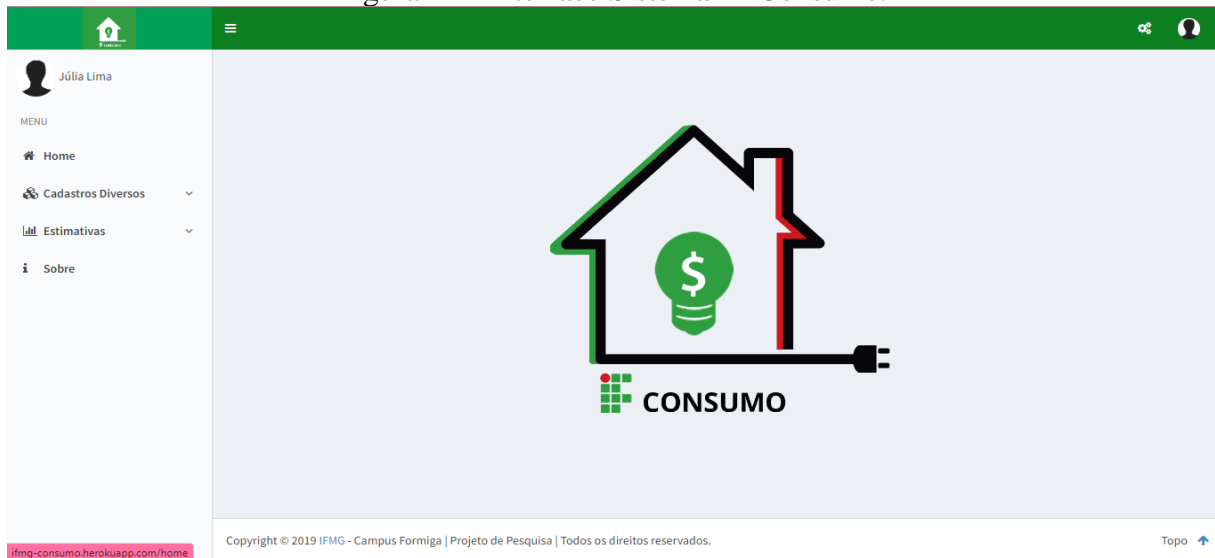
Figura 13 - Fluxograma para uso do IF-Consumo.



Fonte: Próprio Autor.

No desenvolvimento do IF-Consumo, com base nos dados coletados por uma ampla pesquisa com os simuladores presentes no mercado, foram incorporadas funcionalidades pautadas nos pontos positivos de cada um dos simuladores identificados na revisão da literatura, bem como recursos para sanar as possíveis falhas, tornando-o um simulador aprimorado. Além disso, o sistema IF-Consumo foi projetado com foco no uso tanto por usuários especialistas, que possuem conhecimento na área de eletricidade e energia, quanto por usuários comuns, que não possuem formação profissionalizante. Para tanto foi envidado esforço para implementação de interface amigável, de fácil utilização. A Figura 14 apresenta a interface inicial do sistema.

Figura 14 - Interface Sistema IF-Consumo.



Fonte: Próprio Autor.

Visando o fornecimento de resultados confiáveis ao usuário, foram desenvolvidos procedimentos de cálculos que são empregados através de algoritmos computacionais para determinar a potência elétrica de diversos tipos de aparelhos eletroeletrônicos. Ressalta-se que foram consultados os principais programas como Programa de Etiquetagem Brasileiro (PBE), coordenado pelo Inmetro, que realiza o estudo sobre o desempenho dos equipamentos

eletroeletrônicos e *Energy Star*, que realiza a certificação quanto à eficiência energética dos aparelhos.

É importante enfatizar que foi possível verificar que os simuladores analisados apresentavam as potências de equipamentos genéricos e que não permitiam ao usuário criar uma simulação personalizada e fiel à realidade de suas residências, ou seja, dos equipamentos eletroeletrônicos do consumidor. Fato que dificulta a obtenção de resultados precisos e que resultem em ações efetivas para redução do consumo de energia elétrica.

Dentre os diferenciais do sistema IF-Consumo, destaca-se capacidade de utilizar algoritmos computacionais específicos para estimar as potências elétricas dos equipamentos com base em suas características individuais. A implementação dessa funcionalidade no sistema IF-Consumo proporciona uma interface mais amigável e de fácil utilização em comparação com outros sistemas similares. Esta é uma vantagem relevante, uma vez que muitos usuários não sabem como acessar informações detalhadas sobre as especificações elétricas de seus equipamentos, e que pode desestimular a utilização de sistemas desse tipo.

O sistema IF-Consumo foi hospedado em uma plataforma gratuita denominada Dom Cloud e está disponível para acesso através de qualquer dispositivo conectado à internet, pelo link: <http://projetoifconsumo.domcloud.io/>.

### 3. METODOLOGIA

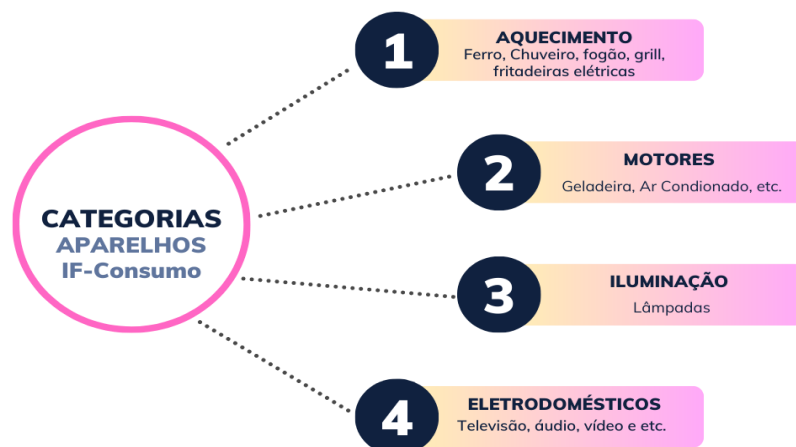
Esse capítulo apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento do sistema computacional proposto.

#### 3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E ESPECIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Inicialmente, foi realizada uma ampla pesquisa sobre os equipamentos eletroeletrônicos mais comumente utilizados nas residências brasileiras, considerando a diversidade de marcas e modelos presentes no mercado. Os aparelhos foram classificados em categorias, como aquecimento, motores, iluminação e eletrodomésticos, conforme ilustrado pela Figura 15, proporcionando uma visão abrangente e organizada dos aparelhos analisados.

De posse do levantamento dos equipamentos, no total mais de 1000 unidades analisadas, foi criado um *benchmark*, contendo informações como tensão de entrada, as faixas de potências elétricas típicas, dimensões e demais informações pertinentes para análise e estimativa do consumo de energia elétrica.

Figura 15 - Categoria Aparelhos IF-Consumo.



Fonte: Próprio autor.

Durante o levantamento, observou-se que as potências de equipamentos de mesma categoria poderiam variar significativamente conforme o fabricante. Por isso, optou-se como referência para criação do banco de dados do IF-Consumo, as tabelas de eficiência energética

do Inmetro, que apresentam equipamentos aprovados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

A Figura 16, ilustra o registro de 1.129 equipamentos que foram inseridos no sistema. É válido salientar, que foram incluídos equipamentos de um mesmo fabricante com modelos distintos. Como exemplo, pode-se citar a Airfryer da marca Arno, onde foram cadastrados diversos modelos existentes no mercado.

Figura 16 - Interface do sistema - Equipamentos cadastrados.

Aparelho	Fabricante	Potência	Modelo	Categoria	Opções
AirFryer	Arno	1030	Compacta 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>
AirFryer	Arno	1200	Moderna 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>
AirFryer	Arno	1400	Super 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>
AirFryer	Arno	1400	Super Inox 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>
AirFryer	Arno	1400	Super Digital 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>
AirFryer	Arno	1400	Delight 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>
AirFryer	Britânia	1500	Air Fryer Inox 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>
AirFryer	Britânia	1200	Frita Fácil 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>
AirFryer	Britânia	1500	Digital 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>
AirFryer	Britânia	1400	Pro Saúde 127 - 220 V	Aquecimento	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>

Fonte: Próprio Autor.

Ao longo do desenvolvimento do sistema, foram estabelecidos dois tipos de usuários: básico e especialista. O usuário básico não possui informações sobre a potência elétrica e outras características de seus equipamentos. Portanto, este usuário não consegue fornecer dados corretos ao sistema. Por outro lado, o usuário especialista tem capacidade para determinar com precisão a potência de seus equipamentos, seja consultando manuais ou sites especializados. O sistema possibilita ao usuário especialista efetuar o cadastro de aparelhos, marcas, residências e cômodos, equipamentos, entre outros. A Figura 17, mostra a funcionalidade implementada no sistema.

Figura 17 - Interface do sistema - Cadastro de Equipamento.

Fonte: Próprio Autor.

Por meio do banco de dados criado, foi possível desenvolver uma funcionalidade do sistema não encontrada nos demais simuladores presentes no mercado, que visa auxiliar o usuário básico ou pequeno consumidor a utilizar o sistema. Foram calculadas as médias dos aparelhos por fabricante para o desenvolvimento da “*Smart Média*”, onde o usuário que não possui informações sobre a potência consumida por seu aparelho pode, através do fabricante, selecionar potências elétricas extraídas dos relatórios do Inmetro, conforme apresentado pela Figura 18.

Figura 18 - Interface do sistema - "Smart Média".

Fonte: Próprio Autor.

Esta funcionalidade consiste em um aprimoramento relevante do sistema IF-Consumo frente aos demais simuladores pesquisados, uma vez que facilita a utilização do sistema pelo usuário básico, que é quem naturalmente enfrentaria maiores dificuldades quanto à utilização do sistema. Com a utilização da *smart média*, mesmo um usuário com perfil básico que não tenha condições técnicas de realizar o levantamento dos valores corretos de potência, o sistema fornece uma estimativa da potência baseada no fabricante, que por sua vez é de fácil identificação nos eletrodomésticos da unidade consumidora. O uso dos valores incorretos de potência elétrica dos equipamentos incorre em análise de consumo de energia elétrica muito diferentes das condições reais. Assim, quanto mais preciso for o levantamento das potências elétricas dos eletrodomésticos da residência sob análise, mais reais e efetivas serão as ações de eficiência energética recomendadas pelo IF-Consumo. Assim, o IF-Consumo evita os erros comuns observados nos resultados dos simuladores de consumo de energia investigados, nos quais a adoção de valores errados de potência elétrica leva à frustração dos usuários que não obtêm a respectiva redução no consumo de energia reportada nos relatórios de análise. Isto, considerando os poucos simuladores que geram relatórios contendo os resultados de análise de consumo de energia.

### 3.2 PROCEDIMENTOS DE CÁLCULOS

O IF-consumo apresenta um algoritmo para desenvolvimento de diversos procedimentos de cálculos para determinação das especificações elétricas dos aparelhos eletroeletrônicos, principalmente o valor de potência elétrica. Foram integradas equações propostas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), Procel e *Energy Star*. A *Energy Star* é um programa desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos da América em 1992, com intuito de identificar e promover os produtos que apresentem maior eficiência energética. O programa é apoiado pelo governo dos Estados Unidos e é adotado por diversos países como Austrália, Nova Zelândia, Canadá, Japão, Taiwan e União Europeia.

Os procedimentos de cálculos apresentados nas seções posteriores foram desenvolvidos com o objetivo de auxiliar o usuário que não possui informações sobre a potência consumida por seus aparelhos a realizarem a simulação no sistema. Dessa forma, o IF-Consumo fornece uma ferramenta útil e de fácil utilização, que permite ao consumidor realizar a análise de

consumo de energia elétrica de sua residência ainda que possuindo apenas informações básicas sobre seus eletrodomésticos.

### 3.2.1 Determinação da Potência de Televisores

Um amplo estudo foi realizado objetivando a determinação da potência de televisores, considerando diversos modelos e tecnologias presentes no mercado. Foram analisados e testados procedimentos de cálculos encontrados em diversas literaturas. Por conseguinte, foram elaborados dois métodos a fim de se estabelecer uma metodologia sólida e confiável.

Primeiramente, o sistema apresenta uma pergunta ao usuário se ele possui informações sobre a potência elétrica de seu equipamento. Caso o mesmo não possua essa informação, o usuário deverá informar o tamanho da diagonal da tela em centímetros para que o sistema proceda ao cálculo da área da tela do aparelho, como apresentado pela Figura 19. Em seguida, o usuário deve informar se o modelo de seu televisor é tubo (formato 4:3) ou *WideScreen* (formato 16:9 que contempla modelos como LCD, LED e Plasma), como apresentado pela Figura 20, cuja interface representada já exhibe o tamanho da tela do televisor.

Figura 19 - Interface do sistema para solicitação do tamanho do televisor.

Tamanho Televisor

Meça sua TV pela diagonal conforme a figura a seguir!

DIAGONAL DA TELA EM POLEGADAS

16x

9x

Tamanho da diagonal \*

Tamanho da diagonal (cm)

Cancelar Continuar

Fonte: Próprio Autor. .

Figura 20 - Interface Sistema Televisor

Televisores

Modelo TV \*  
 Seleccione um modelo

Polegadas \*  
 59.06

Quant  
 LED  
 LCD  
 Plasma  
 Tubo

Potência  
 [ ]

Tempo de uso  
 Tempo de uso

Unidade de medida \*  
 Horas / Dia

Cancelar Salvar Análise

Fonte: Próprio Autor.

Uma vez que os dados tenham sido lançados pelo usuário, é possível implementar as equações definidas para determinação da potência dos televisores. Em ambas as equações, o valor de  $x$  é dado pelo tamanho em centímetros da tela do televisor.

Para o modelo *WideScreen* a técnica utilizada é a de regressão linear, conforme mostrado pela Equação (1) a seguir:

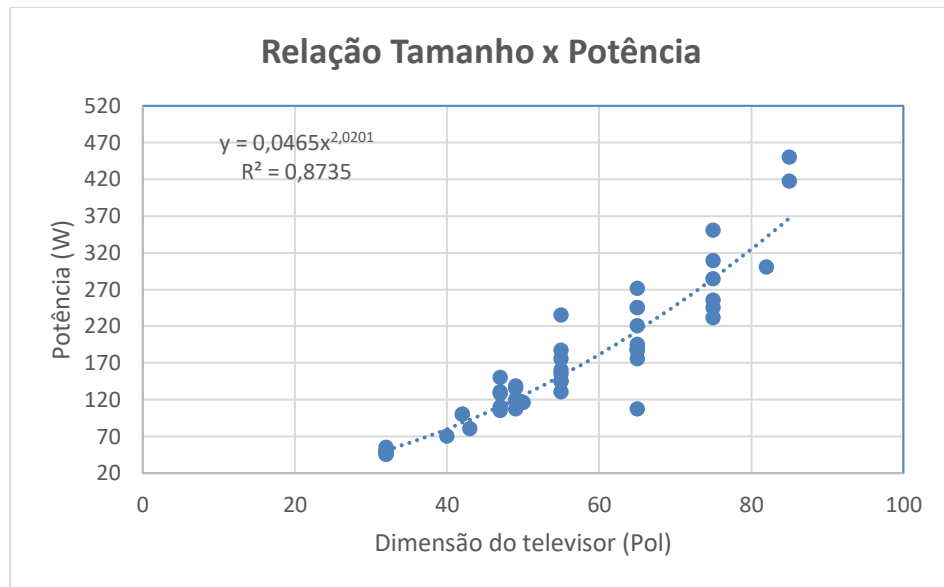
$$P = 0,0465x^{2,0201} \quad (1)$$

Para determinação do valor da potência dos televisores do tipo tubo, foi utilizada a equação do tipo polinômio de grau 2, conforme apresentado pela equação (2):

$$P = 0,0643x^2 + 0,0357x + 46,567 \quad (2)$$

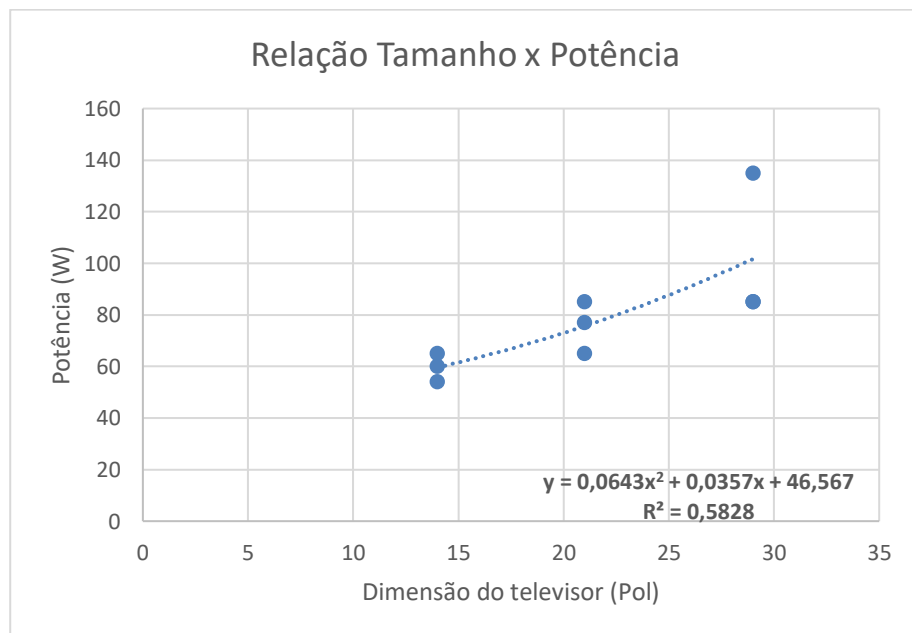
As equações supramencionadas, foram desenvolvidas com base em um levantamento de potência típicas de televisores presentes no mercado. As Figuras 21 e 22 apresentam os gráficos obtidos a partir da relação entre o tamanho do aparelho televisor pela sua respectiva potência elétrica do tipo *WideScreen* e tubo, respectivamente.

Figura 21 - Gráfico Relação Tamanho x Potência - Televisor WideScreen.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 22 - Gráfico Relação Tamanho x Potência - Televisor Tubo.



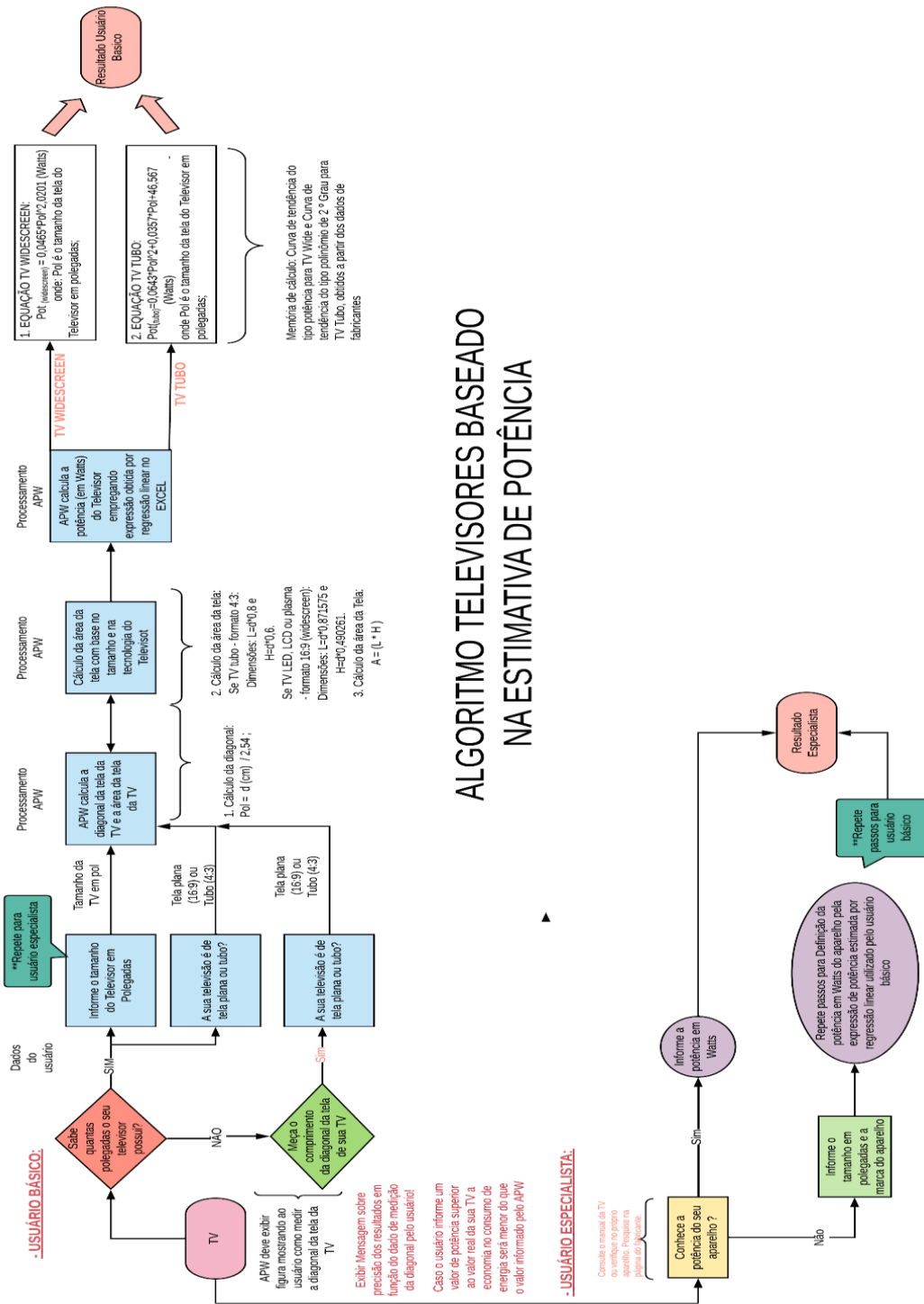
Fonte: Próprio Autor.

A Figura 23 apresenta o fluxograma do processo implementado no sistema IF-Consumo. O Fluxograma permite uma visualização clara e organizada das etapas

implementadas no desenvolvimento do método para determinação da potência de televisores no simulador.

É importante destacar que no fluxograma apresentado na Figura 23 há dois procedimentos de cálculo, sendo um para o usuário básico e outro para o usuário especialista, conforme funcionalidade do sistema IF-Consumo já descrita anteriormente.

Figura 23 - Fluxograma processo determinação potência televisores.



Fonte: Próprio Autor.

### 3.2.2 Determinação da Potência de Ar-Condicionado

Para determinação da potência dos aparelhos de ar-condicionado foi necessário realizar um estudo considerando os diversos fatores que influenciam na eficiência do equipamento. Por se tratar de um dos equipamentos propulsores dos aumentos das contas de energia, comumente referenciados como “vilões” do consumo elevado de energia elétrica, é muito importante que os sistemas sejam capazes de realizar um correto dimensionamento de sua potência elétrica e consequente consumo de energia elétrica, para que não hajam desperdícios e impacto nas contas de energia elétrica. Para realização da simulação, primeiramente o usuário informa ao sistema se tem conhecimento da potência nominal ou a carga térmica em BTU's de seu aparelho, conforme apresentado pela Figura 24. Esta interface apresenta uma tabela comumente presente nos manuais de fabricantes de aparelhos condicionadores de ar, com intuito de orientar o usuário quanto à identificação correta do valor da potência elétrica de seu aparelho.


Figura 24 - Interface sistema - AR-CONDICIONADO.

Informações Ar-condicionado x

Verifique no manual de instruções conforme a imagem a seguir!

MODELS		Unit	ASZ08PSEBT	ADM08PSEBT	ASZ12PSEBT	ADM12PSEBT	ASZ16PSEBT	ADM16PSEBT	ASZ24PSEBT	ADM24PSEBT
CAPACITY OR	CO	Bluff	9000	12000	12000	18000	18000	24000	24000	
		WW	3.26	3.23	3.25	3.29	3.29	3.25	3.23	
	HP	Bluff	9000	-	12000	-	18000	-	24000	-
		WW	-	3.26	-	3.25	-	3.29	-	3.23
Voltage		V/Hz	220V/50Hz	220V/50Hz	220V/50Hz	220V/50Hz	220V/50Hz	220V/50Hz	220V/50Hz	
CURRENT TRAIL	CO	Watt	907	907	1070			2150	2150	2150
	HP	Watt		86V						2150
COURT SW	CO	Amper	4.2	4.2	5.0	5.0	7.5	7.5	9.7	9.7
	HP	Amper	-	4.6	-	5.4	-	7.9	-	10.2
DIMENSI OR	INDOOR	mm	800*285*205	800*285*205	800*285*205	1000*330*250	1000*330*250	1000*330*250	1000*330*250	
	OUTDOOR	mm	720*540*265	720*540*265	720*540*265	790*540*265	880*680*310	880*680*310	880*680*310	
WEIGHT	INDOOR	kg	8.2	8.2	8.2	8.2	11.5	11.5	11.5	11.5
	OUTDOOR	kg	26.5	26.5	27.5	27.5	36.0	36.0	45.0	50.2
PLUG	SA		2.5A/250V	2.5A/250V	2.5A/250V	3.15A/250V	3.15A/250V	3.15A/250V	3.15A/250V	
POWER CABLE	IN TYPE		10A/250V	10A/250V	10A/250V	square 2.0mm <sup>2</sup>	square 2.0mm <sup>2</sup>	square 2.0mm <sup>2</sup>	square 2.0mm <sup>2</sup>	
REFRIGERANT WEIGHT	g		750	860	910	960	1600	1600	1600	1600

**Potência Nominal / Consumo \***

 Potência Nominal ou onsumo em [W] do seu aparelho

Campo obrigatório.

Fonte: Próprio Autor

Caso o usuário não detenha as informações necessárias, foi implementada no sistema, uma calculadora de BTU's. A calculadora recolhe dados do usuário como incidência solar no

ambiente no qual se pretenda condicionar a temperatura, as dimensões do cômodo em metros quadrados, o número de janelas, a presença de lâmpadas e de equipamentos eletrônicos, além da quantidade de pessoas que frequentam o ambiente onde está ou será instalado o aparelho.

Após determinada a carga térmica do aparelho em BTU's, o sistema possui procedimentos de cálculos para determinação da potência em watts de consumo do aparelho de ar-condicionado, conforme demonstrado pelas equações (3), (4) e (5).

$$P_{refrig}[kw] = C_{Térmica} * 0,000293071 \quad (3)$$

Onde:

- $P_{refrig}$  é a potência de refrigeração do aparelho de ar-condicionado em [kW];
- $C_{térmica}$  é a carga térmica obtida calculada em [btu/h].

$$C_{EE} = \frac{P_{refrig}}{P_{nominal}} \quad (4)$$

Onde:

- $C_{EE}$  é o coeficiente de eficiência energética do PROCEL.

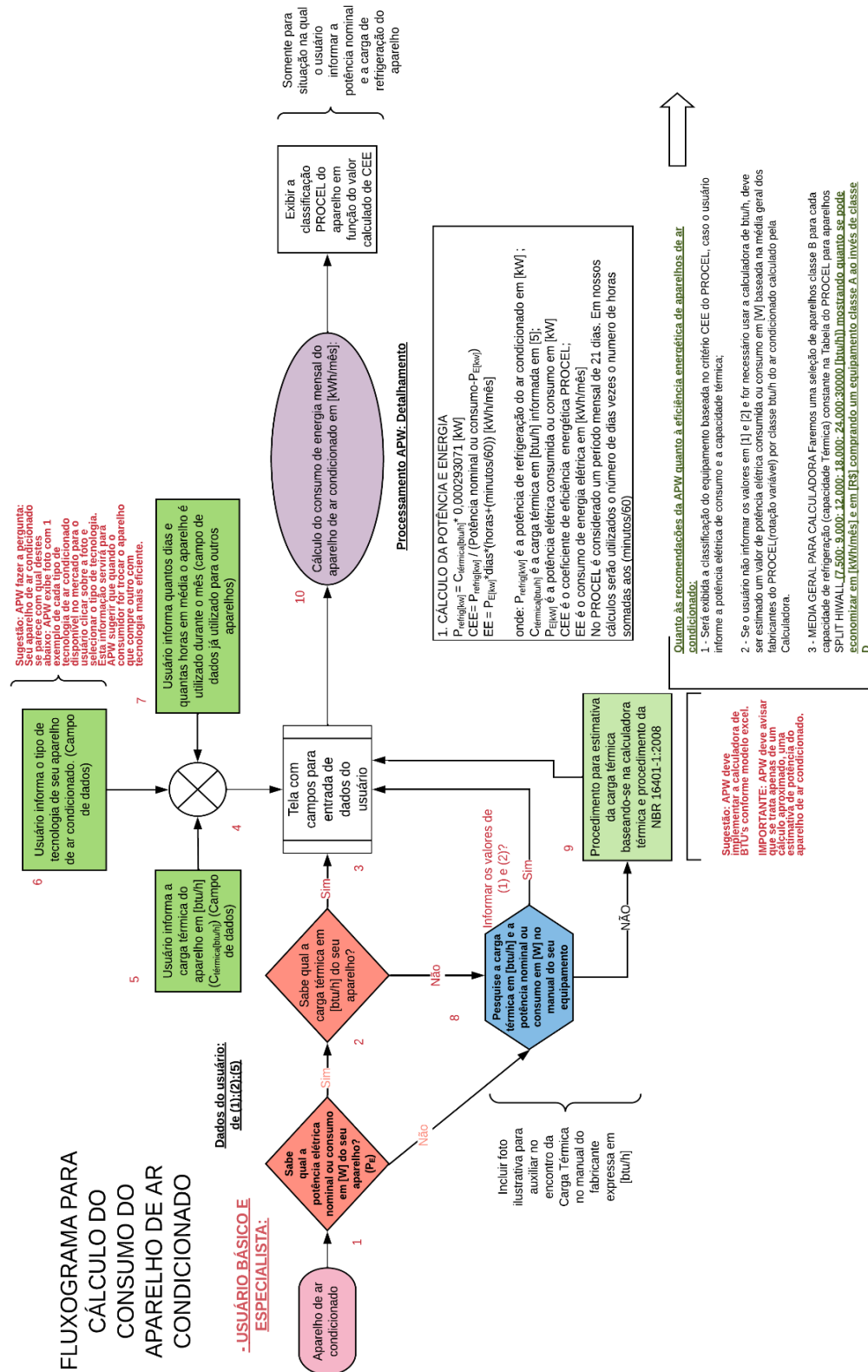
$$Consumo_{EE} = P_{Elétrica} * Dias * (horas + (\frac{minutos}{60})) \quad (5)$$

Onde:

- $P_{Elétrica}$  é a potência elétrica consumida dada em [Kw];
- $Consumo_{EE}$  é o valor consumido durante um mês pelo aparelho de ar-condicionado dado por [kWh/mês].

A Figura 25, ilustra o fluxograma do processo implementado no sistema IF-Consumo, para determinação da potência elétrica do aparelho de ar-condicionado. Esta funcionalidade implementada no IF-Consumo não foi identificada em nenhum dos simuladores consultados durante a revisão da literatura. Tal recurso confere ao sistema desenvolvido um aprimoramento que o torna especializado quando comparado aos demais simuladores de consumo existentes.

Figura 25 - Fluxograma determinação potência - AR-CONDICIONADO.



### 3.2.3 Determinação da Potência Elétrica de Iluminação

Por conseguinte, o sistema contou com a implementação de procedimentos de cálculos referentes a determinação da potência de iluminação. Foi utilizado como parâmetro de cálculo da potência de iluminação da unidade consumidora, a regra contida na norma ABNT NBR-5410, que estabelece critérios para a previsão de cargas de iluminação por cômodo da residência ou comércio. A norma rege que deverá existir ao menos um ponto fixo de iluminação no teto, comandado por interruptor por dependência.

Para realização da simulação, primeiramente o usuário deverá informar ao sistema o comprimento e largura do cômodo para o cálculo da área, conforme apresentado pela equação (6) a seguir. A Figura 26 ilustra a etapa supramencionada.

$$A = C * L \quad (6)$$

Onde:

- A é a área do cômodo dada em m<sup>2</sup>, C é o comprimento e L é a largura do cômodo, ambos dados em metros.

Figura 26 - Interface Iluminação.

Dados cômodo

Informações para cálculo iluminação!

Tipo de lâmpada\*

LED

Comprimento Cômodo\*

Comprimento (m)

Largura Cômodo\*

Largura (m)

Cancelar Continuar

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com a ABNT NBR 5410:2004, para a previsão de cargas de iluminação deverá ser adotado o seguinte critério:

- a) Em cômodos com área igual ou inferior a 6m<sup>2</sup> deve-se prever uma carga mínima igual a 100VA;
- b) Em cômodos com área superior a 6m<sup>2</sup>, deve-se prever uma carga mínima de 100VA e incrementar 60VA para cada fração de 4m inteiros de área.

É de conhecimento técnico e científico que as lâmpadas que empregam tecnologia *Led* e *FLC* (lâmpadas fluorescentes compactas) possuem maior fluxo luminoso, expresso em lúmens (lm) e maior eficiência luminosa expressa em [lm/W], quando comparada às tradicionais lâmpadas incandescentes. A análise conjunta destas duas grandezas luminotécnicas permite inferir que para a mesma intensidade de fluxo luminoso, as lâmpadas *LED* e *FLC*, que possuem mais altos valores de eficiência luminosa, consomem uma menor quantidade de energia elétrica. Neste sentido, as equações (7) e (8) foram obtidas por meio da conversão da potência elétrica em watts consumida por lâmpadas incandescentes em um valor equivalente de potência elétrica consumida por lâmpadas *LED* e *FLC*, respectivamente. Os fatores de conversão da potência elétrica em watts de lâmpadas incandescentes para lâmpadas *LED* e *FLC* estão apresentados no fluxograma da Figura 27. A equação (7) é utilizada para determinar a potência de lâmpadas do tipo *LED*.

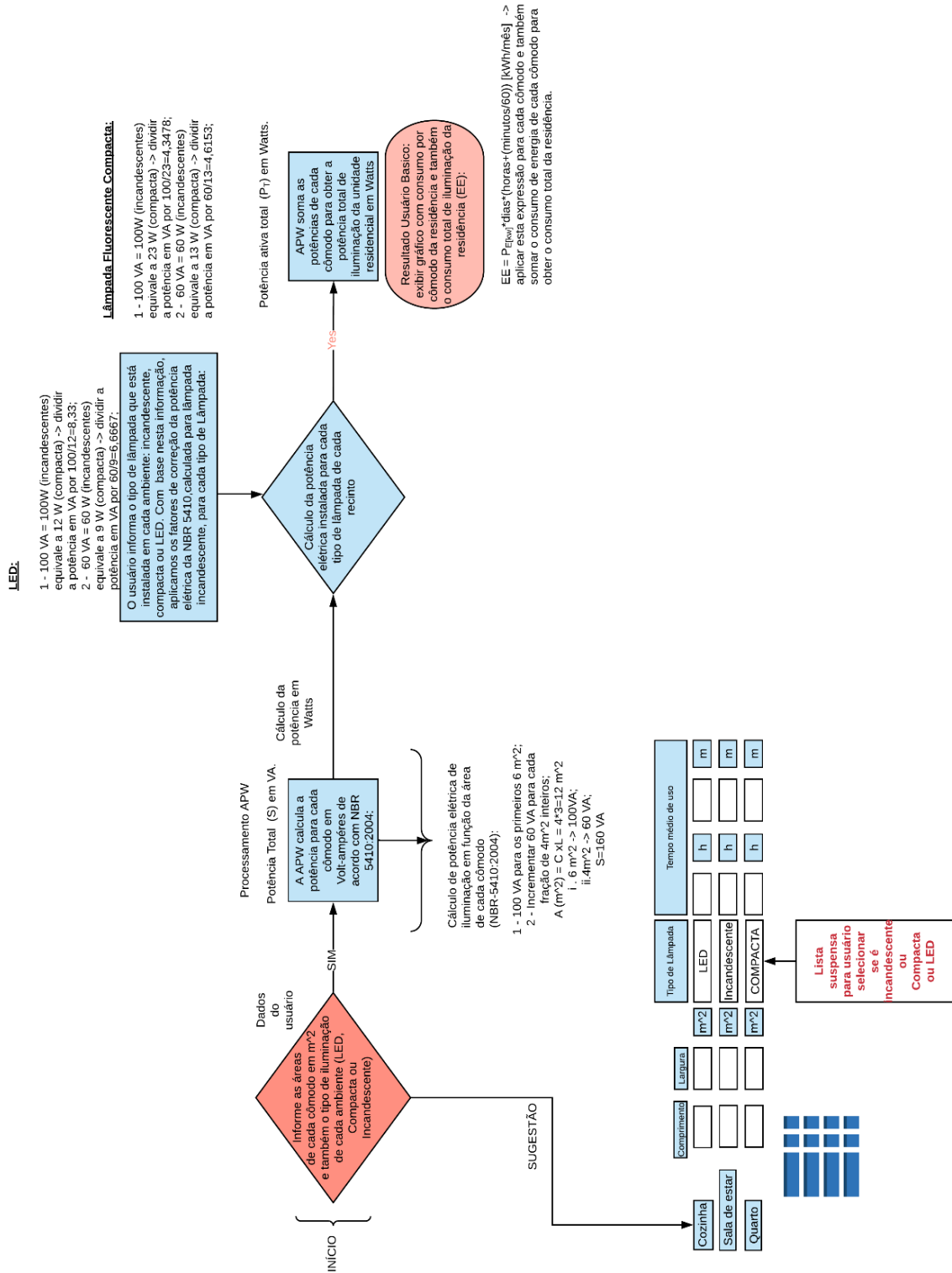
$$P_{led} = 12 + (Q_{metros} * 9) \quad (7)$$

Para determinação da potência consumida por lâmpadas *FLC* utilizou-se a equação (8).

$$P_{FLC} = 23 + (Q_{metros} * 13) \quad (8)$$

Para ambas as equações,  $Q_{metros}$  representa o incremento de potência elétrica de iluminação referente às frações completas de cada 4m<sup>2</sup> inteiros adicionais de área do recinto, definidos pela previsão de cargas realizadas no passo anterior, de acordo com a ABNT NBR-5410. A Figura 27 a seguir, apresenta o fluxograma do procedimento de determinação da potência elétrica das lâmpadas de led, fluorescentes compacta e incandescentes.

Figura 27 - Determinação potência - Iluminação.



Fonte: Próprio Autor.

### 3.3 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

A terceira etapa de desenvolvimento do sistema computacional consistiu no levantamento de recomendações práticas que devem ser fornecidas ao usuário, com objetivo de promover a economia de energia elétrica e reduzir os desperdícios. Para tanto, foram catalogadas as características técnicas e operacionais de todos os equipamentos pré-cadastrados, incluindo modelo, fabricante e consumo energético.

Foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica acerca dos equipamentos frequentemente utilizados em residências, sendo analisados os padrões de uso e os hábitos dos usuários em relação aos aparelhos, o que possibilitou a identificação de oportunidades de otimização no consumo de energia elétrica.

Com base nesses dados, foram elaboradas recomendações específicas e personalizadas para cada tipo de equipamento, levando em consideração seu desempenho energético e o contexto em que são utilizados. As sugestões abordam, por exemplo, a implementação de sistemas de automação e controle, e a adoção de práticas de uso correto para cada tipo de aparelho eletroeletrônico no dia a dia. Tais práticas podem estar relacionadas com o ajuste de temperatura correta de utilização de aparelhos de aquecimento e de refrigeração. Outra recomendação está relacionada à adoção de práticas que promovam o ajuste do tempo e da frequência de uso de cada aparelho em conformidade com as necessidades do consumidor. Em última instância, o sistema pode recomendar a substituição de dispositivos obsoletos por modelos mais modernos e energeticamente mais eficientes. A Figura 28, apresenta um exemplo de interface de apresentação das recomendações ao usuário para um televisor.

Figura 28 - Interface do sistema - Recomendações.



Fonte: Próprio Autor.

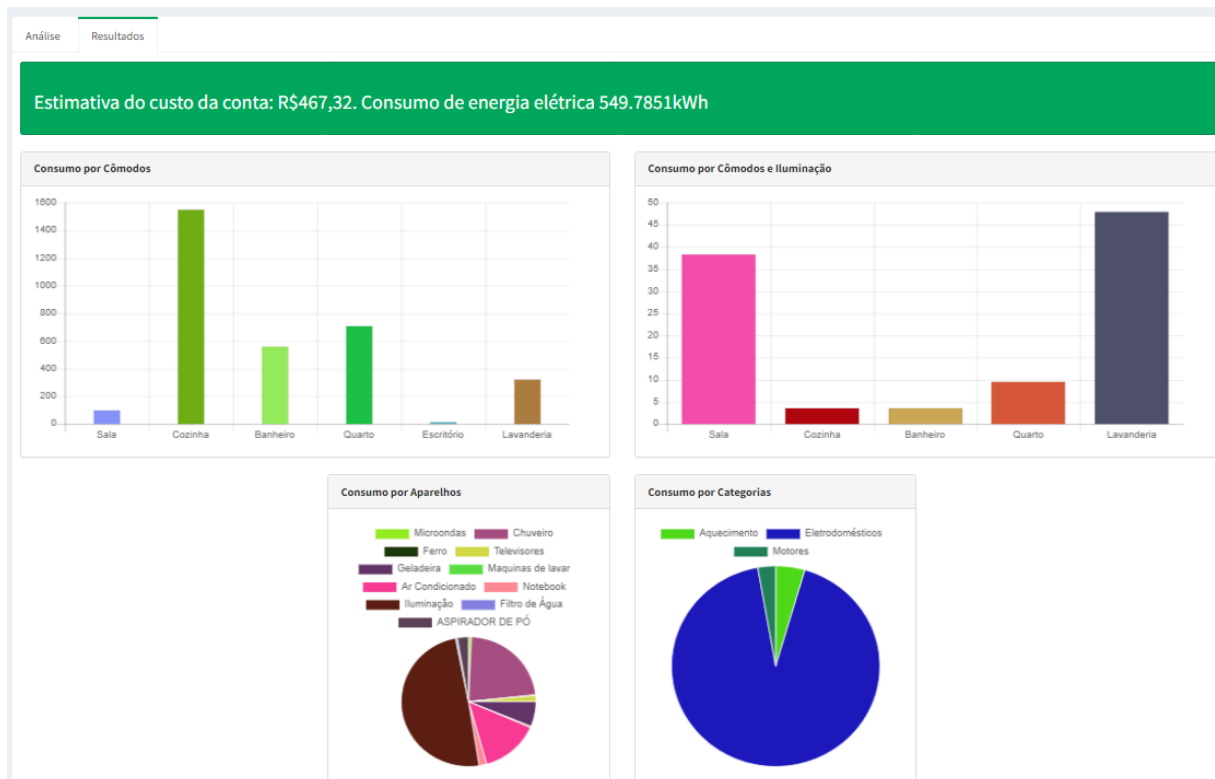
### 3.4 GERAÇÃO DE RELATÓRIO GERAL DE ANÁLISE DE CONSUMO

Na etapa final de desenvolvimento do sistema, foram incorporadas funcionalidades para gerar um relatório geral após o processamento dos dados do sistema, possibilitando aos consumidores exportarem os resultados de simulação do seu consumo de energia elétrica. No relatório são apresentados os gastos estimados de energia na residência sob investigação, expressos em kWh /mês e em reais, uma vez que o sistema IF-Consumo solicita que o usuário informe o valor cobrado pelo kWh na conta de energia elétrica de sua residência. Esses relatórios fornecem uma previsão do consumo de energia e apresentam os resultados das análises realizadas pelo próprio sistema IF-Consumo.

O intuito do sistema foi proporcionar uma experiência mais dinâmica ao pequeno consumidor, exibindo os resultados das análises de consumo de energia elétrica em diferentes formatos, como gráficos de setores “pizza” e de barras. Nestes gráficos podem ser facilmente identificados os aparelhos que têm maior consumo de energia elétrica e que podem ser alvo de ações para reduzir o gasto com energia elétrica. Dessa forma os consumidores podem visualizar de maneira mais clara e intuitiva os resultados obtidos na simulação quanto ao uso de energia em suas residências.

A Figura 29 ilustra como o sistema detalha o consumo de energia dos equipamentos e da iluminação em cada cômodo. Esse recurso é essencial para que o usuário identifique quais áreas de sua residência estão registrando o maior consumo de energia elétrica. Adicionalmente, o sistema fornece uma visão discriminada do consumo de energia por aparelho e por categoria, aumentando assim a compreensão detalhada do uso de energia na residência.

Figura 29 - Interface Sistema – Relatório Gráfico



Fonte: Próprio autor.

Além disso, o relatório apresenta recomendações práticas, permitindo aos usuários identificar possíveis pontos de melhoria na eficiência energética. Ao fornecer informações sobre os gastos e o consumo de energia, o sistema permite que os consumidores tomem decisões mais econômicas sobre como gerenciar e reduzir seus gastos com energia elétrica, garantindo a sustentabilidade ambiental e a economia doméstica. Para facilitar o acesso e o compartilhamento dos relatórios, o sistema também possui opções para exportá-los em formatos pdf e Excel, compatíveis com dispositivos móveis e computadores.

## 4. RESULTADOS

Nesta seção, foram desenvolvidos e simulados dois estudos de casos com o objetivo de validar o sistema IF-Consumo e evidenciar suas principais funcionalidades. No primeiro estudo de caso, foram realizadas duas simulações: a primeira utilizando os valores apresentados pelo documento Casa Eficiente e a segunda considerando a adoção das recomendações fornecidas pelo sistema ao usuário. O segundo estudo, utilizou dados fornecidos pelo documento Casa Eficiente, porém com um perfil de consumo distinto do estudo de caso 1. Além disso, foi aplicado um formulário avaliativo para um grupo de 38 usuários durante um minicurso ministrado no IFMG.

### 4.1 ESTUDO DE CASO

Para obtenção dos dados de consumo de energia elétrica utilizados para os estudos de caso deste trabalho, utilizou-se como referência os dados apresentados pela publicação Casa Eficiente – Consumo e Geração de Energia Volume 2<sup>2</sup>. A publicação utilizada como referência base para os estudos computacionais apresenta diversos tipos de perfis de consumo em unidades residenciais e os mesmos foram separados em quatro grupos:

1. Família que **consome uma maior quantidade** de energia elétrica e possui equipamentos **ineficientes**;
2. Família que **consome uma maior quantidade** de energia elétrica, porém possui equipamentos **eficientes**;
3. Família que **consome pouca energia elétrica** e possui equipamentos ineficientes;
4. Família que **consome pouca energia elétrica** e possui equipamentos **eficientes**.

---

<sup>2</sup> O artigo Casa inteligente realizou experimentos com quatro perfis de consumo de energia elétrica distintos e equipamentos eficientes e ineficientes. Publicação disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente\\_vol\\_II\\_WEB.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_II_WEB.pdf). (UFSC, 2010).

#### 4.1.1 Estudo de Caso 1 “Família Sbanja com Equipamentos Eficientes”

O primeiro perfil escolhido para o estudo de caso, representa uma unidade familiar composta por 4 pessoas - um casal e dois filhos, que consome energia elétrica de forma exacerbada. Essa família, entretanto, utiliza equipamentos eficientes que apresentam valores de potência relativamente baixos, ou seja, possuem o Selo PROCEL e são classificados pelo PBE com etiqueta “A” de eficiência energética. A Tabela 2 apresentada a seguir, mostra os equipamentos presentes na residência, juntamente com a frequência de uso dos mesmos.

Tabela 2- Determinação das Potências e Frequências de Uso – Estudo de Caso 1.

<b>SIMULAÇÕES - ESTUDO DE CASO 1</b>			
<b>EQUIPAMENTO ELÉTRICO</b>	<b>POTÊNCIA MÉDIA (W)</b>	<b>USO ESTIMADO (DIAS/MÊS)</b>	<b>MÉDIA UTILIZAÇÃO (H/DIA)</b>
<i>Geladeira Etiqueta A</i>	85	30	24
<i>Máquina de lavar roupas A</i>	230	12	1
<i>Microondas</i>	880	30	0,25
<i>Filtro de Água</i>	6	30	24
<i>Aspirador de Pó</i>	876	15	2
<i>Forno Elétrico Automático</i>	156	12	1
<i>Computador</i>	120	30	5
<i>Televisão comum 29"</i>	100	30	5
<i>Iluminação Quarto Solteiro</i>	20	30	4
<i>Iluminação Quarto Casal</i>	20	30	4
<i>Iluminação sala de estar</i>	80 (4x20)	30	4
<i>Iluminação sala de jantar</i>	80 (4x20)	30	4
<i>Iluminação Banheiro</i>	40 (2x20)	30	3
<i>Iluminação Cozinha</i>	40 (2x20)	30	3
<i>Iluminação Área de Serviços</i>	40 (2x20)	30	3

<b><i>Iluminação Área Externa</i></b>	280 (14x20)	30	2
<b><i>Chuveiro</i></b>	4950	30	1,5
<b><i>Ar-condicionado Etiqueta A</i></b>	1330	30	3,5

Fonte: Próprio Autor.

De posse dos dados relacionados na Tabela 2 acima Estudo de Caso “Família Sbanja com Equipamentos Eficientes”, foi realizada a simulação do consumo de energia no sistema IF-Consumo. Foram incluídos, todos os equipamentos utilizados na residência, bem como o tempo de utilização de cada um deles.

Ao realizar a simulação, foi possível utilizar um dos recursos disponíveis, não encontrado na maioria dos simuladores presentes no mercado. Alguns equipamentos como, filtro de água, forno elétrico e aspirador de pó, não fazem parte do banco de dados do sistema IF-Consumo. Entretanto, o sistema permite realizar o cadastro de equipamentos, conforme mostrado na Figura 30, a seguir.

Figura 30 - Interface do sistema - Cadastro Equipamento.

Fonte: Próprio Autor.

Essa funcionalidade demonstra como o sistema pode ser adaptado às mais diversas residências, permitindo que os usuários obtenham resultados mais precisos e personalizados.

Dessa forma, o sistema torna-se ainda mais eficaz na identificação de oportunidades de economia de energia e na promoção do uso eficiente dos equipamentos, abrangendo uma ampla gama de dispositivos e cenários residenciais.

Após a conclusão do registro dos equipamentos e suas respectivas frequências de uso, o sistema solicita ao usuário que insira o valor do kWh, conforme ilustrado na Figura 31, fornecendo, assim, uma estimativa do valor da fatura de energia elétrica, cuja confiabilidade depende dos dados de entrada fornecidos.

Figura 31 - Interface do sistema - Valor do kWh.

Finalizar Análise

Para finalizar a análise informe o valor do Quilowatt-hora da sua região! Essa informação pode ser encontrada conforme a imagem a seguir:



The screenshot shows the CEMIG virtual agency interface. At the top, it says 'Finalizar Análise' and 'Para finalizar a análise informe o valor do Quilowatt-hora da sua região! Essa informação pode ser encontrada conforme a imagem a seguir:'. Below this is a thumbnail of the agency's main page. In the thumbnail, a red arrow points to the 'Valor kWh' field in the 'Dados de Consumo' section, which is circled in red. Below the thumbnail, there is a text input field labeled 'Valor Quilowatt-hora \*' with a placeholder 'Quilowatt-hora'. At the bottom, there are two buttons: 'Não encontrei a informação' and 'Finalizar Análise'.

Valor Quilowatt-hora \*

Quilowatt-hora

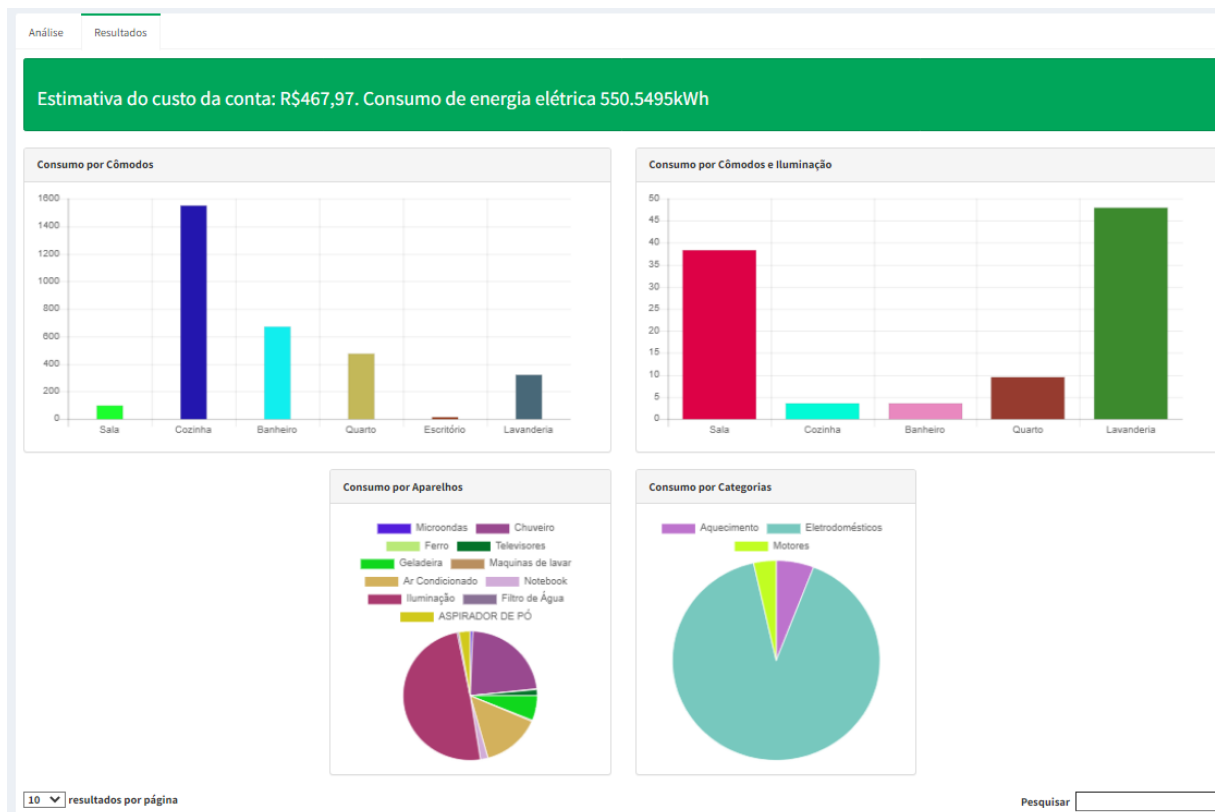
Não encontrei a informação Finalizar Análise

Fonte: Próprio Autor.

Após a inserção do valor do kWh e a finalização da simulação, os resultados são exibidos conforme mostrado na Figura 32. O IF-Consumo apresenta o consumo de energia elétrica em kWh/mês, uma estimativa do valor da conta e diversos recursos gráficos que detalham o consumo por cômodos, categorias, aparelhos e iluminação.

Essas informações auxiliam os usuários a compreender melhor seus padrões de consumo, identificar áreas de maior gasto energético e possibilitar a tomada de decisões acerca da adoção de práticas e soluções mais eficientes em termos energéticos. Além disso, os gráficos fornecem uma visão clara e didática dos dados, facilitando a análise e a implementação de medidas de economia de energia.

Figura 32 - Interface do sistema - Resultado Simulação.



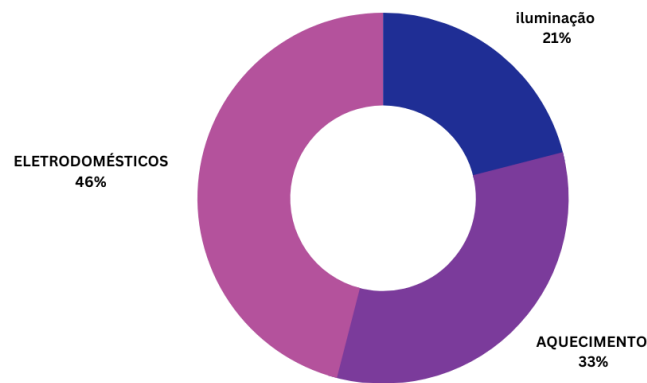
Fonte: Próprio Autor.

A partir da análise dos gráficos apresentados, observa-se que a família do Estudo de Caso 1 utiliza excessivamente os aparelhos eletroeletrônicos, principalmente do ambiente da Cozinha, além da iluminação, de forma notória, dos ambientes da Sala e da Lavanderia. Conforme apresentado, o chuveiro é o aparelho que mais consome energia elétrica na residência, totalizando 222,75 [kWh/mês]. Em segundo lugar, está o ar-condicionado consumindo 140,17 [kWh/mês] que, apesar de ser classificado pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) com selo A, que indica alta eficiência energética, ainda se apresenta como um dos itens que mais consome energia elétrica na residência. A geladeira também apresentou um valor elevado de consumo de 61,2[kWh/mês], isso ocorre devido à elevada frequência de uso e, possivelmente, ao dimensionamento inadequado do equipamento para as necessidades específicas do ambiente.

A Figura 33 ilustra o consumo da residência por categorias, sendo elas: aquecimento, iluminação e eletrodomésticos. Dentre os equipamentos presentes em cada categoria, podemos citar:

- Iluminação: Lâmpadas de led, fluorescentes compactas e incandescentes;
- Eletrodomésticos: Computador, Televisão, batedeiras, ar-condicionado etc.;
- Aquecimento: Airfryer, chuveiro, fogão, ferro elétrico, forno elétrico, Microondas, dentre outros;

Figura 33 - Consumo por categorias - Estudo de Caso 1.



Fonte: Próprio Autor.

Complementando os recursos gráficos, o sistema exibe recomendações personalizadas que sugerem alterações nos hábitos de consumo do usuário, com o objetivo de economizar energia elétrica e evitar desperdícios, conforme ilustrado na Figura 34. Essas sugestões podem incluir a troca de equipamentos menos eficientes por modelos mais econômicos ou simplesmente ajustes nos padrões de comportamento, como desligar aparelhos e luzes quando não estiverem em uso. Essas recomendações auxiliam os usuários na busca por soluções sustentáveis e contribuem para a conscientização acerca da importância da eficiência energética e do uso responsável dos recursos.

Figura 34 - Interface sistema - Resultados e Recomendações.

10 resultados por página				Pesquisar <input type="text"/>
Aparelho	Potência	Horas Utilizado	Consumo Estimado (kWh)	Recomendações
Ar Condicionado	2325.67	30	69.77	<a href="#">Ver recomendação</a>
Ar Condicionado	2325.67	30	69.77	<a href="#">Ver recomendação</a>
ASPIRADOR DE PÓ	876	30	26.28	<a href="#">Ver recomendação</a>
Chuveiro	3710.34	60	222.62	<a href="#">Ver recomendação</a>
Ferro	156	12	1.87	<a href="#">Ver recomendação</a>
Filtro de Água	6	720	4.32	<a href="#">Ver recomendação</a>
Geladeira	85	720	61.20	<a href="#">Ver recomendação</a>
Iluminação	80	120	9.60	<a href="#">Ver recomendação</a>
Iluminação	80	120	9.60	<a href="#">Ver recomendação</a>
Iluminação	40	90	3.60	<a href="#">Ver recomendação</a>

Fonte: Próprio Autor.

A Figura 35 mostra a recomendação fornecida pelo sistema para o consumo do ar-condicionado, baseada nos dados simulados para o Estudo de Caso 1. Essa recomendação, mostra como o sistema é capaz de analisar os padrões de consumo personalizados do usuário, identificar áreas de melhoria e sugerir estratégias para reduzir o uso de energia elétrica. Essas sugestões personalizadas são valiosas para orientar o usuário na implementação de ações efetivas e práticas sustentáveis, resultando em economia de energia e redução de impactos ambientais.


Figura 35 - Interface do sistema com recomendações para ar-condicionado.

Recomendações x

---

Siga abaixo as recomendações para o aparelho!

---



---

### Recomendações - Ar Condicionado

Um aparelho de ar condicionado de 7500 BTU (540W), ligado 8 horas por dia, representará um consumo médio mensal de 130 kWh ou aproximadamente 30% do total da residência.
Mantenha portas e janelas bem fechadas quando o aparelho estiver funcionando.
Na hora da compra, dê preferência aos modelos que têm o Selo Procel de Economia de Energia. Eles vão fazer uma boa diferença na sua conta de luz, principalmente no verão, quando o ar condicionado chega a representar um terço do consumo de energia da casa.
Proteja a parte externa do aparelho da incidência do sol, sem bloquear as áreas de ventilação.
Dimensione a potência do ar (BTUs) adequada ao tamanho do ambiente.
Limpe o filtro periodicamente, para não prejudicar a circulação de ar, não bloqueie a grade de ventilação.
Ao sair do ambiente, desligue o aparelho.
Evite o frio excessivo, regulando o termostato.
Opte pelo uso do ventilador quando possível, se não, utilize o ar-condicionado entre as temperaturas de 23°C a 25°C, além disso, programe-o para se desligar durante a madrugada.

Fonte: Próprio Autor.

As Figuras 36 e 37 a seguir, apresentam as recomendações sugeridas ao usuário para o chuveiro e geladeira, respectivamente. Ambos os aparelhos são conhecidos por contribuírem para o aumento das contas de energia. Na Figura 36, são apresentadas recomendações para o chuveiro, incluindo ajustes de temperatura e duração do banho, visando reduzir o consumo de energia. Já na Figura 37, são fornecidas sugestões relacionadas à geladeira, como o ajuste adequado da temperatura, organização interna e a manutenção regular do aparelho. Essas medidas visam otimizar o desempenho energético da geladeira e reduzir o desperdício.

Figura 36 - Interface do Sistema com recomendações para Chuveiro.

Recomendações x

Siga abaixo as recomendações para o aparelho!

---



---

### Recomendações - Chuveiro

Evite seu uso no horário de maior consumo de energia, ou seja, o horário de pico (17h30 às 20h30), pois este é um dos equipamentos que mais consome energia.
Quando não estiver fazendo frio, deixe a chave na posição "verão". Na posição inverno, o consumo é até 30% maior.
Feche a torneira quando se ensaboar. Lembre-se que a economia de água é fundamental para economia de energia.
Use resistências originais, verificando a potência e a voltagem correta do aparelho. Jamais faça emendas ou adaptações. Este procedimento aumenta o consumo de energia e causa sérios danos à instalação e ao chuveiro.
Estude a possibilidade de utilizar um aquecedor solar. Esse tipo de equipamento utiliza a luz do sol para aquecer a água utilizada nos banhos, além disso, necessitam de pouca manutenção.

[Entendido](#)

Fonte: Próprio Autor.

Figura 37 - Interface do Sistema com recomendações para Geladeira.

### Recomendações - Geladeira

Na hora da compra, procure os modelos com o Selo do Procel de Economia de Energia. Eles vão fazer uma boa diferença na sua conta de luz, pois consomem menos energia.
Instale o aparelho em local bem ventilado e longe do fogão, aquecedores e área expostas ao sol. Deixe espaço mínimo de 15 cm dos lados, acima e no fundo do aparelho, em caso de instalação entre armários e paredes.
Não abra a porta sem necessidade ou por tempo prolongado.
Não use as serpentinas de trás do aparelho para secar panos e roupas. Conserve-as limpas.
No inverno, a temperatura interna do refrigerador não precisa ser tão baixa quanto no verão. Regule o termostato.
Ao se ausentar de casa por tempo prolongado, esvazie a geladeira e/ou freezer e os desligue da tomada.
Arrume os alimentos de forma a perder menos tempo para encontra-los e deixe espaço entre eles para o ar poder circular.
Evite colocar panelas ou pratos quentes na geladeira. Isso causa um aumento desnecessário no consumo de energia. Deixe que os alimentos esfriem naturalmente do lado de fora, para, em seguida, guardá-los.
Não forre as prateleiras da geladeira. Isso dificulta a circulação de ar.
Faça o degelo periodicamente para evitar que se forme a camada de gelo.
Mantenha em perfeito estado a borracha de vedação da porta.

Fonte: Próprio Autor.

A partir da análise dos resultados de consumo de energia obtidos para este estudo de caso, foi realizada uma nova simulação do consumo de energia da Família 1 utilizando o sistema IF-Consumo. Nessa simulação, foi realizada a adoção das recomendações práticas sugeridas pelo sistema, para modificar os hábitos relacionados ao uso do chuveiro, geladeira, aspirador de pó, televisor, iluminação e ar-condicionado, que se destacam dentre os aparelhos responsáveis pelas maiores parcelas do consumo de energia elétrica desta família. O tempo de uso do chuveiro foi reduzido de 1,5 horas/dia para 60 minutos/dia. O tempo de uso do ar-condicionado foi reduzido em 1,5 horas/dia. O tempo de uso do televisor foi reduzido em 1 hora/dia e do aspirador em 1,0 horas/dia. Os tempos de uso da iluminação dos quartos e das salas foram reduzidos em 1 hora/dia. Dentre as recomendações implementadas, destacam-se o ajuste da temperatura da geladeira e do chuveiro, assim como a redução do tempo médio de banho de cada morador e o tempo de utilização do ar-condicionado e aspirador de pó.

A Tabela (3) apresenta os dados utilizados na simulação após a adesão das recomendações sugeridas durante a primeira simulação. Esses dados refletem as alterações feitas nos padrões de uso dos equipamentos mencionados, levando em consideração os ajustes recomendados pelo sistema IF-Consumo.

Tabela 3- Determinação das Potências e Frequências de Uso após recomendações do IF-Consumo

<b>SIMULAÇÕES - ESTUDO DE CASO 1</b>			
<b>EQUIPAMENTO ELÉTRICO</b>	<b>POTÊNCIA MÉDIA (W)</b>	<b>USO ESTIMADO (DIAS/MÊS)</b>	<b>MÉDIA UTILIZAÇÃO (H/DIA)</b>
<i>Geladeira Etiqueta A</i>	59,5	30	24
<i>Máquina de lavar roupas A</i>	230	12	1
<i>Microondas</i>	880	30	0,25
<i>Filtro de Água</i>	6	30	24
<i>Aspirador de Pó</i>	876	15	1
<i>Forno Elétrico Automático</i>	156	12	1
<i>Computador</i>	120	30	5
<i>Televisão comum 29"</i>	100	30	4
<i>Iluminação Quarto Solteiro</i>	20	30	3
<i>Iluminação Quarto Casal</i>	20	30	3
<i>Iluminação sala de estar</i>	80 (4x20)	30	3
<i>Iluminação sala de jantar</i>	80 (4x20)	30	3
<i>Iluminação Banheiro</i>	40 (2x20)	30	3
<i>Iluminação Cozinha</i>	40 (2x20)	30	3
<i>Iluminação Área de Serviços</i>	40 (2x20)	30	3
<i>Iluminação Área Externa</i>	280 (14x20)	30	2
<i>Chuveiro</i>	4950	30	1

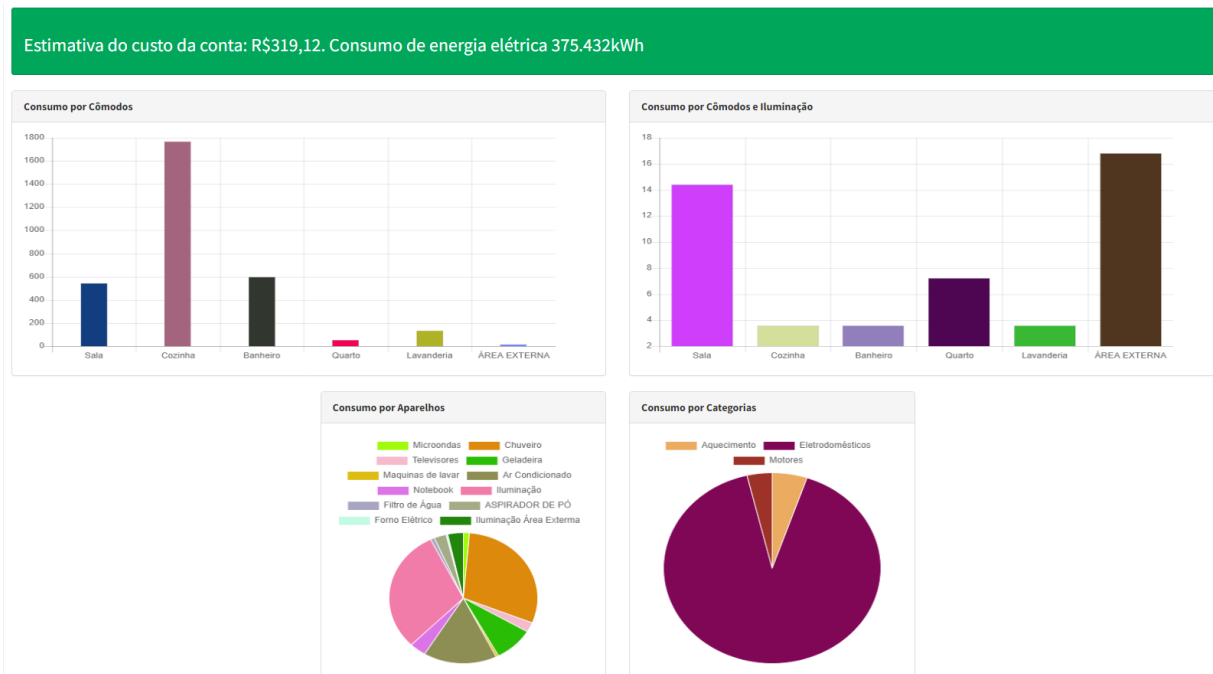
<b>Ar-condicionado Etiqueta A</b>	1330	30	2
-----------------------------------	------	----	---

Fonte: Próprio Autor.

Conforme mostrado pela Figura 38, houve uma significativa redução no consumo de energia da residência, apenas praticando pequenas mudanças referente ao modo e frequência de utilização dos equipamentos eletrônicos. É válido salientar, que dentre as mudanças, não houve a necessidade de realizar a substituição de equipamentos.

O valor da potência elétrica da geladeira foi reduzido em 30%, apenas com o ajuste da temperatura do termostato. Através de medições, foi possível comprovar que a diferença de consumo entre os níveis de carregamento máximo e mínimo de uma geladeira *frost free* poderia gerar uma economia de 42,74% (SANTANA et Al, 2016). Houve redução da quantidade de horas utilizadas de aparelhos como chuveiro, iluminação e aspirador de pó.

Figura 38 - Interface do sistema – Resultados do Estudo de Caso 1 após Recomendações.



Fonte: Próprio Autor.

Após comparar a primeira simulação, em que a família tinha hábitos ineficientes de consumo de energia, com a segunda simulação, foi observado que é possível reduzir os gastos com energia elétrica mantendo a utilização dos mesmos equipamentos por intermédio das recomendações sugeridas pelo sistema. No total, foram economizados 175,11 kWh por mês, resultando em uma economia financeira de R\$ 148,85. Esses resultados ressaltam a importância

de práticas conscientes de consumo de energia, evidenciando que, a forma como utilizamos os equipamentos podem ter um impacto expressivo na redução do consumo energético e, conseqüentemente, nas despesas relacionadas.

#### 4.1.2 Estudo de Caso 2 “Família Consciente com Equipamentos Ineficientes”

O segundo estudo de caso, envolve também uma família de 4 pessoas, um casal e dois filhos, que se preocupa com a utilização da energia elétrica de forma consciente. A família evita o desperdício de energia elétrica, entretanto, os equipamentos utilizados na residência são ineficientes e consomem muita energia. Os aparelhos são classificados pelo selo do PBE com etiqueta “E”. A Tabela (4) apresenta os equipamentos utilizados e os hábitos de consumo dos mesmos.

Tabela 4- Determinação dos Potências e Frequências de Uso – Estudo de Caso 2.

<b>SIMULAÇÕES - ESTUDO DE CASO 2</b>			
<b>EQUIPAMENTO ELÉTRICO</b>	<b>POTÊNCIA MÉDIA (W)</b>	<b>USO ESTIMADO (DIAS/MÊS)</b>	<b>MÉDIA UTILIZAÇÃO (h/dia)</b>
<i>Geladeira Etiqueta "E"</i>	110	30	24
<i>Máquina de lavar roupas "E"</i>	350	4	1
<i>Microondas</i>	880	30	0,1
<i>Filtro de Água</i>	6	30	24
<i>Aspirador de Pó</i>	876	4	2
<i>Forno Elétrico Automático</i>	156	8	1
<i>Computador</i>	120	25	2
<i>Televisão comum 29"</i>	100	25	2
<i>Iluminação Quarto Solteiro</i>	100	30	1
<i>Iluminação Quarto Casal</i>	100	30	1
<i>Iluminação sala de estar</i>	400 (4x100)	30	2
<i>Iluminação sala de jantar</i>	400 (4x100)	30	1
<i>Iluminação Banheiro</i>	200 (2x100)	30	1

<i>Iluminação Cozinha</i>	200 (2x100)	30	1
<i>Iluminação Área de Serviços</i>	200 (2x100)	26	1
<i>Iluminação Área Externa</i>	1400 (14x100)	20	0,5
<i>Chuveiro</i>	5500	30	0,67
<i>Ar-condicionado Etiqueta "E"</i>	2830	7	0,88

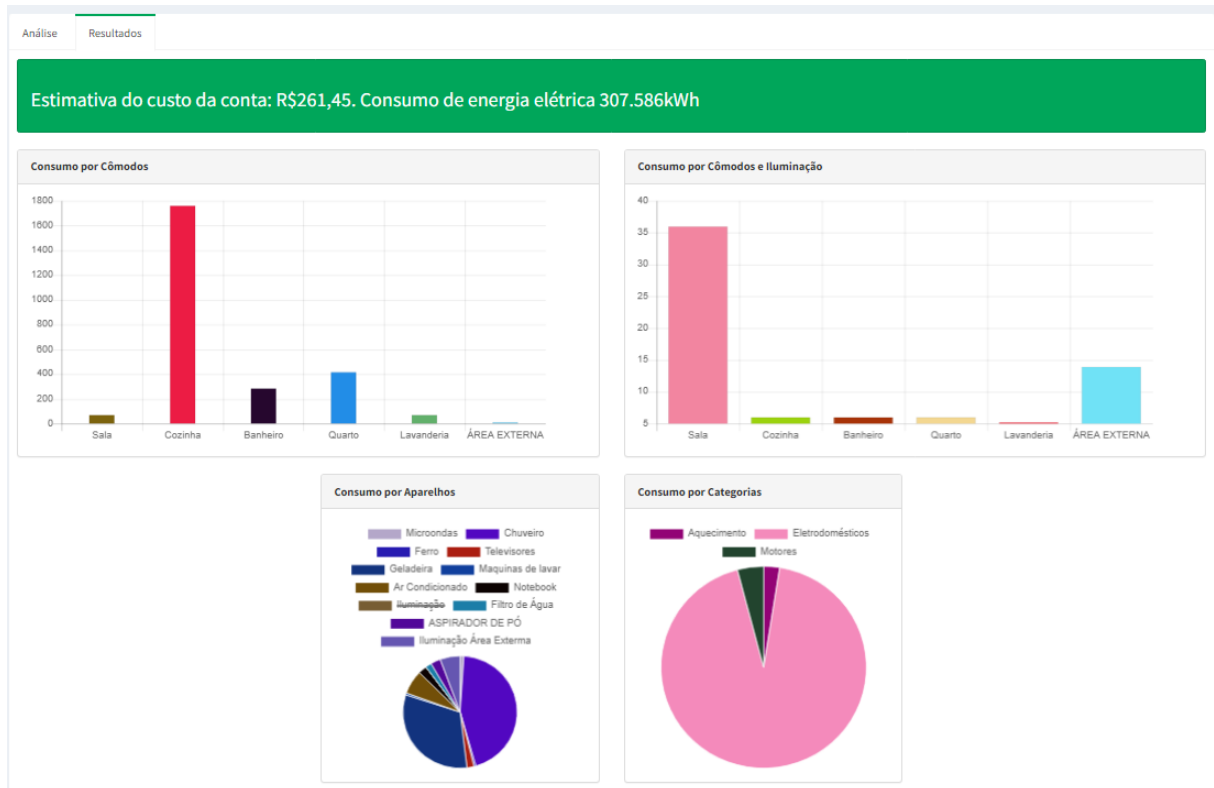
Fonte: Próprio Autor.

Com base nos dados apresentados referente ao Estudo de Caso "Família Consciente com Equipamentos Ineficientes", foi realizada a simulação no sistema IF-Consumo. Todos os equipamentos utilizados na residência foram incluídos, juntamente com suas respectivas frequências de uso.

Diferentemente do Estudo de Caso 1, a família destacada no Estudo de Caso 2 possui hábitos eficientes de consumo, valorizando a sustentabilidade e a conscientização no uso dos recursos energéticos. No entanto, os equipamentos presentes em sua residência possuem potências elevadas, o que acaba resultando em um maior consumo de energia elétrica.

Para ambos, Estudo de Caso 1 e Estudo de Caso 2, foram estabelecidos o valor de R\$0,85 por kWh como referência para a análise dos custos de energia, de acordo com a conta de energia da concessionária Cemig no mês de abril de 2023. A Figura 39 apresenta os resultados obtidos ao término da simulação, permitindo uma análise comparativa entre os dois cenários investigados.

Figura 39 - Interface do sistema – Resultados do Estudo de Caso 2.

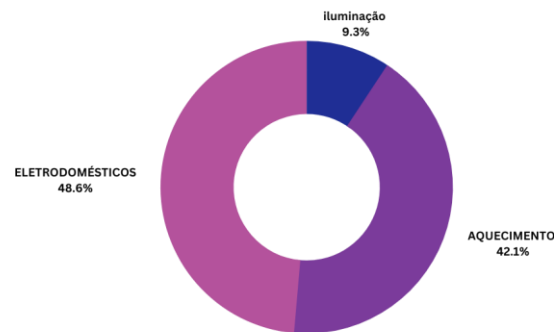


Fonte: Próprio Autor.

Assim como observado no primeiro estudo de caso, o chuveiro elétrico foi o eletrodoméstico que consumiu maior quantidade de energia elétrica, totalizando 110 [kWh/mês]. Em seguida, o aparelho que teve maior consumo energético foi a geladeira com 79,2 [kWh/mês], conforme gráficos gerados pelo IF-Consumo e mostrados na Figura 39.

A Figura 40 apresenta o consumo da residência por categorias de aquecimento, iluminação e eletrodomésticos.

Figura 40 - Consumo por categoria - Estudo de Caso 2.



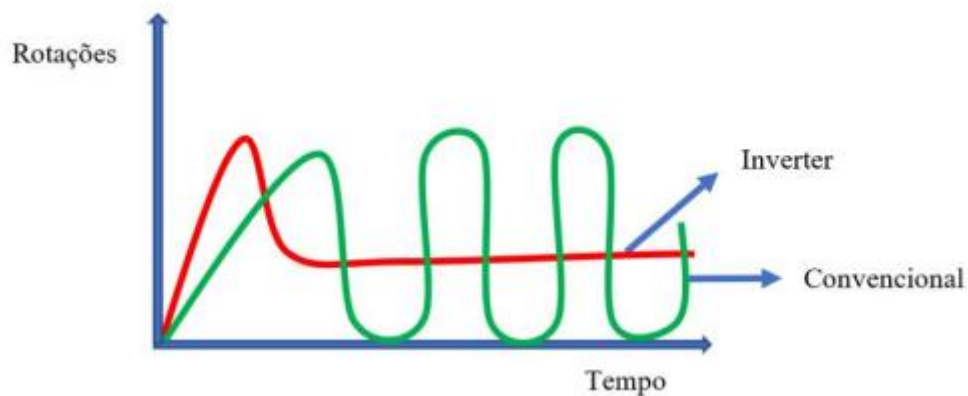
Fonte: Próprio autor.

O Apêndice A apresenta o relatório em formato PDF gerado pelo sistema após a finalização da simulação. No relatório estão presentes todos os gráficos relativos ao consumo da residência e as recomendações apresentadas ao usuário.

O simulador IF-Consumo também apresenta sugestões de trocas de equipamentos. Como a família da simulação do Estudo de Caso 2 possui consciência da importância utilizar os equipamentos de forma eficiente, a troca de equipamentos pode gerar uma significativa redução no consumo de energia elétrica.

O sistema oferece aos usuários a possibilidade de dimensionar corretamente o seu aparelho de ar-condicionado, por meio de uma calculadora de BTU's implementada no simulador. Realizar o dimensionamento adequado pode resultar em economia financeira e evitar desperdício de energia elétrica. Durante a compra, é recomendado escolher equipamentos eficientes, com o selo Procel e do tipo inverter, que opera com uma rotação mais baixa e pode gerar uma economia de aproximadamente 30% em comparação com os modelos convencionais (Rangel, 2020), conforme apresentado na Figura 41.

Figura 41 - Comparação entre os modelos de ar-condicionado inverter x convencional.



Fonte: Rangel, 2020.

A iluminação adequada também pode gerar uma grande economia de energia. Portanto, os consumidores devem optar por lâmpadas de led que consomem uma menor quantidade de energia elétrica e para produzir o mesmo valor fluxo luminoso ou até mesmo um valor superior. Embora tenham um custo inicial mais elevado, essas lâmpadas possuem maior durabilidade e um fluxo luminoso superior, o que as torna opções mais viáveis e com melhor relação custo-benefício.

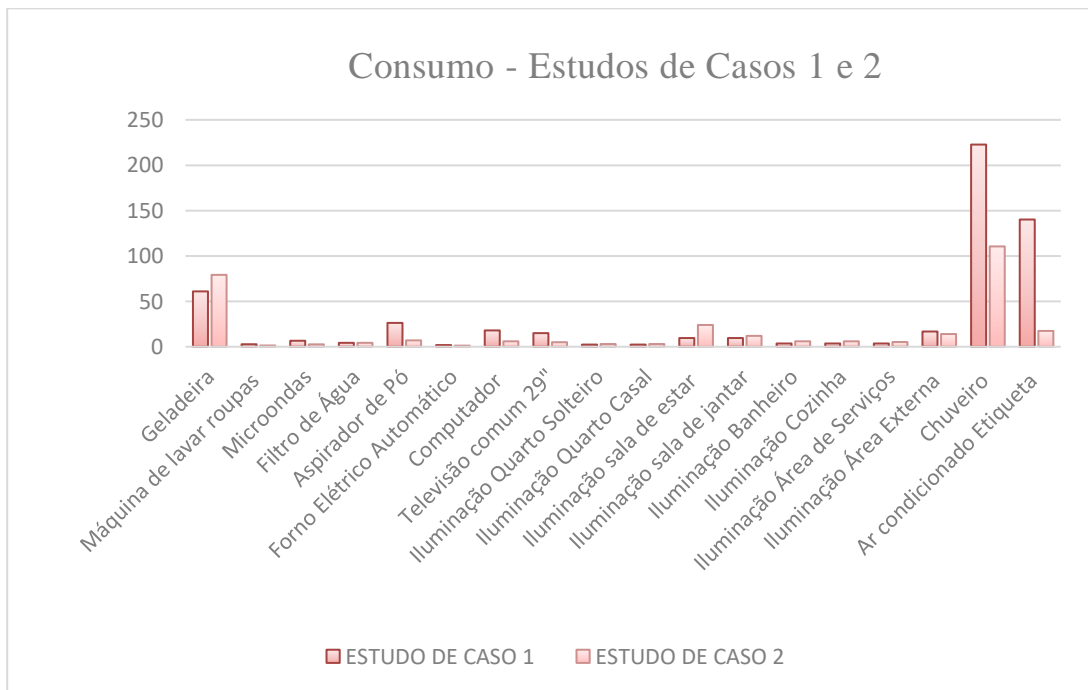
O chuveiro, frequentemente apontado como um dos principais responsáveis pelo aumento das contas de energia elétrica, pode ser otimizado para reduzir o consumo. Uma das opções é realizar a substituição por equipamentos mais eficientes que permitem um ajuste mais preciso da temperatura, evitando o consumo exacerbado de energia elétrica.

Após a avaliação dos estudos de caso apresentados, é possível concluir que, surpreendentemente, a família do Estudo de Caso 2 conseguiu consumir menos energia elétrica do que a família do Estudo de Caso 1, mesmo possuindo equipamentos menos eficientes em termos energéticos. Esse resultado evidencia a importância dos hábitos conscientes na promoção de uma economia de energia mais significativa e impactante.

Ao combinar o uso consciente dos recursos energéticos com a adoção de equipamentos que possuam a sinalização de menor consumo, conforme estabelecido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), uma família conseguiria alcançar resultados ainda mais expressivos na redução do consumo de energia elétrica. Essa abordagem não apenas beneficia o meio ambiente, mas também traz vantagens financeiras, verificou os custos com a conta de energia.

A Figura 42 ilustra de maneira clara a diferença de consumo por equipamento entre as residências residentes nos dois estudos de caso. Essa comparação é fundamental para entender os fatores que obedeceram para a eficiência energética e a importância da conscientização no uso dos recursos elétricos.

Figura 42 - Gráfico Comparativo dos consumos nos Estudos de Casos.



Fonte: Próprio Autor.

#### 4.1.3 Minicurso IFMG – Campus Formiga

O sistema IF-Consumo foi aplicado e testado em um contexto prático através de um minicurso ministrado no evento X JECT do IFMG Campus Formiga. Durante o curso, 38 participantes tiveram a oportunidade de simular o consumo de energia elétrica em suas próprias residências, o que permitiu uma avaliação mais completa do desempenho e eficácia do sistema.

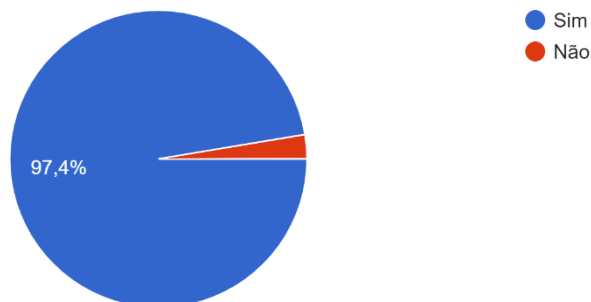
Após a conclusão do minicurso, um formulário foi disponibilizado aos 38 participantes com o intuito de coletar *feedbacks* acerca das impressões dos usuários sobre o funcionamento do sistema IF-Consumo, sendo apresentado um resumo dos resultados obtidos na Figura 43. Essa abordagem proporcionou a identificação de aspectos positivos e pontos que necessitam de melhorias no sistema, além de gerar informações importantes para futuras atualizações.

Figura 43 - Respostas do formulário avaliativo do Minicurso.



Você julga que as recomendações do IF-CONSUMO são efetivas e de fácil implementação para redução do consumo de energia elétrica?

38 respostas



Fonte: Próprio autor.

Os participantes foram questionados acerca da utilização do sistema IF-Consumo. Alguns informaram que tiveram problemas durante a realização da simulação. Ao descrever os problemas, observou-se que os mesmos estavam vinculados as limitações impostas pela hospedagem gratuita do sistema, realizada em outro site à época da oferta do curso. Tais

restrições impossibilitaram a geração do relatório em formato \*pdf, ou sobre a instabilidade do sistema gerada pelos acessos simultâneos.

Sobre as recomendações, houve um *feedback* positivo com relação a efetividade e a facilidade de implementação das mudanças com relação aos hábitos de consumo. Apenas um participante, dos 38 presentes, mencionou que o sistema não apresenta recomendações efetivas e de fácil implementação.

Solicitamos aos participantes que sugerissem possíveis melhorias para o sistema. Entre as respostas, alguns mencionaram a necessidade de ampliar a gama de equipamentos e fabricantes disponíveis no sistema. No entanto, vale ressaltar que tais funcionalidades já foram incorporadas ao sistema, mas não puderam ser plenamente utilizadas devido às restrições impostas pelo serviço de hospedagem gratuita. Dentre as restrições, podemos citar a impossibilidade de efetuar cadastros no sistema e gerar o relatório no formato \*pdf.

#### **4.1.4 Projeto de Extensão – IFMG Campus Formiga**

Em novembro de 2022, foi desenvolvido um projeto de extensão chamado Projeto Luminotécnico para residências aplicando requisitos para certificação GBC Brasil LIFE e análise de viabilidade econômica, coordenado pelos professores José Antônio Moreira de Rezende e André Roger Rodrigues do IFMG Campus Formiga.

Neste projeto foi ministrado um curso de extensão utilizando o *software* DIALux evo 10.1, que permitiu a modelagem de um ambiente típico de uma habitação. Com base nos resultados do cálculo luminotécnico obtidos, foi realizado um estudo comparativo de diferentes tipos de lâmpadas e arranjos aplicáveis. A metodologia proposta no projeto possibilita o desenvolvimento de projetos luminotécnicos que atendam aos requisitos de eficiência energética, levando em consideração parâmetros elétricos e fotométricos. Os critérios de conforto lumínico e uso eficiente da iluminação artificial foram seguidos de acordo com a Certificação GBC Brasil LIFE.

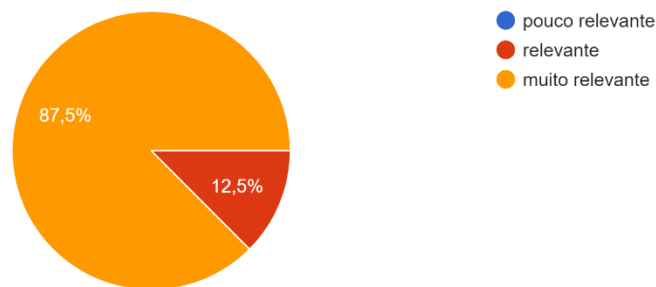
Durante este curso, os participantes utilizaram o sistema IF-Consumo para realizarem simulações de suas próprias residências. Ao final, os participantes responderam a um formulário avaliativo sobre o sistema. Algumas das respostas estão apresentadas na Figura 44,

uma vez que refletem importantes impressões dos usuários acerca do uso do sistema e de sua aplicação à estudos práticos em unidades consumidoras reais.

Figura 44 - Respostas Formulários – Projeto de Extensão.

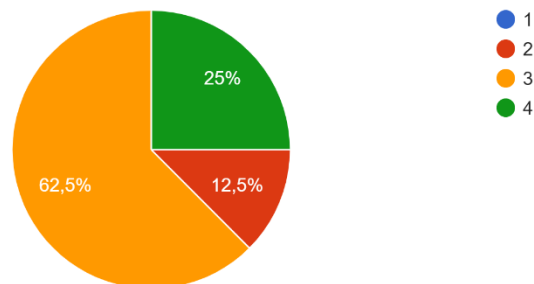
6 - Qual sua avaliação sobre a importância do estudo para uso eficiente da energia elétrica e economia na conta de energia elétrica empregando o software IF-CONSUMO:

8 respostas



7 - Qual a sua avaliação sobre o sistema IF-CONSUMO: 1 - simples; 2 - regular; 3 - bom; 4- sistema especialista

8 respostas



Fonte: Próprio Autor.

Como pode ser observado por análise das respostas, um dos pontos questionados no formulário trata de sugestões de melhorias e aperfeiçoamento do sistema IF-Consumo. Algumas das respostas obtidas foram transcritas a seguir:

“Talvez algum link de informação que mostre qual o fator de potência usado para entendimento do profissional interessado.”

“Acredito que já é um sistema muito completo, o que falta infelizmente é fazermos com que chegue até as pessoas fora do IF.”

“Pelo que usei durante o curso, creio que pequenas melhorias em alguns 'bugs', e adesão de mais fabricantes a plataforma, ajudariam muito. É uma plataforma muito completa, e bem intuitiva.”

“Tornar a interface mais atual, além de oferecer novas opções como definição da bandeira tarifaria, versão mobile e adição de novos componentes.”

“Nenhuma.”

“Acredito que o sistema já está ótimo, só falta as pessoas conhecerem mais dele e usufruírem.”

“Trabalhar mais com o sistema, simulando a nossa própria casa com o intuito de abaixar o consumo e assim aprendendo mais e podendo aplicar em outras residências.”

“O programa não tem todas as informações e alguns bugs”.

A análise destas respostas permite concluir que os objetivos almejados com o desenvolvimento do sistema IF-Consumo foram alcançados. É importante ressaltar que o referido projeto de extensão recebeu o Prêmio Mérito Extensionista<sup>3</sup>, cujo intuito é enaltecer o crescimento da extensão no IFMG. O prêmio foi concedido na categoria “Destaque Proex” pelo destaque a gestão do projeto, fato que reforça a importância de desenvolvimento e aplicação deste tipo de sistema em estudos relacionados à eficiência energética.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste Trabalho de Conclusão de Curso demonstram a eficácia e o potencial do sistema IF-Consumo no apoio a pequenos consumidores na busca por um uso mais eficiente da energia elétrica. Com base nos resultados obtidos com os estudos de casos realizados com o sistema desenvolvido, é importante ressaltar que a capacidade de monitorar gastos e identificar os pontos mais críticos é um dos encargos para o desenvolvimento

---

<sup>3</sup> Servidores do campus participam de cerimônia de entrega do Prêmio Mérito Extensionista 2022. Disponível em: [Servidores do campus participam de cerimônia de entrega do Prêmio Mérito Extensionista 2022 - IFMG - Campus Formiga](#)

sustentável, caracterizando uma ferramenta estratégica para diminuição das contas de energia elétrica.

A aplicação em um ambiente educativo evidenciou não apenas a adaptabilidade do sistema, mas também seu potencial como instrumento de ensino e aprendizado. Os 38 participantes conseguiram aprofundar seu entendimento sobre os conceitos de eficiência energética aplicada a unidades consumidoras de baixas tensões e compreender a importância de manter práticas sustentáveis, ao mesmo tempo em que interagem diretamente com as funcionalidades e recursos proporcionados pelo sistema IF-Consumo. Em resumo, a experiência proporcionou uma valiosa oportunidade de avaliação e validação do protótipo apresentado neste Trabalho de Conclusão de Curso, contribuindo para o aprimoramento contínuo do sistema.

Além disso, os estudos conduzidos com o uso do *software* pelos alunos, durante o minicurso, reforçam a viabilidade do IF-Consumo como uma solução acessível para um público amplo. O aumento da consciência sobre o uso responsável de energia elétrica e a redução do impacto ambiental são aspectos cruciais para enfrentar os desafios atuais e futuros no âmbito das mudanças climáticas e da sustentabilidade.

Os resultados obtidos nos estudos de caso comprovam a relevância do sistema como uma ferramenta prática e intuitiva para auxiliar o pequeno consumidor, a mudar seus maus hábitos de consumo, proporcionando uma redução significativa nos gastos com energia elétrica.

A diversidade dos aparelhos e do consumo observados nos dois estudos de casos apresentados neste trabalho - o primeiro retrata uma residência que consome uma grande quantidade de energia elétrica e possui equipamentos eficientes, já o segundo estudo apresenta uma residência que consome energia de forma consciente possuindo equipamentos ineficientes - permite afirmar que o sistema pode ser aplicado em diferentes cenários e gerar resultados satisfatórios.

Deste modo, o presente TCC destaca o sistema IF-Consumo como uma solução inovadora no campo da eficiência energética, capaz de gerar benefícios tangíveis para os pequenos consumidores e para o meio ambiente.

Vale ressaltar que esta pesquisa gerou uma publicação (RODRIGUES et al., 2021) no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2021<sup>4</sup>, ambiente que reúne gestores e representantes de órgãos oficiais e instituições de ensino relacionados à Educação em Engenharia, evidenciando a relevância do trabalho desenvolvido.

## 6. TRABALHOS FUTUROS

Neste TCC, foram apresentadas as funcionalidades do sistema IF-Consumo aplicado à duas residências distintas e suas contribuições frente à eficiência energética. Somados aos testes realizados e o recebimento de *feedbacks* durante o minicurso, constatou-se que o sistema apresenta um grande potencial e que cabem trabalhos futuros para que outras funcionalidades sejam desenvolvidas. Dentre elas podemos citar:

- Expansão da base de dados: Aprimorar o banco de dados do sistema IF-Consumo, incluindo mais equipamentos, bem como os lançamentos mais recentes e as tecnologias disponíveis no mercado, possibilitando simulações mais precisas e atualizadas;
- Integração com sistemas de automação residencial: Investigar a viabilidade de integrar o IF-Consumo a sistemas de automação residencial, facilitando o monitoramento e controle do consumo de energia em tempo real;
- Adaptação para outros setores: Modificar o sistema IF-Consumo para atender a outros segmentos de consumidores, como indústrias, comércios e serviços públicos, expandindo seu impacto e abrangência;
- Aprimoramento do sistema IF-Consumo, relacionado ao custo de disponibilidade apresentado pela concessionária de energia e a modalidade de Tarifa Branca, para maior assertividade da simulação;

---

<sup>4</sup> Publicação disponível em: [http://www.abenge.org.br/sis\\_artigo\\_doi.php?e=COBENGE&a=21&c=3739](http://www.abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=21&c=3739).

- Implementação de algoritmos para cálculo de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos e análise da viabilidade de implantação, baseados na simulação de consumo realizada;
- Criação de um aplicativo móvel: Desenvolver um aplicativo móvel para o sistema IF-Consumo, oferecendo maior acessibilidade e comodidade aos usuários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (Brasil). Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública /Agência Nacional de Energia Elétrica. 4. Ed. - Brasília: ANEEL., 2008 32 p.: il.

**Balanco Energético Nacional 2022.** EPE. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. " Submódulo 6.8 dos Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET, Bandeiras Tarifárias ". Brasília: ANEEL, 2019

ANEEL. "**Geração Distribuída**". 2017. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) ed. Acesso em: 17 de set, 2022.

**Balanco Energético Nacional 2022.** EPE. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

BEN 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/balanco-energetico-nacional/ben-2022>>. Acesso em: 10 maio. 2023.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia. LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Volume 2. Florianópolis. Santa Catarina. 2010.

CAPPETTA, Dalmir. **Contribuições para o estabelecimento de um programa de redes elétricas inteligentes no âmbito do setor elétrico brasileiro.** 2014. 228 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo.

Diário Oficial da União - Seção 1 - 18/10/2001, Página 1 . Lei 10.295. 2001. Disponível em: [Portal da Câmara dos Deputados \(camara.leg.br\)](http://portal.da.camara.br). Acesso em: 20 de janeiro de 2023.

FERRAZ, Vanderleia Contini. **TERMELÉTRICAS- UMA VISÃO GERAL: combustíveis, ciclos térmicos, eficiência.** 2018. 119 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Departamento de Engenharia Elétrica. Florianópolis - SC.

Estudo analisa aumento do consumo residencial de energia durante a pandemia. **Coordenação de Comunicação Social, UFPEL**. 07 de abril 2021. Disponível em: <https://ccs2.ufpel.edu.br/wp/2021/04/07/estudo-analisa-aumento-do-consumo-residencial-de-energia-durante-a-pandemia>. Acesso: 21 de Junho de 2023.

Empresa de pesquisa energética (EPE). **Atlas da Eficiência Energética Brasileira**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil-2022>. Acesso: 28 de janeiro de 2023.

Empresa de pesquisa energética (EPE). **MATRIZ ENERGÉTICA**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em 10 de Abril de 2023

EnergyStar. ENERGY STAR | The simple choice for energy efficiency. Disponível em: <https://www.energystar.gov/about>. Acesso em: 14 de janeiro de 2023

**Eficiência Energética pode ser saída para a crise**. Programa do Bom Uso Energético - PROBEN. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/proben/eficiencia-energetica-pode-ser-saida-para-a-crise/>>. Acesso em: 26 maio 2023.

FERREIRA, J. B. Análise de formas de medição de consumo de energia elétrica no setor residencial. Recife: Universidade Federal de Pernambuco Centro de Informática, v. 1, 2012. FLANAGAN, D. JavaScript: o guia definitivo. Porto Alegre: Bookman, 2004.

Geração Distribuída. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acesso em 15 de abril de 2020.

KELMAN J. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2008. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília. Acesso em março 2023. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem>>. Acesso em: 10 maio. 2023.

MME-MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/procel>. Acesso em 31 de maio de 2023.

RANGEL, Maurício Silva et al. Análise do consumo e qualidade de energia em condicionadores de ar convencional e inverter. 2020.

RODRIGUES et.al. **IF-Consumo: sistema didático para análise de consumo de energia elétrica e aumento da eficiência energética em instalações.** 2021. 12 p. Artigo Cobenge. Disponível: [http://www.abenge.org.br/sis\\_artigo\\_doi.php?e=COBENGE&a=21&c=3739.>](http://www.abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=21&c=3739.>)

SANTANA, Thallis Elizeu Lima dos Santos; CRUZ, Antonia Ferreira dos Santos. **Estudo do potencial de conservação de energia através do controle do carregamento de geladeira e ar condicionado.** Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, v. 15, 2016.

SCHRIEFER, Dictmar Hans. **Estudo da alteração da Resolução Normativa nº 482/2012 e seus impactos no mercado de geração fotovoltaica.** 2022. 56 p. Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia Elétrica. Ouro Preto – MG.

SILVEIRA, André da Silva. **Análise técnica e econômica para a implantação de gerador eólico residencial.** 2021. 91 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, CST em Sistemas de Energia. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica. Florianópolis – SC.

**SIMULADOR CEMIG.** Disponível em: [http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Páginas/simulador\\_de\\_consumo.aspx](http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Páginas/simulador_de_consumo.aspx);

**SIMULADOR COPEL.** Disponível em: <https://www.copel.com/scnweb/simulador/inicio.jsf>; Acesso em: 14 de abril de 2023;.

**SIMULADOR ENEL.** Disponível em: <https://enel-rj.simuladordeconsumo.com.br/>; Acesso em: 02 de abril de 2023.

**APÊNDICE A – EXEMPLO DE RELATÓRIO FINAL DE ANÁLISE DE CONSUMO GERADO  
PELO IF-CONSUMO**



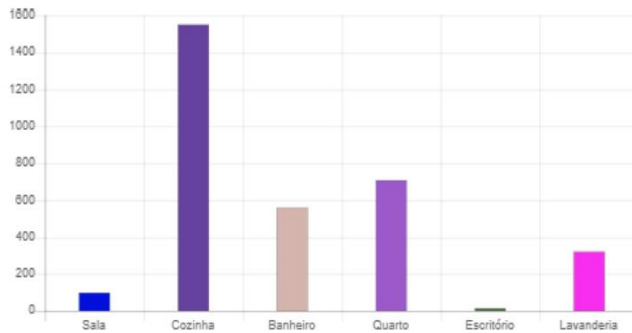
## Relatório Final - Análise de consumo

O sistema realizou análises sobre seu consumo e aqui estão presentes algumas recomendações, objetivando um consumo mais eficiente e adequado dos aparelhos selecionados.

### Consumo por Categoria

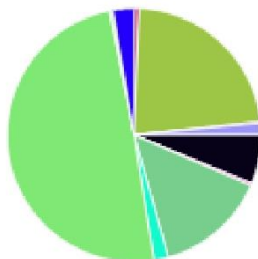


### Consumo por Ambiente



### Consumo por Aparelho

- Microondas
- Chuveiro
- Ferro
- Televisores
- Geladeira
- Maquinas de lavar
- Ar Condicionado
- Notebook
- Iluminação
- Filtro de Água
- ASPIRADOR DE PÓ



## Dicas e Recomendações

### Geladeira

- Na hora da compra, procure os modelos com o Selo do Procel de Economia de Energia. Eles vão fazer uma boa diferença na sua conta de luz, pois consomem menos energia.
- Instale o aparelho em local bem ventilado e longe do fogão, aquecedores e área expostas ao sol. Deixe espaço mínimo de 15 cm dos lados, acima e no fundo do aparelho, em caso de instalação entre armários e paredes.
- Não abra a porta sem necessidade ou por tempo prolongado.
- Não use as serpentinas de trás do aparelho para secar panos e roupas. Conserve-as limpas.
- No inverno, a temperatura interna do refrigerador não precisa ser tão baixa quanto no verão. Regule o termostato.
- Ao se ausentar de casa por tempo prolongado, esvazie a geladeira e/ou freezer e os desligue da tomada.
- Arrume os alimentos de forma a perder menos tempo para encontrá-los e deixe espaço entre eles para o ar poder circular.
- Evite colocar panelas ou pratos quentes na geladeira. Isso causa um aumento desnecessário no consumo de energia. Deixe que os alimentos esfriem naturalmente do lado de fora, para, em seguida, guardá-los.
- Não forre as prateleiras da geladeira. Isso dificulta a circulação de ar.
- Faça o degelo periodicamente para evitar que se forme a camada de gelo.
- Mantenha em perfeito estado a borracha de vedação da porta.



### Maquinas de lavar

- Economize água e energia elétrica lavando, de uma só vez, a quantidade máxima de roupa indicada pelo fabricante.
- Atente-se as especificações de cada roupa, nos modos de lavagem da máquina e em como os produtos de limpeza devem ser usados pode evitar etapas desnecessárias, diminuir a frequência das lavagens e, conseqüentemente, economizar água e energia elétrica.
- Mantenha sempre o filtro limpo.



## Microondas



## Notebook

- Programe o monitor para utilizar o descanso de tela.
- Desligue o monitor em ausência por mais de 10 minutos.
- Programe o desligamento automático do monitor: mantenha acionado o Programa “Energy Star” (meu computador painel de controle/vídeos).
- Não deixe a impressora e o estabilizador ligados sem necessidade.
- Se o tempo de inatividade for longo, não deixe-o em stand-by, desligue-o (o consumo de aparelhos em Stand By pode representar 12% do consumo normal).



## Televisores

- Desligue a TV se não tiver ninguém assistindo.
- Evite ligar mais de uma TV. Assista junto com a família.
- Desligue a TV antes de dormir ou programe o timer.
- Desligue a TV quando for tomar banho.
- Reduza a iluminação quando a TV estiver ligada.
- A lâmpada LED é mais econômica porque sua eficiência luminosa é maior do que a de outros tipos de lâmpadas. Ou seja, gasta menos energia para gerar a mesma iluminação.
- As LED podem durar, dependendo do modelo, pelo menos vinte e cinco vezes mais do que as lâmpadas incandescentes e quatro vezes mais do que as fluorescentes compactas.



## Iluminação

- A lâmpada LED é mais econômica porque sua eficiência luminosa é maior do que a de outros tipos de lâmpadas. Ou seja, gasta menos energia para gerar a mesma iluminação.
- As LED podem durar, dependendo do modelo, pelo menos vinte e cinco vezes mais do que as lâmpadas incandescentes e quatro vezes mais do que as fluorescentes compactas.
- VANTAGENS AMBIENTAIS: As LED geram menor risco para a saúde dos consumidores e para o meio ambiente, pois não contêm mercúrio na sua constituição, como é o caso das fluorescentes compactas. Podem, inclusive, ser descartadas em lixo comum.
- A substituição pode exigir um investimento inicial alto, nem sempre previsto nos orçamentos familiares, recomenda-se que se troque inicialmente as lâmpadas dos cômodos mais utilizados e que apresentem maior valor de consumo de energia, de acordo com o gráfico do resultado.
- Evite acender qualquer lâmpada durante o dia, habituando-se a utilizar melhor a iluminação natural.
- Apague as lâmpadas dos cômodos desocupados, salvo aquelas que contribuem para a sua segurança.
- Utilize somente lâmpadas de voltagem (Volts) compatível com a voltagem da rede da concessionária de energia elétrica.
- A iluminação deve ser adequada a cada tipo de ambiente. Tanto a falta como o excesso de iluminação prejudicam a visão.
- Pinte tetos e paredes internas com cores claras evitando o uso de lâmpadas de maior potência.



## Iluminação

- A lâmpada LED é mais econômica porque sua eficiência luminosa é maior do que a de outros tipos de lâmpadas. Ou seja, gasta menos energia para gerar a mesma iluminação.
- As LED podem durar, dependendo do modelo, pelo menos vinte e cinco vezes mais do que as lâmpadas incandescentes e quatro vezes mais do que as fluorescentes compactas.
- **VANTAGENS AMBIENTAIS:** As LED geram menor risco para a saúde dos consumidores e para o meio ambiente, pois não contêm mercúrio na sua constituição, como é o caso das fluorescentes compactas. Podem, inclusive, ser descartadas em lixo comum.
- A substituição pode exigir um investimento inicial alto, nem sempre previsto nos orçamentos familiares, recomenda-se que se troque inicialmente as lâmpadas dos cômodos mais utilizados e que apresentem maior valor de consumo de energia, de acordo com o gráfico do resultado.
- Evite acender qualquer lâmpada durante o dia, habituando-se a utilizar melhor a iluminação natural.
- Apague as lâmpadas dos cômodos desocupados, salvo aquelas que contribuem para a sua segurança.
- Utilize somente lâmpadas de voltagem (Volts) compatível com a voltagem da rede da concessionária de energia elétrica.
- A iluminação deve ser adequada a cada tipo de ambiente. Tanto a falta como o excesso de iluminação prejudicam a visão.
- Pinte tetos e paredes internas com cores claras evitando o uso de lâmpadas de maior potência.



## Chuveiro

- Evite seu uso no horário de maior consumo de energia, ou seja, o horário de pico (17h30 às 20h30), pois este é um dos equipamentos que mais consome energia.
- Quando não estiver fazendo frio, deixe a chave na posição “verão”. Na posição inverno, o consumo é até 30% maior.
- Feche a torneira quando se ensaboar. Lembre-se que a economia de água é fundamental para economia de energia.
- Use resistências originais, verificando a potência e a voltagem correta do aparelho. Jamais faça emendas ou adaptações. Este procedimento aumenta o consumo de energia e causa sérios danos à instalação e ao chuveiro.
- Estude a possibilidade de utilizar um aquecedor solar. Esse tipo de equipamento utiliza a luz do sol para aquecer a água utilizada nos banhos, além disso, necessitam de pouca manutenção.



## Iluminação

- A lâmpada LED é mais econômica porque sua eficiência luminosa é maior do que a de outros tipos de lâmpadas. Ou seja, gasta menos energia para gerar a mesma iluminação.
- As LED podem durar, dependendo do modelo, pelo menos vinte e cinco vezes mais do que as lâmpadas incandescentes e quatro vezes mais do que as fluorescentes compactas.
- VANTAGENS AMBIENTAIS: As LED geram menor risco para a saúde dos consumidores e para o meio ambiente, pois não contêm mercúrio na sua constituição, como é o caso das fluorescentes compactas. Podem, inclusive, ser descartadas em lixo comum.
- A substituição pode exigir um investimento inicial alto, nem sempre previsto nos orçamentos familiares, recomenda-se que se troque inicialmente as lâmpadas dos cômodos mais utilizados e que apresentem maior valor de consumo de energia, de acordo com o gráfico do resultado.
- Evite acender qualquer lâmpada durante o dia, habituando-se a utilizar melhor a iluminação natural.
- Apague as lâmpadas dos cômodos desocupados, salvo aquelas que contribuem para a sua segurança.
- Utilize somente lâmpadas de voltagem (Volts) compatível com a voltagem da rede da concessionária de energia elétrica.
- A iluminação deve ser adequada a cada tipo de ambiente. Tanto a falta como o excesso de iluminação prejudicam a visão.
- Pinte tetos e paredes internas com cores claras evitando o uso de lâmpadas de maior potência.





## Ar Condicionado

- Um aparelho de ar condicionado de 7500 BTU (540W), ligado 8 horas por dia, representará um consumo médio mensal de 130 kWh ou aproximadamente 30% do total da residência.
- Mantenha portas e janelas bem fechadas quando o aparelho estiver funcionando.
- Na hora da compra, dê preferência aos modelos que têm o Selo Procel de Economia de Energia. Eles vão fazer uma boa diferença na sua conta de luz, principalmente no verão, quando o ar condicionado chega a representar um terço do consumo de energia da casa.
- Proteja a parte externa do aparelho da incidência do sol, sem bloquear as áreas de ventilação.
- Dimensione a potência do ar (BTUs) adequada ao tamanho do ambiente.
- Limpe o filtro periodicamente, para não prejudicar a circulação de ar, não bloqueie a grade de ventilação.
- Ao sair do ambiente, desligue o aparelho.
- Evite o frio excessivo, regulando o termostato.
- Opte pelo uso do ventilador quando possível, se não, utilize o ar-condicionado entre as temperaturas de 23°C a 25°C, além disso, programe-o para se desligar durante a madrugada.



## Ferro

- Evite ligar o ferro elétrico os horários em que muitos outros aparelhos estejam ligados. Ele sobrecarrega a rede elétrica.
- Regule a temperatura no caso dos ferros automáticos. Passe primeiro as roupas delicadas que precisam de menor calor. No final depois de desligar o ferro, aproveite ainda o seu calor para passar algumas roupas leves.
- Desligue o ferro quando for interromper o serviço.



### Dicas Gerais

- Reduza o uso no horário de pico. No horário de pico, entre as 18h e 21h, o custo da energia é maior do que no resto do dia. Evite usar aparelhos elétricos de grande consumo durante este período do dia, principalmente chuveiros, ferros elétricos, autoclaves, bombas-d'água, ar-condicionado, etc.
- Desligue os aparelhos da tomada e economize até 20%. Quando aparelhos como televisores, computadores, aparelhos de som e DVD ficam em stand-by (modo de espera), eles continuam gastando energia. Para evitar isso, basta desligar da tomada.
- Use cores claras nas paredes. Evite pintar com cores escuras as paredes dos halls dos elevadores, escadas, corredores e salas, pois elas exigirão lâmpadas de maior potência, consumindo mais energia elétrica.
- Use fios de secção (espessura) adequada. Ao fazer as instalações elétricas, consulte sempre um técnico especializado para que ele dimensione os fios e a proteção da instalação elétrica.
- Alguns eletrodomésticos, como geladeiras, freezers, aparelhos de ar condicionado, motores, coletores solares e lâmpadas, têm consumo medido por centros de pesquisas do governo. Os mais eficientes ganham o Selo Procel. Na hora da compra, escolha esses modelos.
- Tomadas quentes são sinônimo de desperdício. Por isso, evite o uso de benjamins.