

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA VICTOR CIVITA – FATEC TATUAPÉ

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONTROLE DE OBRAS

Kalebe Rodrigues Santos

Victor Silva Santos

**DESENVOLVIMENTO DE CALCULADORA PARA ANÁLISE
DE CONSUMO DE ENERGIA EM RESIDÊNCIAS**

São Paulo

2025

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA FACULDADE DE TECNOLOGIA VICTOR CIVITA – FATEC
TATUAPÉ**

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONTROLE DE OBRAS

Kalebe Rodrigues Santos

Victor Silva Santos

**DESENVOLVIMENTO DE CALCULADORA PARA ANÁLISE
DE CONSUMO DE ENERGIA EM RESIDÊNCIAS**

Trabalho de Graduação apresentado por Kalebe Rodrigues Santos e Victor Silva Santos como pré-requisito para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Controle de Obras, da Faculdade Tecnologia do Victor Civita - Tatuapé, elaborado sob a orientação do Prof. Dr. Haroldo Luiz Nogueira da Silva

São Paulo

2025

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA VICTOR CIVITA – FATEC TATUAPÉ

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONTROLE DE OBRAS

Kalebe Rodrigues Santos, Victor Silva Santos

**DESENVOLVIMENTO DE CALCULADORA PARA ANÁLISE DE CONSUMO DE
ENERGIA EM RESIDÊNCIAS**

Aprovado em: ____ de ____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Douglas Casagrande - FATEC Tatuapé Victor Civita

Prof. Me. Marcelo Marçula - FATEC Tatuapé Victor Civita

Orientador Prof. Dr. Haroldo Luiz Nogueira da Silva – FATEC Tatuapé Victor Civita

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todos os profissionais da construção civil, cuja dedicação, experiência e compromisso inspiram e tornam possível a evolução constante do nosso setor. Agradecemos profundamente pelo esforço diário de cada um em construir um futuro mais sustentável, eficiente e humano.

Estendemos também nossa gratidão às pessoas que, graças a esses profissionais, podem desfrutar de edificações mais seguras, confortáveis e econômicas.

E, de forma especial, dedicamos este trabalho às pessoas que caminharam ao nosso lado durante esta jornada; familiares, amigos e mentores, do qual o apoio e auxílio durante a caminhada foram essenciais para que chegássemos até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os profissionais da Fatec Tatuapé dentre eles docentes, mestres e demais colaboradores que ao longo do curso nos prestaram apoio e dedicação bem como pelo compromisso com nossa formação. Cada contribuição, direta ou indireta, foi essencial para que este trabalho se tornasse possível.

Dedicamos agradecimento especial ao nosso orientador, Prof. Dr. Haroldo Luiz Nogueira da Silva, que com sabedoria, profissionalismo e a atenção prestada, foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa. Sua orientação sempre direcionada, contribuiu significativamente para nosso crescimento.

Somos profundamente gratos por todo o conhecimento compartilhado e por ter conduzido este processo com tanta generosidade e excelência.

Também deixamos registrada nossa sincera gratidão à nossa rede de apoio, familiares e amigos que nos acompanharam, incentivaram e compreenderam cada desafio enfrentado ao longo do caminho.

RESUMO

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de uma calculadora para estimativa do consumo de energia elétrica residencial, visando oferecer aos usuários um meio simples e acessível para prever o gasto mensal e identificar oportunidades de economia.

Para validação da ferramenta, aplicou-se uma pesquisa de campo via formulário online, coletando dados reais de consumo e hábitos domésticos, utilizados como base comparativa entre os valores registrados e os calculados pelo método proposto.

A calculadora foi elaborada em planilha Excel, com programação adequada, interface intuitiva e estrutura de cálculo baseada na potência dos equipamentos, no tempo de uso e inserção de valores de tarifas.

Os testes indicaram margem de erro média de 5,10% entre os resultados obtidos e os valores informados pelos participantes. O estudo confirma a aplicabilidade da calculadora como instrumento de apoio à gestão do consumo energético residencial, além de seu potencial caráter educativo.

Palavras-chave: Energia, consumo residencial, calculadora, eficiência energética, pesquisa de campo.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
kWh	Quilowatt-hora
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
PROCEL	Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem

Sumário

1	INTRODUÇÃO	8
2	METODOLOGIA	10
2.1	Processo de criação	10
2.1.1	Estrutura do simulador	11
2.1.2	Desenvolvimento do Simulador	12
2.1.3	Interface do simulador.....	13
3	PESQUISA DE CAMPO: CONSUMO DE ENERGIA EM RESIDÊNCIAS.....	14
3.1	Ambiente de pesquisa	14
3.2	Tipo de amostragem.....	14
3.3	Tratamento dos dados.....	16
4	VALIDAÇÃO DA CALCULADORA.....	17
4.1	Resultados e discussões	17
5	CONCLUSÃO	20
	ANEXO I.....	22
	ANEXO II.....	23
	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

O aumento constante das tarifas de energia elétrica e a crescente demanda por eficiência em seu uso, para sustentabilidade dos recursos naturais, evidenciam a necessidade de ferramentas que auxiliem na compreensão e no controle de seu consumo doméstico. Contudo, observa-se que parte das calculadoras de consumo energético, atualmente disponíveis em aplicativos e sites, não proporcionam uma experiência suficientemente prática ou intuitiva para o usuário comum. Poucas soluções adotam uma abordagem abrangente do consumo residencial, o que pode dificultar a visualização global do uso de energia de maneira simples.

Essa lacuna reforça a relevância de desenvolver uma ferramenta acessível, confiável e educativa, capaz de estimar o consumo com base em dados básicos, como potência, tempo de uso e tarifa; e produzir resultados próximos da realidade. Vale destacar que programas nacionais como o Procel incentivam práticas de conservação de energia justamente para promover esse uso mais eficiente.

Além disso, estatísticas da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) sobre demanda residencial evidenciam a variabilidade de consumo por classes, o que reforça a necessidade de instrumentos que “democratizem” a compreensão sobre energia elétrica. (TEIXEIRA, C. A, 2020). Diante desse cenário, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma calculadora de consumo de energia elétrica residencial, projetada para oferecer usabilidade, precisão e aplicabilidade cotidiana. A questão de pesquisa que orienta este estudo é: É possível criar uma ferramenta prática e acessível que estime com precisão o consumo energético residencial a partir de dados simples (potência, tempo e tarifa)? Parte-se da hipótese de que, com uma interface simples e cálculos validados por meio de dados reais obtidos por meio de pesquisa de campo, os resultados simulados podem se aproximar de maneira satisfatória dos valores efetivos.

O objetivo desta investigação, portanto, é desenvolver e validar uma calculadora de consumo residencial. A ferramenta pretende servir não apenas como instrumento de estimativa, mas também como recurso educativo, contribuindo para a cultura do consumo consciente.

Diversos estudos mostram que a análise detalhada de consumo de energia por aparelho é uma das formas mais eficazes de compreender onde e como ocorre o maior gasto de energia dentro de uma casa. O desenvolvimento de calculadoras e

simuladores baseados nesse método permite ao usuário estimar de forma simples o impacto de cada equipamento. (PROCEL, 2024; EPE, 2024).

A literatura sobre o assunto apresenta o *end-use*, que calcula o consumo a partir das características individuais dos aparelhos (potência, tempo de uso, quantidade, fator de utilização). Essa metodologia é amplamente usada em projetos de eficiência energética e estudos de caso residenciais (PROCEL EDUCAÇÃO, 2007).

Conforme a ISO 50015:2014, o processo de medição e verificação (M&V) deve garantir que as estimativas sejam baseadas em dados confiáveis e parâmetros mensuráveis, permitindo futuras comparações e ajustes.

Além disso, o uso de ferramentas acessíveis, como planilhas e calculadoras online, tem se mostrado um meio prático de aplicar a teoria na realidade, permitindo que qualquer pessoa estime o próprio consumo e identifique possíveis economias (TEIXEIRA, C. A, 2020).

2 METODOLOGIA

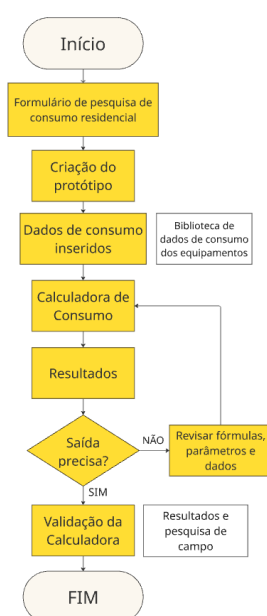
Para a elaboração do objeto de estudo presente, foi realizada uma pesquisa exploratória, bem como desenvolvida a criação de uma calculadora protótipo.

2.1 Processo de criação

O processo de criação da ferramenta foi dividido em quatro etapas principais:

1. Planejamento: definição dos objetivos, levantamento dos dados técnicos (potências médias dos equipamentos) e escolha do ambiente de desenvolvimento.
2. Prototipagem: criação do primeiro modelo da planilha em Excel, com fórmulas básicas e estrutura de entrada de dados.
3. Implementação: inserção de funções automáticas, formatações condicionais e fórmulas para cálculo de consumo total e custo mensal.
4. Testes e validação: simulações com dados reais de residências e comparação com faturas de energia para verificar a precisão dos resultados.

O processo de criação da planilha pode ser representado de forma simplificada pelo fluxograma abaixo:



Fluxograma 1 – Processo de criação da calculadora

2.1.1 Estrutura do simulador

Foi utilizado uma abordagem que calcula o consumo de energia a partir das características individuais dos equipamentos. Esse método não se baseia em médias estatísticas gerais, mas em parâmetros técnicos de cada aparelho, como potência nominal, tempo de uso, quantidade de unidades, fator de utilização e eficiência. (TEIXEIRA, 2020).

O simulador desenvolvido permite inserir potência, tempo de uso e quantidade de aparelhos para estimar o consumo total mensal de uma residência. A planilha foi organizada em abas (como “Equipamentos”, “Quantidade”, “frequência de uso” e “tempo”), que facilita o preenchimento e a análise.

O princípio fundamental é simples: cada aparelho é considerado uma carga independente, e o consumo total é obtido pela soma de todos os consumos individuais. (TEIXEIRA, C. A, 2020).

Matematicamente, o método é expresso pela fórmula geral:

$$E_{total} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i \times T_i \times F_i}{1000}$$

onde:

(E_total) = consumo total da residência (kWh),

(P_i) = potência do aparelho *i* (W),

(T_i) = tempo médio diário de uso (h),

(F_i) = fator de utilização (fração do tempo em que o equipamento realmente consome energia).

Essa equação resume a lógica aplicada no simulador objeto deste estudo.

2.1.2 Desenvolvimento do Simulador

A aplicação foi construída em ambiente Microsoft Excel, utilizando fórmulas, referências automáticas e funções condicionais. Essa escolha se deve à ampla disponibilidade do software e à familiaridade dos usuários com planilhas eletrônicas, tornando a ferramenta fácil de usar sem necessidade de conhecimentos avançados.

A estrutura geral da aplicação segue o fluxo entrada → processamento → saída:

- Entrada: o usuário informa a potência do equipamento (W), o tempo médio de uso diário (h), a quantidade de aparelhos e a tarifa de energia elétrica (R\$/kWh).
- Processamento: a planilha aplica automaticamente a fórmula de cálculo do consumo energético individual e total, somando os valores de todos os equipamentos cadastrados.
- Saída: o simulador exibe o consumo mensal estimado (em kWh), custo correspondente (em reais) e um gráfico pizza ilustrando cada resultado, permitindo comparar o impacto de cada categoria no gasto total.

As Variáveis utilizadas no cálculo são:

- Potência (P): medida em watts (W), representa o consumo instantâneo de cada equipamento.
- Tempo de uso (T): número médio de horas que o aparelho permanece ligado por dia.
- Quantidade (Q): número de aparelhos iguais em funcionamento.
- Fator (F): Frequência de uso no mês
- Tarifa (R): custo médio do quilowatt-hora (R\$/kWh), obtido a partir da conta de energia.

A fórmula básica empregada foi:

$$\text{Consumo (kWh/mês)} = \frac{P \times T \times Q \times (30 \times F)}{1000}$$

$$\text{Custo mensal (R\$)} = (\text{kWh/mês}) \times R$$

2.1.3 Interface do simulador

A Planilha (calculadora) foi organizada de forma modular, contendo as seguintes partes principais:

1. Aba “Simulador de Consumo” – é o núcleo do dimensionamento. Nela, o usuário insere:
 - Nome do equipamento
 - Categoria do equipamento
 - Potência do equipamento
 - Quantidade de unidades
 - Frequência (Raramente, 1 a 2 vezes/semana, 3 a 4 vezes/semana, 5 a 6 vezes/semana e todos os dias)
 - Tempo de uso médio diário (em horas e minutos)

Especificamente na categoria de iluminação, além de inserir os dados listados acima há uma coluna para o tipo de lâmpada (Incandescente, Fluorescente, LED e Halógenas decorativas) em que o usuário deve selecionar qual se aplica.

2. Aba “Referências” – apresenta a origem dos dados técnicos e a bibliografia usada no desenvolvimento do simulador, garantindo transparência e rastreabilidade das informações, conforme orientam as normas da ABNT (NBR 6023 e NBR 10520).
3. Aba “Equipamentos” – funciona como uma base de dados, listando diversos aparelhos domésticos com seus respectivos valores típicos de potência e consumo (em watts), categoria (Iluminação, Eletrodoméstico, Aquecimento de água, Entretenimento, Condicionamento de ar, Lavanderia e Outros) e observações quanto ao uso. Esses dados foram obtidos a partir de fontes como o Procel Info e estudos técnicos nacionais e informações de fabricantes (PROCEL, 2024; EPE, 2024)

3 PESQUISA DE CAMPO: CONSUMO DE ENERGIA EM RESIDÊNCIAS

A pesquisa teve como objetivo levantar dados reais sobre o perfil de consumo de energia elétrica em residências de São Paulo, considerando a quantidade de equipamentos, os hábitos de uso, tecnologias adotadas (como lâmpadas LED) e valores médios de consumo e cobrança na conta de luz. O intuito foi utilizar essas informações como base comparativa para validar e calibrar a calculadora desenvolvida.

3.1 Ambiente de pesquisa

Foi elaborada uma pesquisa descritiva e quantitativa, aplicada por meio de um formulário online (Google Forms) intitulado “*Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo*”. O formulário abrangeu perguntas estruturadas para coleta de dados padronizados.

A Pesquisa foi disseminada para o público-alvo específico, provenientes da cidade de São Paulo, residindo em diferentes regiões (Zona Leste, Oeste, Norte, Sul, Centro). As residências contempladas variaram em tipo (casa, apartamento, kitnet/estúdio).

3.2 Tipo de amostragem

O questionário do formulário foi dividido em blocos lógicos para facilitar a coleta de dados consistentes:

- **Bloco 1 – Caracterização da residência**
 - Região da cidade (Zona Leste, Oeste, Norte, Sul, Centro)
 - Tipo de residência (Casa, Apartamento, Kitnet/Estúdio, Outro)
 - Quantidade de pessoas que moram na residência
 - Quantidade de cômodos da residência (1-3 / 4-6 / 7-10 / 10 ou mais)
 - Quantidade de equipamentos elétricos na residência (0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 ou mais)

- **Bloco 2 – Equipamentos elétricos e hábitos de uso**

- Listagem de diversos dispositivos (como geladeira, freezer, micro-ondas, fogão elétrico, forno elétrico, liquidificador, batedeira, sanduicheira, torneira elétrica, cafeteira, máquina de lavar louça, air fryer, filtro de água, exaustor, máquina de lavar roupas, secadora de roupas, tanquinho, aspirador, ferro de passar, máquina de costura, portão automático, VAP, bomba de piscina, carregador de veículo elétrico, carregador de bicicleta elétrica, ar-condicionado, ventilador, televisão, home theater, videogame, computador/notebook, carregador de celular, roteador Wi-Fi, chuveiro elétrico, secador, barbeador, banheira, serra circular, furadeira, compressor de ar)
- Para cada equipamento, a frequência de uso em dias por semana (opções: Não uso/Não possuo / Raramente / 1-2× / 3-4× / 5-6× / Diariamente)
- Para cada equipamento, o tempo médio de uso por dia (em horas): opções como: até 10 minutos / 10-30 minutos / 30-60 minutos / 1-3 horas / 3-6 horas / Mais de 6 horas
- Perguntas sobre presença de lâmpadas LED em todos os cômodos (Sim / Não / Parcialmente)
- Quantidade média de lâmpadas por cômodo (1 / 2 / 3 / 4 / 5 ou mais)
- Se costuma desligar aparelhos da tomada quando não estão em uso (Sempre / Às vezes / Raramente / Nunca)
- Se possui algum tipo de sistema de energia solar instalado (Sim / Não)

- **Bloco 3 – Dados da conta de energia elétrica**

- Faixa de valor da conta de energia elétrica mensal (R\$): Até 100 / 100-150 / 150-200 / 200-250 / 250-300 / 300-400 / 400-500 / Mais de 500
- Consumo médio real de energia em kWh/mês constante na conta de energia

- Autoavaliação do consumo de energia (Baixo / Médio / Alto)
- Conhecimento sobre programas de eficiência energética (Sim / Não)
- Disposição para adotar medidas para reduzir o consumo de energia (Sim / Não / Talvez)

3.3 Tratamento dos dados

Os dados coletados foram exportados para planilha (Excel/CSV) e organizados conforme os blocos descritos acima. Foi realizado o tratamento e análise. O objetivo principal desse tratamento foi:

- Limpeza dos dados: remoção de respostas incompletas ou inconsistentes (por exemplo, ausência de tipo de residência ou resposta “Não sei”).
- Construir uma base empírica de amostragem para alimentar a planilha de cálculo;
- Verificar a congruência entre os padrões de uso declarados e os valores de consumo real;
- Avaliar a precisão da calculadora, comparando resultados estimados e consumos reais;
- Permitir ajustes no modelo, refinando fatores de uso conforme o perfil dos respondentes.

A metodologia adotada garantiu que os dados coletados atuassem não apenas como descritivos do comportamento do uso de energia, mas também como insumos diretos para a validação do simulador, os resultados obtidos estão representados no Anexo 2.

4 VALIDAÇÃO DA CALCULADORA

Para avaliar a acurácia do simulador (calculadora), foi realizada uma análise comparativa entre os valores de consumo real no mês de outubro de 2025, informados pelos respondentes e os valores de consumo estimado pela calculadora. A amostra utilizada foi composta por 11 dos 50 respondentes, que disponibilizaram os dados completos: valor da fatura, valor da tarifa, consumo do mês de outubro e histórico de consumo em kW/h/mês. Foram desconsideradas as respostas da pesquisa que apresentaram resultados desproporcionais dos padrões de uso em relação ao consumo informado.

Os dados coletados contemplam, para cada residência:

- Consumo total real em kWh/mês, conforme informado na conta de energia;
- Consumo estimado pela calculadora, obtido a partir das respostas sobre equipamentos, potências, tempos médios de uso e frequências;
- Diferença percentual entre os valores;
- Cálculo estatístico da média de variação e do desvio-padrão, indicando a dispersão das estimativas em relação ao consumo real.

4.1 Resultados e discussões

A comparação entre o consumo informado pelos respondentes e os valores obtidos no simulador demonstra que as estimativas apresentaram boa aderência ao consumo real. As variações percentuais individuais oscilaram entre $-2,78\%$ e $11,65\%$, com variação média de $5,10\%$ e desvio-padrão de $4,89\%$, conforme dados apresentados na Tabela 1 e 2.

O desvio-padrão evidencia baixa dispersão dos erros, indicando consistência nas estimativas do simulador para o contexto residencial. Variações mais elevadas observadas em casos específicos podem estar associadas a falta de precisão dos respondentes em relação aos padrões de uso reais e declarados, como tempo de uso

divergente, equipamentos não declarados e diferenças entre a potência estimada no simulador e a potência real de operação dos aparelhos domésticos.

Nº RESPONDENTE	CONSUMO INFORMADO (kWh/mês)	COSUMO OBTIDO NO SIMULADOR (kWh/mês)	VARIAÇÃO EM %
1	187	192,5	2,94%
2	155	159,87	3,14%
16	170	181,84	6,96%
17	110	121,75	10,68%
18	127	133,71	5,28%
22	283,85	280,06	-1,34%
31	172	182,67	6,20%
38	110	122,82	11,65%
43	230	256,07	11,33%
45	270	275,54	2,05%
50	187,5	182,29	-2,78%

Tabela 1: Comparação dos resultados

Variação Média	5,10%
Desvio Padrão	4,89%

Tabela 2: Estatísticas dos resultados

4.2 Aplicações, vantagens e desvantagens

A calculadora de estimativa de consumo apresenta vantagens relevantes para diagnóstico energético residencial. Entre elas, destacam-se:

1. Transparência metodológica, permitindo rastreabilidade completa dos resultados a partir das potências, tempos de uso e frequências informadas pelo usuário;
2. Facilidade de atualização, uma vez que novos equipamentos podem ser incorporados sem alteração estrutural do modelo;
3. Adequação à realidade local, pois possibilita a inserção de potências reais de placa, tempos de uso específicos e particularidades de cada residência;
4. Suporte à análise de eficiência, permitindo simulações comparativas, como substituição de tecnologias (ex.: lâmpadas halógenas para LED, refrigeradores antigos para modelos Selo Procel A), conforme diretrizes de eficiência energética (Procel Info, 2024; EPE, 2024).

Apesar dessas vantagens, a ferramenta depende diretamente da qualidade das informações declaradas pelo usuário, o que constitui sua principal limitação. A acurácia dos resultados está associada ao autoconhecimento do respondente sobre seus padrões de consumo, tempos reais de uso e características técnicas dos aparelhos. Quando esses dados não são conhecidos, recomenda-se o uso de valores médios de referência fornecidos por bases oficiais, como o Procel Info (2024) e o Balanço Energético Nacional da EPE (2024), o que apresenta maior variabilidade entre o consumo real e o calculado.

Observou-se também que discrepâncias mais elevadas entre o consumo informado e o estimado ocorrem, com maior frequência, em residências com maior número de moradores. Esse comportamento é coerente com estudos de variação de carga residencial, que apontam maior imprevisibilidade no uso de equipamentos em domicílios numerosos (ANEEL, 2023; TEIXEIRA, C.A 2020). Esse fator reduz o controle sobre horários e duração de uso, aumentando a variabilidade diária e, consequentemente, o erro de estimativa.

Mesmo com essas limitações, a simplicidade do método o torna adequado para aplicações didáticas, diagnósticos preliminares de consumo, projetos de conscientização energética e apoio a decisões de eficiência residencial.

5 CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a calculadora de consumo de energia desenvolvida se mostrou tecnicamente consistente, apresentando variação média de 5,10% e desvio-padrão de 4,89% entre os valores reais informados pelos usuários e os resultados estimados pelo simulador. Esses índices situam-se dentro da faixa considerada adequada para ferramentas, conforme literatura técnica e diretrizes de eficiência (PROCEL, 2024; EPE, 2024)

A análise evidenciou que a metodologia *bottom-up*, baseada em potência nominal, tempo de uso e frequência operacional dos equipamentos, é adequada para aplicações residenciais, apresentando boa aderência aos valores de consumo real. Tal constatação é coerente com a abordagem de usos finais recomendada por instituições como PROCEL e EPE.

Entretanto, o desempenho da calculadora mostrou-se sensível à qualidade das informações fornecidas pelos usuários, o que constitui uma limitação estrutural do método. Discrepâncias superiores à média foram observadas principalmente em residências com maior número de moradores, reforçando evidências de que domicílios numerosos apresentam maior variabilidade de uso, padrões menos regulares e maior número de cargas intermitentes (ANEEL, 2023; Teixeira. C. A. 2020)

Observou-se ainda que a eficácia do simulador depende diretamente do autoconhecimento do respondente sobre seus hábitos de uso, tempo real de operação dos equipamentos e características técnicas das cargas. A ausência dessas informações compromete a precisão do cálculo.

Apesar dessas limitações, a ferramenta atendeu ao objetivo de oferecer um modelo acessível, transparente e de fácil aplicação, com potencial para uso didático, orientação ao consumidor e apoio inicial a decisões relacionadas à gestão energética residencial. A validação realizada confirma que ferramentas simples, quando bem estruturadas e fundamentadas em dados oficiais, podem aproximar com confiabilidade o consumo estimado do consumo real

Recomenda-se, como continuidade deste trabalho:

1. Migração da calculadora para plataforma web ou aplicação móvel;
2. Integração com medidores inteligentes (*smart meters*) para análises em tempo real;
3. Inclusão de módulos de simulação de energia solar fotovoltaica e de tarifas dinâmicas;
4. Ampliação da base de dados empírica para diferentes perfis residenciais, possibilitando calibração fina dos fatores de uso.

Em síntese, o desenvolvimento e a validação da calculadora demonstram que ferramentas de baixa complexidade podem desempenhar papel relevante na educação energética e no uso racional da eletricidade no âmbito residencial. A calculadora apresentou boa precisão na estimativa do consumo; porém, para estimar o custo, é necessário inserir a tarifa real obtida pelo valor total da fatura dividido pelo consumo faturado, pois esse valor já incorpora bandeiras tarifárias, encargos e impostos. Embora o modelo não considere sazonalidades nem variações operacionais dos equipamentos, mantém-se como instrumento útil e acessível para orientar o planejamento e a eficiência energética doméstica.

ANEXO I

Dados de potência e consumo dos equipamentos utilizados no simulador:

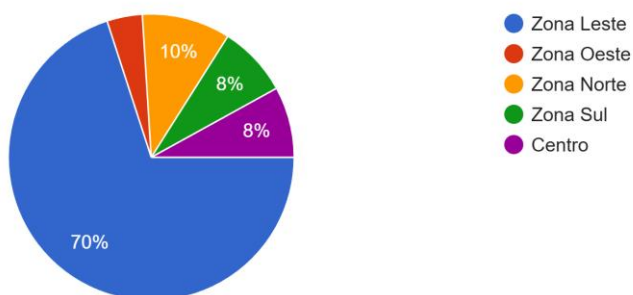
Equipamento	Potência (W)	Potência mínima (W)	Potência máxima (W)	Consumo (W)	Cômodo	Categoria	Fonte / Observação
Air fryer	1200 – 1800		1200	1800	1500 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2022)
Aquecedor elétrico portátil	1000 – 2000		1000	2000	1500 Outros	Condicionamento de ar	ProcelInfo / EPE (2021)
Ar-condicionado central pequeno	2000 – 3000		2000	3000	2500 Outros	Condicionamento de ar	INMETRO PBE (2022)
Ar-condicionado portátil	1000 – 1500		1000	1500	1250 Quarto	Condicionamento de ar	INMETRO PBE (2023)
Ar-condicionado split	800 – 2000		800	2000	1400 Sala	Condicionamento de ar	INMETRO PBE (2023)
Aspirador de pó	800 – 1600		800	1600	1200 Lavanderia	Lavanderia	INMETRO (2020)
Banheira com aquecimento	1500 – 3000		1500	3000	2250 Banheiro	Aquecimento de água	EPE Atlas Eficiência (2021)
Barbeador elétrico	10 – 20		10	20	15 Banheiro	Eletrodoméstico	CEMIG ND-5.1 (2020)
Batedeira	150 – 400		150	400	275 Cozinha	Eletrodoméstico	CEMIG (2019)
Bomba d'água	400 – 1200		400	1200	800 Garagem	Outros	CEMIG (2020)
Bomba de piscina	750 – 1500		750	1500	1125 Garagem	Outros	EPE Atlas (2020)
Cadeira gamer com LED	50 – 100		50	100	75 Quarto	Entretenimento	CPFL (2022)
Cafeteira elétrica	600 – 1200		600	1200	900 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2020)
Carregador de bicicleta elétrica	120 – 200		120	200	160 Garagem	Outros	EPE / CPFL (2022)
Carregador de celular	5 – 15		5	15	10 Quarto	Entretenimento	EPE / ProcelInfo (2021)
Carregador de notebook	60 – 120		60	120	90 Outros	Entretenimento	ProcelInfo (2022)
Carregador de veículo elétrico (nível 2)	3500 – 7000		3500	7000	5250 Garagem	Outros	EPE / ProcelInfo (2023)
Carregador USB múltiplo	10 – 30		10	30	20 Quarto	Entretenimento	EPE (2021)
Centrifuga de roupas	300 – 500		300	500	400 Lavanderia	Lavanderia	ProcelInfo (2021)
Chuveiro elétrico	4000 – 7500		4000	7500	5750 Banheiro	Aquecimento de água	ProcelInfo / INMETRO (2023)
Compressor de ar	800 – 1500		800	1500	1150 Garagem	Outros	CEMIG (2021)
Computador desktop	200 – 400		200	400	300 Quarto	Entretenimento	EPE (2020)
Decodificador / Set-top box	10 – 30		10	30	20 Sala	Entretenimento	ProcelInfo.
Desinfetador de roupas a vapor	800 – 1200		800	1200	1000 Lavanderia	Lavanderia	EPE (2022)
Despertador eletrônico	3 – 10		3	10	6,5 Outros	Entretenimento	CPFL (2020)
Desumidificador	200 – 400		200	400	300 Outros	Condicionamento de ar	CEMIG (2020)
Escova elétrica	30 – 50		30	50	40 Banheiro	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2020)
Escova modeladora de cabelo	700 – 1000		700	1000	850 Banheiro	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2022)
Esmerilhadeira	800 – 1500		800	1500	1150 Garagem	Outros	CEMIG (2020)
Espelho com LED	15 – 40		15	40	27,5 Banheiro	Iluminação	CPFL (2021)
Exaustor / coifa	200 – 300		200	300	250 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2019)
Ferro de passar	1000 – 1500		1000	1500	1250 Lavanderia	Lavanderia	CEMIG (2020)
Fogão de indução	1200-3700	✓	1200	3700	2450 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2021)
Fogão elétrico	1000 – 2500		1000	2500	1750 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo / EPE (2020)
Forno elétrico	1500 – 2000		1500	2000	1750 Cozinha	Eletrodoméstico	INMETRO PBE (2022)
Freezer	150 – 350		150	350	70 Cozinha	Eletrodoméstico	CEMIG ND-5.1 (2020)
Freezer horizontal (conservação)	250 – 600		250	600	425 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo; CEMIG.
Fritadeira elétrica dupla	1600 – 2400		1600	2400	2000 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2022)
Furadeira elétrica	500 – 900		500	900	700 Garagem	Outros	ProcelInfo (2019)
Geladeira 1 Porta - degelo manual	150 – 400		150	400	26,4 Cozinha	Eletrodoméstico	INMETRO PBE
Geladeira 2 Portas - cycle defrost	150 – 400		150	400	61,1 Cozinha	Eletrodoméstico	INMETRO PBE
Geladeira 2 Portas - Frost-Free	150 – 400		150	400	50 Cozinha	Eletrodoméstico	INMETRO PBE
Geladeira Duplex Alta capacidade fros-free	150 – 400		150	400	98,6 Cozinha	Eletrodoméstico	INMETRO PBE
Home theater	100 – 300		100	300	200 Sala	Entretenimento	ProcelInfo (2021)
Iluminação externa	20 – 100		20	100	60 Garagem	Iluminação	ProcelInfo (2021)
Impressora	20 – 50		20	50	35 Outros	Entretenimento	INMETRO / CPFL (2021)
Lavadora de alta pressão (lava-jato)	1200 – 2000		1200	2000	1600 Lavanderia	Lavanderia	EPE / CEMIG (2021)
Lavadora de tapetes	1000 – 1600		1000	1600	1300 Lavanderia	Lavanderia	ProcelInfo (2022)
Lava-louças	1500 – 2200		1500	2200	1850 Cozinha	Eletrodoméstico	EPE / ProcelInfo (2021)
Liquidificador	300 – 800		300	800	550 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo / CPFL (2021)
Luminária / abajur	10 – 60		10	60	35 Sala	Iluminação	CEMIG (2020)
Máquina de costura	50 – 100		50	100	75 Lavanderia	Lavanderia	CPFL / CEMIG (2020)
Máquina de gelo	100 – 250		100	250	175 Cozinha	Eletrodoméstico	EPE (2020)
Máquina de lavar roupas	400 – 800		400	800	600 Lavanderia	Lavanderia	EPE / ProcelInfo (2021)
Micro-ondas	1000 – 1500		1000	1500	1250 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2022)
Mini refrigerador portátil	50 – 120		50	120	85 Outros	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2021)
Modem de internet	10 – 20		10	20	15 Outros	Entretenimento	CPFL (2020)
Notebook	40 – 120		40	120	80 Quarto	Entretenimento	ProcelInfo (2022)
Portão automático	300 – 700		300	700	500 Garagem	Outros	CPFL / ProcelInfo (2021)
Projutor multimídia	150 – 400		150	400	275 Quarto	Entretenimento	ProcelInfo.
Purificador de água	60 – 120		60	120	90 Cozinha	Eletrodoméstico	INMETRO / CEMIG (2020)
Purificador de ar	40 – 100		40	100	70 Outros	Condicionamento de ar	ProcelInfo (2022)
Roteador Wi-Fi	10 – 20		10	20	15 Quarto	Entretenimento	CPFL (2021)
Sanduicheira	700 – 1000		700	1000	850 Cozinha	Eletrodoméstico	CEMIG ND-5.1 (2020)
Secador de cabelo	1000 – 2000		1000	2000	1500 Banheiro	Eletrodoméstico	ProcelInfo (2022)
Secadora de roupas	1500 – 2500		1500	2500	2000 Lavanderia	Lavanderia	ProcelInfo (2022)
Serra circular (Makita)	1200-1800	✓	1200	1800	1500 Outros	Outros	Fabricante (Makita)
Smart speaker	10 – 30		10	30	20 Sala	Entretenimento	CPFL / EPE (2022)
Tanquinho	200 – 400		200	400	300 Lavanderia	Lavanderia	ProcelInfo (2021)
Televisor LED	80 – 200		80	200	140 Sala	Entretenimento	INMETRO PBE (2022)
Torneira Elétrica	4500 – 5500		4500	5500	5000 Cozinha	Aquecimento de água	ProcelInfo.
Toalheiro elétrico	100 – 200		100	200	150 Banheiro	Eletrodoméstico	CEMIG (2020)
Torradeira elétrica	800 – 1200		800	1200	1000 Cozinha	Eletrodoméstico	CEMIG (2021)
Triturador de cozinha / garbage disposal	400 – 1000		400	1000	700 Cozinha	Eletrodoméstico	ProcelInfo.
TV OLED grande	150 – 350		150	350	250 Sala	Entretenimento	INMETRO PBE (2023)
Umidificador de ar	30 – 60		30	60	45 Outros	Condicionamento de ar	CEMIG (2021)
Ventilador de coluna	100 – 150		100	150	125 Sala	Condicionamento de ar	ProcelInfo (2020)
Ventilador de mesa	50 – 100		50	100	75 Quarto	Condicionamento de ar	ProcelInfo (2020)
Videogame	70 – 180		70	180	125 Sala	Entretenimento	EPE / CPFL (2021)

ANEXO II

Dados da pesquisa de campo

Figura 1 – Distribuição dos respondentes por região da cidade de São Paulo

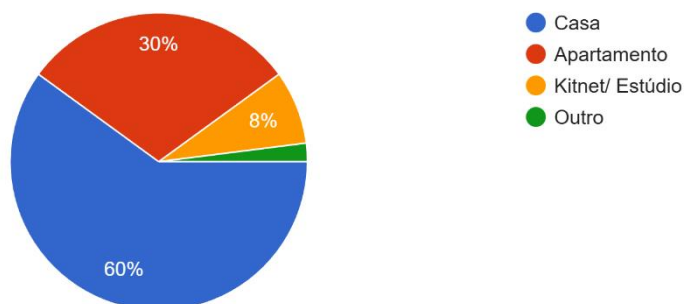
Região:
50 respostas



Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

Figura 2 – Distribuição dos tipos de residência dos respondentes

Tipo de residência:
50 respostas



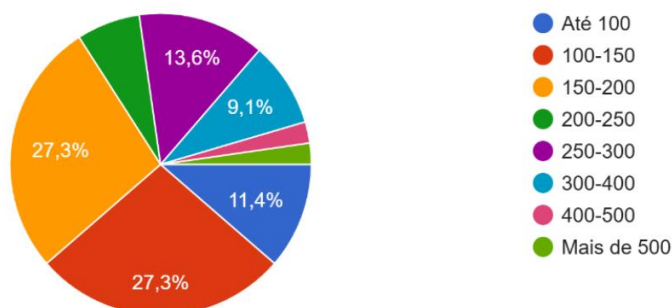
Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

Os resultados indicam que o valor médio da conta de energia elétrica entre os respondentes foi de aproximadamente R\$ 197,00, com variação entre R\$ 100,00 e R\$ 500,00, conforme Figura 3. O número médio de moradores por residência foi de 2,4 pessoas, com mínimo de 1 e máximo de 5 moradores ou mais conforme Figura 4.

Figura 3 – Faixas de valor da conta de energia elétrica mensal dos participantes

Sua conta de energia elétrica mensal média (R\$):

50 respostas

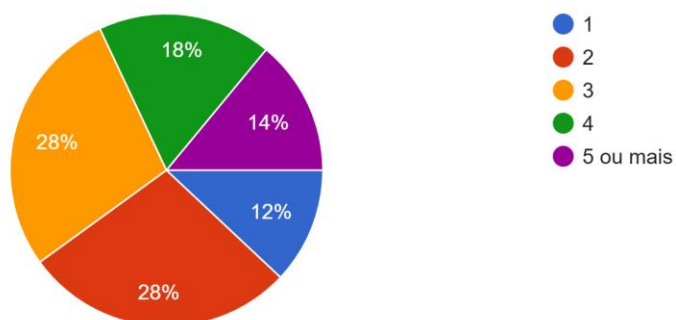


Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

Figura 4 – Quantidade de pessoas por residência segundo os respondentes

Quantidade de pessoas que moram na residência:

50 respostas

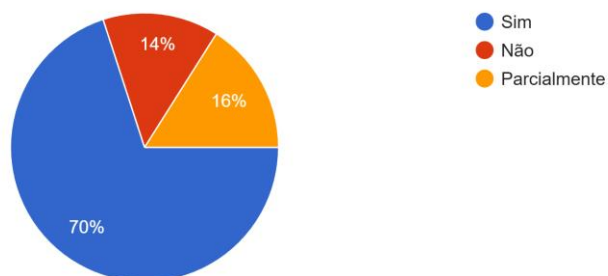


Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

A maioria das residências participantes declarou possuir lâmpadas LED em todos os cômodos conforme Figura 5, evidenciando uma tendência à modernização e ao uso de tecnologias mais eficientes. 70% dos respondentes afirmaram desligar aparelhos da tomada quando não estão em uso conforme Figura 6, demonstrando um nível satisfatório de conscientização sobre desperdício energético.

Figura 5 Distribuição dos respondentes quanto ao uso de lâmpadas LED na residência

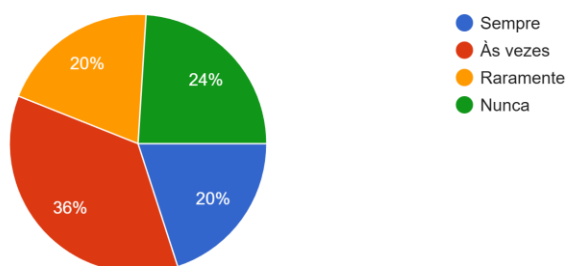
Possui lâmpadas LED em todos os cômodos?
50 respostas



Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

Figura 6 - Hábitos dos participantes quanto ao desligamento de aparelhos em *standby*

Costuma desligar os aparelhos da tomada quando não estão em uso?
50 respostas



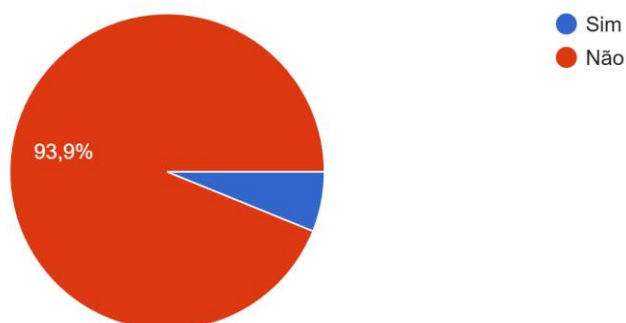
Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

Entretanto, o uso de sistemas de energia solar ainda é restrito, indicando que, apesar da crescente preocupação ambiental, a adoção de fontes renováveis em residências ainda enfrenta barreiras de custo e infraestrutura conforme Figura 7.

Figura 7 - Proporção de residências que possuem sistema de energia solar instalado

Possui algum tipo de sistema de energia solar instalado?

49 respostas



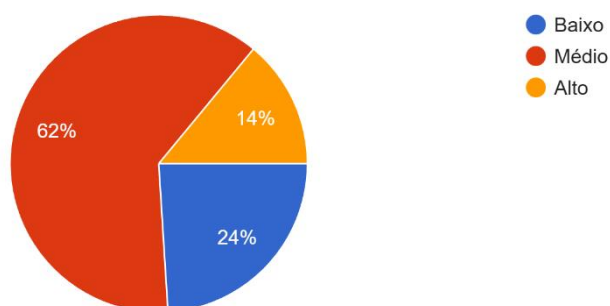
Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

Os resultados obtidos pela pesquisa revelam, portanto, um perfil energético predominantemente urbano, consciente e moderado, com práticas básicas de economia, mas ainda dependente da rede elétrica convencional.

Figura 8 – Proporção de estimativa do nível de consumo de energia dos respondentes

Você considera que seu consumo de energia é:

50 respostas

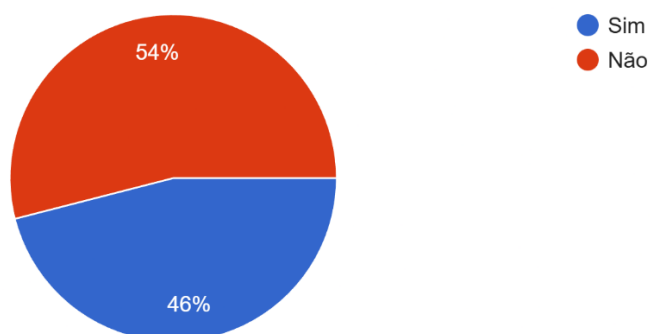


Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

Figura 9 – Proporção de conhecimento sobre programas de eficiência energética dos respondentes

Tem conhecimento sobre programas de eficiência energética (Procel, ENEL, etc)?

50 respostas

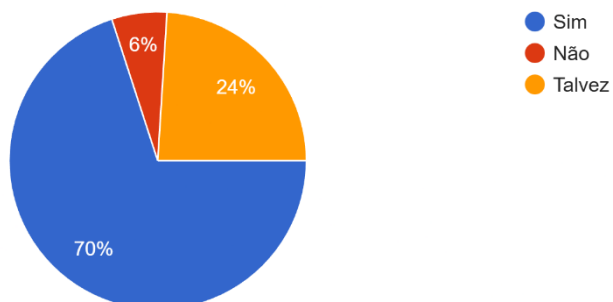


Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

Figura 10 – Proporção de disposição para adotar medidas para reduzir o consumo de energia na residência dos respondentes

Está disposto a adotar medidas para reduzir o consumo de energia?

50 respostas



Fonte: Consumo de Energia Elétrica nas Residências em São Paulo - Google Forms, (2025)

REFERÊNCIAS

- AYDINALP, M.; UGURSAL, V. I.; SETHI, V. Residential energy consumption modeling: a review of the literature. *Energy and Buildings*, v. 36, p. 653–675, 2002.
- BARTELEGA, T. J. T. *Estudo do consumo de energia elétrica de uma residência*. Monografia (Engenharia Elétrica) – UNESP, Bauru, 2015.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Atlas de Eficiência Energética 2024*. Brasília: EPE, 2024.
- PROCEL. *Procel Info – Equipamentos e consumo*. Disponível em: <https://www.procelinfo.com.br>. Acesso em: 08 abril. 2025.
- ISO. *ISO 50015:2014 – Measurement and Verification of energy performance*. Genève: ISO, 2014.
- WEFKI, H. et al. Estimating residential electricity consumption using hybrid models. *Scientific Reports*, 2024.
- GORZALCZANY, M. Advances in intelligent models for household energy prediction. *Applied Energy*, v. 345, 2024.
- ISO. *ISO 50001:2018 – Energy management systems – Requirements with guidance for use*. Genève: ISO, 2018.
- TEIXEIRA, Cristiano André. Aplicação do método *bottom-up* para estimativa de usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro. 2020.