



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Energias Renováveis e Eficiência Energética**



**CAROLINA ALVES BIANCHINI**

**PROPOSTA DE APLICATIVO PARA AUTOAVALIAÇÃO DO CONSUMO  
DE ENERGIA ELÉTRICA DE UNIDADES CONSUMIDORAS DE BAIXA  
TENSÃO**

**CURITIBA  
2021**

CAROLINA ALVES BIANCHINI

**PROPOSTA DE APLICATIVO PARA AUTOAVALIAÇÃO DO CONSUMO  
DE ENERGIA ELÉTRICA DE UNIDADES CONSUMIDORAS DE BAIXA  
TENSÃO**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Energias Renováveis e Eficiência Energética. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Christian Scapulatempo Strobel

**CURITIBA  
2021**

## RESUMO

Em vista da crise energética em que o Brasil se encontra, medidas para um consumo mais consciente da energia elétrica têm sido uma das prioridades do governo além do estudo de investimentos em eficiência energética e em fontes alternativas às hidrelétricas, principais responsáveis pela geração de energia elétrica no país. O tema eficiência energética já é conhecido pelos brasileiros desde 1980 com a implantação dos selos de eficiência energética nos eletrodomésticos. Com o advento da inteligência artificial, há diversas técnicas para projetar a “casa inteligente”, cuja automação permite um consumo consciente da energia elétrica. No entanto, como esses recursos tecnológicos exigem alto investimento, é proposto neste trabalho um aplicativo para celulares de fácil acesso para que todos os usuários consumidores da classe de baixa tensão de energia elétrica possam monitorar seu consumo e identificar possíveis ações para aumentar a eficiência energética do seu domicílio ou estabelecimento. Além disso, será possível obter uma estimativa do sistema fotovoltaico necessário para atender sua demanda e se é viável aderir à tarifa branca, cujo objetivo é incentivar o consumo em horários fora de ponta por meio da redução da tarifa da energia elétrica nesses horários.

Palavras-chave: Eficiência energética, energias renováveis, consumo consciente, aplicativo.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Exemplo da etiqueta Ence para um refrigerador	10
FIGURA 2 – Exemplo do selo Procel	11
FIGURA 3 - Esquemático do funcionamento do aplicativo proposto	15
FIGURA 4 - Tela do aplicativo para levantamento dos dados do usuário	20
FIGURA 5 - Tela do aplicativo para apresentação dos resultados	21
FIGURA 6 - Tela do aplicativo para apresentação da estimativa do sistema fotovoltaico	22
FIGURA 7 - Tela do aplicativo para apresentação da viabilidade da adesão à tarifa branca	23

## **CONTEÚDO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>9</b>
2.1. A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	9
2.2. GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	12
2.3. ADESÃO À TARIFA BRANCA	13
<b>3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL</b>	<b>15</b>
3.1. LEVANTAMENTO DE DADOS	16
3.2. PROCESSAMENTO DOS DADOS	16
3.3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	17
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>19</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>20</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O advento dos sistemas de distribuição de energia elétrica aconteceu na década de 1880, quando a eletricidade, gerada por pequenas centrais elétricas, foi utilizada para fornecer iluminação em cidades europeias e norte-americanas (Skrabec, 2012). Desde então, a energia elétrica se tornou cada vez mais necessária para o desenvolvimento das cidades e, em 2018, foi responsável por 19,3% do consumo de energia final da matriz energética do mundo (International Energy Agency [IEA], 2020). No Brasil, a eletricidade teve a maior participação no consumo final de energia com 18,2% em 2020 (Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2020).

São diversas as finalidades e usos finais da energia elétrica, estes podendo ser categorizados por setores como industrial, residencial, comercial, setor público, setor energético, agropecuário e transporte. Os avanços tecnológicos e melhoria na qualidade de vida da população proporcionaram um aumento na aquisição de equipamentos eletroeletrônicos nos domicílios, acarretando um aumento no consumo de energia elétrica no setor residencial, o qual teve participação de 26,9% no mundo em 2018 (IEA, 2020) e 27,6% no Brasil em 2020 (EPE, 2020). Comparando com a participação desse setor de 21,0% na matriz elétrica brasileira em 1970, é notório o crescimento desse consumo e a tendência é aumentar uma vez que o conceito de smart home (casa inteligente) está se difundindo cada vez mais. Já o setor comercial contou com 15,7% e o setor público, 7,9%, no consumo de energia elétrica no Brasil em 2020. Enquanto que esses dois setores tiveram uma participação conjunta de 21,5% no consumo de energia elétrica no mundo em 2018.

No entanto, o Brasil tem enfrentado no ano de 2021 uma crise energética que pode ser dita como tão grave quanto o apagão de 2001. São fatores ambientais, políticos e econômicos que culminaram na situação crítica de abastecimento energético em que o país se encontra, mas o principal motivo é a dependência da matriz de energia elétrica em hidrelétricas (65,2%) (EPE, 2020). As regiões Centro-Sul sofrem com a pior estiagem dos últimos 90 anos, o que interfere no nível dos reservatórios e na geração de energia elétrica a partir de fontes hídricas (Hunt et al. & Hunt, Stilpen, & Freitas, 2022, 2018). Como saída, as termelétricas, consideradas fontes caras e poluentes, foram acionadas para suprir a demanda e assim houve aumento das tarifas a serem pagas pelo consumidor final.

Ademais, há a demanda ambiental internacional para o desenvolvimento da sustentabilidade e redução das emissões de carbono, como o protocolo de Kyoto e o COP-26. A adoção de novos comportamentos e fontes de energias renováveis são medidas a serem tomadas para atender às exigências, mas a eficiência energética é considerada como o primeiro combustível para se alcançar um sistema de energia sustentável global. O Brasil participa do Programa de Eficiência Energética em Economias Emergentes E4 e assim conta com ações para promover a eficiência energética no país (IEA, 2021).

O Brasil começou a desenvolver legislações e políticas públicas para promoção da eficiência energética na década de 1980 (Altoé, Costa, Oliveira, Martinez, Ferrarez, & Viana, 2017). Há a Portaria Interministerial n. 1.877, de 30 de dezembro de 1985, dos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, que instituiu o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), cujo objetivo é promover o uso racional de energia elétrica em todo o país (Portaria interministerial nº 1.877, 1985). Uma de suas iniciativas foi a criação do Selo Procel, que juntamente com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) atuam na classificação de eficiência energética de produtos. O principal marco legal na área de eficiência energética instituído foi a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, por meio da Lei n. 10.295/2001, a qual ficou responsável por articular ações que promovam a eficiência energética de equipamentos fabricados e comercializados e de edificações construídas no país (Lei n. 10.295, 2001).

Segundo Soares, Lopes, e Cunha (2017), o aumento tarifário como uma forma de política energética para redução do consumo de energia elétrica no país tem sido ineficaz para o setor residencial. Soares et al. (2017) alerta para o fato de que o histórico de aumento nas tarifas não implicou necessariamente na diminuição do consumo ao passo que evidenciou a relação entre este último e o fator renda da população. Logo, ações de conscientização e sensibilização ou estímulos à substituição de equipamentos por aqueles com tecnologia mais eficiente podem ter efeito significativo sobre o consumo de energia.

Outras ações que contribuem positivamente para a crise energética atual são a geração distribuída e a mudança para a Tarifa Branca. Investir em outras fontes renováveis como a energia eólica e solar é um meio de reduzir a dependência da matriz em fontes hídricas e, como a instalação de painéis fotovoltaicos é acessível para o consumidor final, esta se torna como uma alternativa a ser incentivada na

população. A Tarifa Branca surgiu como um mecanismo de estimular a redução do consumo em horários de pico, beneficiando com uma tarifa menor aqueles que utilizam a energia elétricas em horários fora de pico.

Outra abordagem para um consumo sustentável e mais eficiente é o conceito de casa inteligente. Por meio de dispositivos eletrônicos e da Internet of Things (IoT), a automação residencial ficou mais prática e funcional, uma vez que permitiu a conexão de diversos equipamentos que consomem energia elétrica e o seu controle. Assim, o indivíduo consegue monitorar o que está ligado ou não sem estar sendo utilizado através de aplicativos e sensores e assim evitar o desperdício de energia, garantindo conforto, segurança e consumo consciente (Magno, Polonelli, Benini, & Popovici, 2015). A pesquisa na área de automação residencial pode ser considerada consolidada e já evoluiu para o uso de técnicas de inteligência artificial, como aprendizagem de máquina e otimização (Paim, & Bianchini & Cano et al. & Manganelli, Greco, & Martirano & Attia, Haidar, Senouci, & Aglzim & Monteiro, Monteiro, Tostes, & Carvalho, 2015, 2020, 2019, 2018, 2020). Peces (2019) apresenta o estado da arte das construções inteligentes, como as tecnologias e protocolos atuais, técnicas e algoritmos inteligentes e a energia verde que permitem a eficiência energética.

No entanto, grande parte da população ainda não tem acesso a essa tecnologia em virtude do custo e conhecimento. Logo, alternativas devem ser trabalhadas até que o conceito de casa inteligente se popularize. O presente trabalho apresenta uma proposta de aplicativo de fácil manuseio para identificar possíveis desperdícios de energia e apresentar medidas de eficiência energética através da análise do consumo de energia elétrica em unidades consumidoras de baixa tensão, como residências e estabelecimentos comerciais de pequeno porte. Além disso, propõe uma estimativa do dimensionamento de um sistema fotovoltaico para o local além de avaliar os benefícios para a troca de modelo de tarifa vigente para a tarifa branca.

Ademais, devido à crise energética em que o país se encontra, há um incentivo governamental de bônus para aqueles que reduzirem ao menos 10% do seu consumo de energia elétrica durante quatro meses (de setembro a dezembro de 2021) (Resolução n. 2, 2021). Assim, o aplicativo proposto se torna uma ferramenta para indicar formas de se atingir essa redução por meio de uma análise criteriosa do consumo do local. Dessa forma, nas próximas três seções são detalhados os

principais pilares em que o aplicativo se baseia; na seção seguinte, a metodologia para o desenvolvimento do aplicativo é exposta e, em sequência, a discussão dos resultados esperados é feita.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

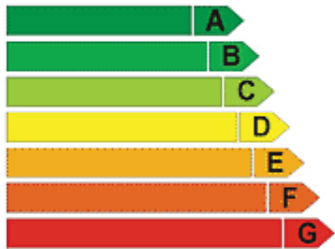




### **2.1. A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL**

Em relação aos equipamentos eletrodomésticos, os programas que norteiam as medidas de eficiência energética são o PBE e o Selo Procel.

O PBE foi criado em 1984 pelo Ministério da Indústria e Comércio e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) e atualmente é coordenado pelo Inmetro. Atuando juntamente com o Procel e o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet), seus programas visam à classificação de eficiência energética de equipamentos, ligados às metas brasileiras estipuladas pelo Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), como a redução de 10% do consumo de energia elétrica até 2030 (Ministério de Minas e Energia [MME], 2011).

Após ensaios em laboratórios, os equipamentos recebem a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence) que apresenta o nível de eficiência energética do produto, bem como outras informações relevantes, possibilitando ao consumidor a escolha dos mais econômicos. Um modelo da Ence é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Exemplo da etiqueta Ence para um refrigerador

<p><b>Energia</b> (Elétrica)</p> <p>Fabricante Marca</p> <p>Tipo de degelo Modelo /tensão(V)</p>	<p>REFRIGERADOR</p> <p>ABCDEF XYZ(Logo)</p> <p>ABC/Automático IPQR/220</p>	<p>→ Indica o tipo de equipamento</p> <p>→ Indica o nome do fabricante</p> <p>→ Indica a marca comercial ou logomarca</p> <p>→ Indica o modelo/tensão</p>
<p><b>Mais eficiente</b></p>  <p><b>Menos eficiente</b></p>		<p>→ A letra indica a eficiência energética do equipamento / Veja a tabela correspondente na coluna ao lado</p>
<p><b>CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mes)</b> <small>(adotado no teste clima tropical)</small></p>	<p><b>XY,Z</b></p>	<p>→ Indica o consumo de energia, em kWh/mês</p>
<p>Volume do compartimento refrigerado (l)</p>	<p>000</p>	
<p>Volume do compartimento do congelador(l)</p>	<p>000</p>	
<p>Temperatura do congelador (°C)</p>	<p> -18</p>	
<p>Regulamento Especifico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Refrigeradores e Asseslhados - RESP001-REF Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</p> <p> <b>PROCEL</b> PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</p> <p><b>INMETRO</b></p> <p>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</p>		

Fonte: Inmetro (2021).

Instituído pela Portaria interministerial nº 1.877, de 30 de dezembro de 1985, o Procel, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e executado pela Eletrobras, busca promover ações de eficiência energética em diferentes áreas da economia a fim de estabelecer um uso consciente da energia e evitar desperdícios (Eletrobras, 2020). Suas áreas de atuação contemplam equipamentos, com o Selo Procel; edificações, em parceria com o Inmetro através da Etiqueta PBE Edifica; o projeto Reluz para iluminação pública; soluções para o Poder Público; indústria e comércio, por meio de treinamentos, manuais e ferramentas computacionais; e população no geral, com a divulgação de cartilhas e apostilas para o uso racional de energia.

O selo Procel de Economia de Energia, instituído em 1993, atua juntamente com a Ence na promoção de produtos mais eficientes contribuindo para a redução do

consumo de energia elétrica. Outro fator que alavancou a oferta desses equipamentos foi a Lei nº 10.295/2001, responsável por estipular níveis mínimos de eficiência energética e máximos de consumo específico de energia (Eletrobras, 2013).

A diferença entre a ENCE e o Selo Procel é o caráter voluntário do último, o qual elege os equipamentos mais eficientes de cada categoria, ao passo que o primeiro informa o nível de eficiência energética apresentado pelo produto, bem como outros parâmetros para a tomada de decisão do consumidor. Um exemplo de selo Procel é exposto na Figura 2.

Figura 2 - Exemplo do selo Procel



Fonte: Eletrobras (2017).

Há diversos eletrodomésticos elegíveis para receber a Ence e o Selo Procel, bem como lâmpadas fluorescentes compactas, a vapor de sódio e LED; reatores; luminárias LED; bombas e motobombas; motores elétricos; condicionadores de ar; e sistemas de aquecimento solar e fotovoltaicos.

Há a previsão de os ganhos com eficiência no uso de energia elétrica no setor residencial atingirem cerca de 7 TWh em 2030 (3,3% do consumo total de eletricidade residencial previsto para esse ano). A revisão dos níveis de eficiência energética da Ence e Selo Procel podem acelerar o crescimento desse tema no setor (Ministério de Minas e Energia [MME], & EPE, 2021).

## 2.2. GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

A micro e minigeração distribuídas são regidas pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 e sua revisão, Resolução Normativa nº 687/2015, as quais estabelecem que o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica por meio de fontes renováveis, nos quais se incluem os geradores fotovoltaicos, e também gerar créditos a partir do fornecimento do excedente para a rede de distribuição de sua localidade.

A geração distribuída traz benefícios como o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização de perdas e a diversificação da matriz energética. O estímulo à eficiência energética nos edifícios e à geração local renovável contribuem para a segurança energética do Brasil, em última instância (Eletrobras, 2020).

As centrais geradoras com potência instalada até 75 kW são configuradas como microgeração distribuída, enquanto aquelas com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, minigeração distribuída. Ambas são conectadas na rede de distribuição por meio de instalações nas unidades consumidoras (Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL], 2016).

Graças ao Sistema de Compensação de Energia, conhecido como “net metering”, a energia excedente, resultado da diferença entre a energia injetada e consumida quando a primeira é maior que a última, torna-se créditos que compensam em até 60 meses o consumo nos próximos meses da mesma unidade consumidora. Assim, não há necessidade de o consumidor instalar baterias para o armazenamento, uma vez que a própria rede funciona como uma. No entanto, os consumidores atendidos em baixa tensão (grupo B) terão de pagar o custo de disponibilidade nos meses em que a geração for igual ou maior que o consumo da rede. Logo, é recomendado que o sistema de geração seja dimensionado para um consumo menor do que a unidade consome normalmente.

Apesar de possuir capacidade e geração menores do que outras fontes na matriz de energia elétrica brasileira, a geração fotovoltaica tem apresentado grande crescimento nos últimos anos. Em 2020, a capacidade instalada de geração elétrica por meio da energia solar foi de 3.287 MW, representando 1,9%, e a geração elétrica

foi de 10.717 GWh, sendo responsável por 1,7% do total de energia elétrica gerado no ano (EPE, 2020). No entanto, há projeções de que o aumento de 3,6 GW de geração distribuída fotovoltaica na capacidade instalada até 2030 resultaria na evitação acumulada de 337 mil toneladas de CO<sub>2</sub> (Cardoso, Hoffmann, Barbosa, & Coutinho, 2021). Outro estudo revela que investimentos em medidas de eficiência energética e geração fotovoltaica nos setores residenciais, comerciais e de serviços públicos podem reduzir em até 15% as emissões de CO<sub>2</sub> até 2030 em comparação com o cenário sem investimentos no México (Acosta, & Samperio, 2020).

Além do impacto a nível ambiental, a geração fotovoltaica pode trazer benefícios econômicos e sociais, uma vez que reduz o custo das unidades consumidoras com energia elétrica além de contribuir para a diversificação da matriz de energia elétrica. Guerhardt et al. (2020) informa que a adoção da Tarifa Branca juntamente a um sistema de energia fotovoltaica resultou em uma economia de 68,31% para um condomínio. Outras medidas simples podem ser somadas à geração de energia fotovoltaica para um consumo mais racional e eficiente, como o aquecimento solar da água para substituição do chuveiro a gás (Rodrigues & Carlo, 2020).

### **2.3. ADESÃO À TARIFA BRANCA**

A tarifa branca é uma nova modalidade tarifária que se tornou disponível a partir de 2018 para as unidades consumidoras atendidas em baixa tensão, permitindo sinalizar aos consumidores a variação do valor da energia de acordo com o horário de consumo. Essa tarifa não se aplica às unidades inscritas na Tarifa Social nem à categoria de iluminação pública.

A tarifa branca funciona com três faixas de valores durante o dia, sendo mais cara nos horários de ponta e intermediário e mais barata no horário fora de ponta em relação à Tarifa Convencional, exceto para feriados nacionais e finais de semana nos quais o valor é sempre fora de ponta.

O horário de ponta se caracteriza pelo alto consumo da população, possuindo maior demanda para a geração e tornando mais caro o processo de produção. É um período diário de três horas consecutivas, geralmente entre 18 horas e 21 horas, enquanto que o horário intermediário é um período de uma hora ou uma hora e meia antes e depois do horário de ponta. Enquanto que o horário fora de ponta é composto

pelos períodos complementares aos horários de ponta e intermediário. Esses postos tarifários são estabelecidos pela distribuidora vigente na localidade.

Em virtude da crise hídrica, é esperado uma maior adesão à tarifa branca, uma vez que em virtude da bandeira escassez hídrica vigente, a população está tentando reduzir o consumo e o custo com energia. No entanto, o conhecimento da possibilidade de aderir à tarifa branca não é tão disseminada, apesar de, além da solicitação, ser somente necessária a troca do medidor. Além disso, é imprescindível conhecer o padrão de consumo para avaliar se é benéfico ou não alterar para essa tarifa.

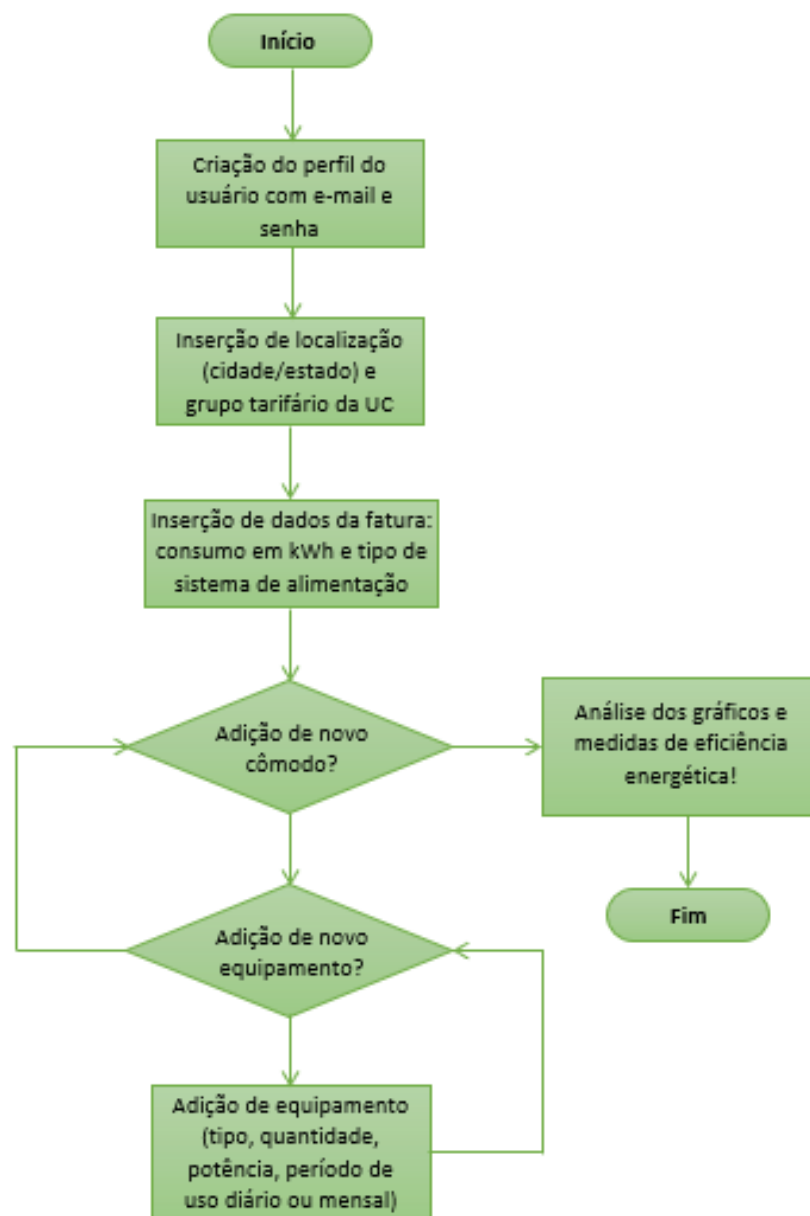
A tarifa branca foi objeto de estudo desde 2010, quando a Nota Técnica 362/2010 foi disponibilizada pela ANEEL que abordava a sugestão de uma nova modalidade tarifária ao grupo de baixa tensão. Ferreira, Marangoni, e Konopatzki (2015) indicam que, sem mudanças de hábitos no consumo, é possível obter uma economia de 5%, enquanto que, com mudanças e um consumo consciente da energia elétrica, essa economia pode chegar a valores entre 10% e 15%.

O estudo realizado por Santos, Camacho, Guimarães, e Rodrigues (2014) também aponta economia provinda da adesão à tarifa branca caso mudanças no padrão de consumo sejam feitas como deslocar o horário de banho para o posto tarifário de fora de ponta. Já para o setor comercial, o qual já possui uma rotina de consumo no horário de fora de ponta, a economia já aconteceria sem mudanças no comportamento de consumo. No entanto, as medidas de adesão à tarifa branca e adoção de um sistema fotovoltaico em conjunto devem ser muito bem estudadas, uma vez que a cobrança da taxa de disponibilidade é feita com base na tarifa convencional independentemente de qual modelo tarifário a unidade consumidora seja atendida, como evidenciado por Rodrigues e Carlo (2020).

### 3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O aplicativo baseia-se em três etapas principais: o levantamento de dados, seu processamento e apresentação dos resultados. Na Figura 3, há o diagrama do funcionamento do aplicativo de forma resumida.

Figura 3 - Esquemático do funcionamento do aplicativo proposto



Fonte: Autoria própria (2021).

### 3.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

A primeira etapa do aplicativo consiste na interação entre o usuário e o software para levantamento do perfil de consumo. Com base em uma interface de questionários de múltiplas escolhas e de preenchimento de valores, o consumidor informará detalhes sobre o seu consumo e sua forma de conexão com a concessionária.

Primeiramente, há a criação do perfil e senha do usuário para facilitar o acesso ao banco de dados específico da pessoa. Em seguida, deverão ser preenchidos os campos sobre a localização (cidade e estado) e grupo tarifário da unidade consumidora, para posteriormente serem informados os dados da conta de luz, como o consumo em kWh e o tipo de sistema de alimentação, e a rotina de uso da energia elétrica. Este último item descreverá quais eletrodomésticos são utilizados em determinado cômodo bem como os intervalos do dia durante os quais estes são utilizados. Optou-se por utilizar a setorização por cômodos do local para facilitar o preenchimento por parte do usuário.

### 3.2. PROCESSAMENTO DOS DADOS

Após o levantamento dos dados, o aplicativo passará pela etapa de processamento das informações a fim de calcular o consumo, determinar o projeto básico do sistema fotovoltaico, elaborar os gráficos e as medidas de eficiência energética e, por fim, avaliar a adesão à tarifa branca.

O cálculo do consumo da energia elétrica  $C$  é baseado em (1):

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_{ji} * P_{ji} * t_{ji} \quad (1)$$

Em que  $i$  representa o cômodo em questão (sendo  $i=1, \dots, n$ ),  $n$  o número total de cômodos na unidade consumidora,  $j$  o eletrodoméstico a ser contabilizado (sendo  $j=1, \dots, m$ ),  $m$  o número total de equipamentos em determinado cômodo,  $q$  a quantidade de determinado equipamento,  $P$  a potência em W, e  $t$  o período em h durante o qual o eletrodoméstico é utilizado no mês.

Após a determinação do consumo, este é comparado com o valor fornecido pelo usuário e é multiplicado pela tarifa estabelecida pela concessionária da região onde a unidade consumidora se encontra.

O projeto do sistema fotovoltaico da unidade consumidora será apenas uma estimativa do dimensionamento das placas fotovoltaicas e inversor. Para isso, o custo de disponibilidade, que depende do sistema de alimentação do padrão de entrada da unidade consumidora, é subtraído do consumo de energia em kWh e o resultado é dividido por 30 para se obter o equivalente em consumo diário  $C_d$ .

Com base na irradiação média diária  $I_d$  da região onde se encontra a unidade consumidora, é calculada a demanda de potência de pico do sistema  $D_p$  a ser implantado (2):

$$D_p = \frac{C_d * 1000}{I_d * 0,8} \quad (2)$$

A partir da demanda, é possível encontrar o número de painéis e o inversor adequado para o sistema dessa unidade consumidora.

Já as medidas de eficiência energética serão elaboradas a partir da comparação entre uma base de dados de potência de equipamentos com etiqueta Ence A e Selo Procel, que serão utilizados como referência, e a potência informada. Além disso, também será avaliado o período de uso de determinado equipamento e comparado com uma base de dados de tempo médio adequado para o fim.

A avaliação da adesão à tarifa branca se dará pela análise do período de uso dos equipamentos. Será simulado o custo da conta de energia elétrica caso seja adotada a tarifa branca e comparado este valor com o atual.

### 3.3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos serão disponibilizados na plataforma em forma de gráficos, de fácil visualização, setorizando os equipamentos com maior interferência no custo total de consumo de energia elétrica. Em seguida, dicas serão fornecidas como troca de equipamentos por outros mais eficientes ou redução no consumo, assim como qual seria a economia obtida com essa troca e/ou redução no consumo.

Uma outra aba da seção de resultados fornecerá a quantidade de placas fotovoltaicas e sua área ocupada e o inversor adequado para o sistema. Uma

estimativa da economia obtida com a implantação do sistema será apresentada bem como o seu payback. Para este último, estimativas de custos adicionais como mão de obra e componentes estruturais serão indicados para uma aproximação mais real do investimento.

E por fim, outra aba para expor se a adesão à tarifa branca é viável para a unidade consumidora será fornecida, lembrando que a economia obtida com as medidas de eficiência, de sistema fotovoltaico e mudança de tarifa são calculadas a partir da situação atual da unidade consumidora.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de exemplificar a interação do usuário com o aplicativo, protótipos das telas principais do aplicativo estão disponíveis nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

A Figura 4 apresenta a tela de maior interação com o usuário, uma vez que é nesta aba de “Dados” em que serão levantadas as informações de equipamentos e rotinas de consumo de energia elétrica. A escolha de campos com múltiplas escolhas facilita o usuário a escrever e indica as possibilidades de preenchimento, promovendo maior comodidade e rapidez.

A Figura 5 mostra a aba de “Resultados”, após o processamento dos dados informados pelo usuário. Há o gráfico circular que indica o equipamento com maior consumo entre os existentes, de forma a conscientizar o usuário sobre o seu uso. Será nessa aba também que serão divulgadas as medidas de eficiência energética, como troca de equipamentos e redução no tempo de uso de determinado eletrodoméstico.

Na aba “Fotovoltaico” (Figura 6), encontra-se a estimativa do dimensionamento do sistema fotovoltaico adequado para a unidade consumidora a ser analisada. Há outros pontos a serem considerados no projeto do sistema fotovoltaico, como mão de obra, componentes estruturais, inversor, entre outros, os quais serão demonstrados nessa aba também. É importante salientar que o aplicativo apresentará uma estimativa do projeto bem como da economia produzida, uma vez que seus cálculos não incluem local exato da instalação e sombreamento.

Figura 4 - Tela do aplicativo para levantamento dos dados do usuário

UC - 1234567 - JOÃO

DADOS RESULTADOS

FOTOVOLTAICO TARIFA BRANCA

LEVANTAMENTO DOS DADOS:

CÔMODO: Banheiro

EQUIPAMENTO

TIPO: Chuveiro

QUANTIDADE: 2

POTÊNCIA [W]: 5000

TEMPO DE USO DIÁRIO: 20 min

USO ESPORÁDICO NO MÊS min

PERÍODO DE USO: Entre 18h e 21h

ADICIONAR +

360 x 640

Fonte: A autoria própria (2021).

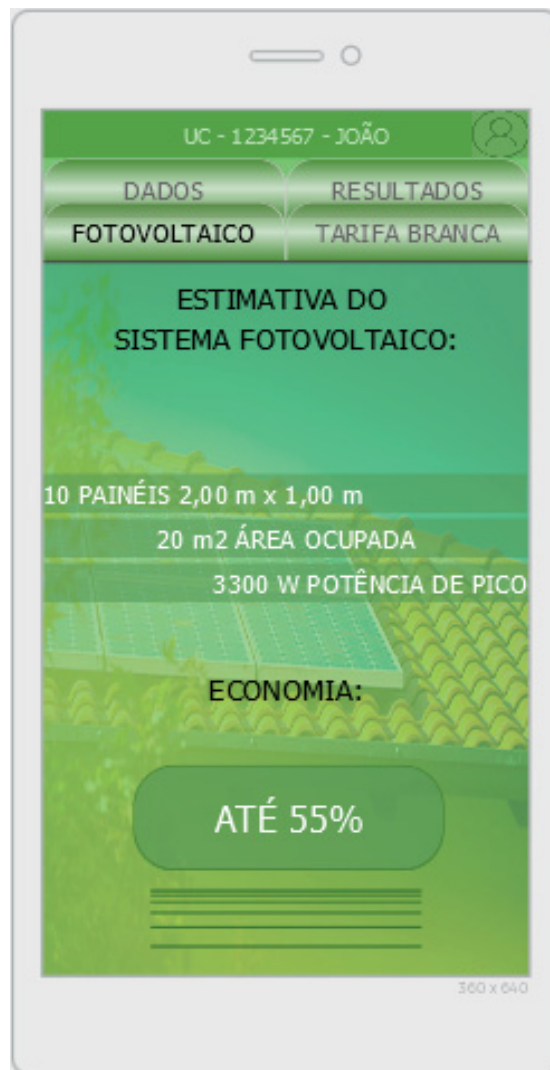
A aba de “Tarifa Branca” (Figura 7) mostrará ao usuário a viabilidade de se mudar para a tarifa branca, levando em consideração o período de uso dos equipamentos. Com base na simulação da mudança, será indicada a viabilidade ou não da mudança. Ela é indicada para os estabelecimentos e residências que possuem um consumo majoritariamente no horário fora de pico.

Figura 5 - Tela do aplicativo para apresentação dos resultados



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 6 - Tela do aplicativo para apresentação da estimativa do sistema fotovoltaico



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 7 - Tela do aplicativo para apresentação da viabilidade da adesão à tarifa branca



Fonte: Autoria própria (2021).

## 5. CONCLUSÕES

O Brasil enfrenta uma crise energética grave atualmente, em que medidas para o consumo consciente da energia elétrica e eficiência energética de processos e equipamentos se tornaram extremamente necessárias para evitar o acontecimento de um novo apagão. Há tecnologias presentes no mercado para monitorar o consumo energético de residências e estabelecimentos, no entanto, o custo para aquisição de sensores, equipamentos, reformas e mão de obra é alto e não acessível para a maioria das pessoas.

O aplicativo para celular que promove a autoavaliação do consumo de energia elétrica permite que o próprio usuário inspecione seu uso da energia elétrica, de forma a verificar a eficiência de seus eletrodomésticos, sua rotina de consumo, a possibilidade de instalação de um sistema de geração distribuída ou até mesmo a mudança para a tarifa branca. Dessa forma, o aplicativo possibilita que os consumidores de energia elétrica da baixa tensão, como residências e estabelecimentos comerciais, analisem como estão utilizando a energia elétrica e promove um consumo mais racional e consciente desse recurso tão essencial nos dias de hoje.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, G. K. G.; & SAMPERIO, J. M. I. (2020). Boosting energy efficiency and solar energy inside the residential, commercial, and public services sectors in Mexico. **Energies**, 13 21, p. 5601, 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica (2a ed.)**. Brasília, DF, 2016.
- ALTOÉ, L.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA, D. F.; MARTINEZ, F. J. R.; FERRAREZ, A. H.; VIANA, L. A. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**, 31, 89, pp. 285-297, 2017.
- ATTIA, M.; Haidar, N.; SENOUCI, S. M.; AGLZIM, E. H. (2018, janeiro). Towards an efficient energy management to reduce CO2 emissions and billing cost in smart buildings. In: **15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference**, 2018, Las Vegas, NV, pp. 1-6.
- CANO, I. M.; HERNANDEZ, G. A.; VALVERDE, M. A. P.; MAZAHUA, L. R., CERVANTES, J. L. S.; AGUIRRE, J. O. O. HEMS-IoT: a big data and machine learning-based smart home system for energy saving. **Energies**, 13, p. 1097, 2020.
- CARDOSO, R. A. F. J.; HOFFMANN, A. S.; BARBOSA, L. O.; COUTINHO, R. A. P. S. A geração distribuída e a redução de carbono na matriz elétrica brasileira. **Revista Internacional de Ciências**, 11, 1, pp. 42-60, 2021.
- ELETROBRAS. **Regulamento para concessão do selo Procel de economia de energia**. Rio de Janeiro, RJ, 2013.
- ELETROBRAS. **Manual de identidade visual do selo Procel**. Rio de Janeiro, RJ, 2017.
- ELETROBRAS. **Relatório de resultados do Procel 2021: ano-base 2020**. Rio de Janeiro, RJ, 2020.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário estatístico de energia elétrica 2021: ano base 2020**. Rio de Janeiro, RJ, 2020.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço energético nacional 2021: ano base 2020**. Rio de Janeiro, RJ, 2020.
- FERREIRA, S. O.; MARANGONI, F.; KONOPATZKI, E. A. Análise dos benefícios da adesão à tarifa branca como forma de gestão energética residencial. In: **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2015, Fortaleza, CE.
- GUERHARDT, F.; SILVA, T. A. F.; GAMARRA, F. M. C.; RIBEIRO, S. E. R. J.; LLANOS, S. A. V.; QUISPE, A. P. B. ... VANALLE, R. M. A smart grid system for reducing energy consumption and energy cost in buildings in São Paulo, Brazil. **Energies**, 13, 15, p. 3874, 2020.
- INTERNACIONAL ENERGY AGENCY. **IEA world energy balances**. Paris, 2020.
- INTERNACIONAL ENERGY AGENCY. **E4 country profile: energy efficiency in Brazil**. Paris, 2021.

HUNT, J. D.; NASCIMENTO, A.; CATEN, C. S.; TOMÉ, F. M. C.; SCHNEIDER, P. S.; THOMAZONI, A. L. R. ... SENNE, R. Energy crisis in Brazil: impact of hydropower reservoir level on the river flow. **Energy**, 239, A, p. 121927, 2022.

HUNT, J. D.; STILPEN, D.; FREITAS, M. A. V. A review of the causes, impacts and solutions for electricity supply crises in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 88, pp. 208-222, 2018.

INMETRO. (2021). **Conheça mais sobre a etiqueta do PBE**. Disponível em: <<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/conheca-mais-sobre-a-etiqueta-do-pbe>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2021.

LEI N. 10.295, DE 17 DE OUTUBRO 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências**. Brasília, DF, 2001.

MAGNO, M.; POLONELLI T.; BENINI L.; POPOVICI E. A Low cost, highly scalable wireless sensor network solution to achieve smart LED light control for green buildings. **IEEE Sensors Journal**, 15, 5, pp. 2963-2973, 2015.

MANGANELLI, M.; GRECO, G.; MARTIRANO, L. Design of a new architecture and simulation model for building automation toward nearly zero energy buildings. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 55, 6, pp. 6999-7007, 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano nacional de eficiência energética**. Brasília, DF, 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Brasília, DF, 2021.

MONTEIRO, S. A.; MONTEIRO, F. P.; TOSTES, M. E. L.; CARVALHO, C. M. Methodology for energy efficiency on lighting and air conditioning systems in buildings using a multi-objective optimization algorithm. **Energies**, 13, 13, p. 3303, 2020.

PAIM, J. R. N.; BIANCHINI, D. (2015). Analyzing consumer behavior on residential energy efficiency using fuzzy logic model. **IEEE Latin America Transactions**, 13, 10, pp. 3269-3276, 2015.

PECES, C. B. On the energy efficiency in the next generation of smart buildings - supporting technologies and techniques. **Energies**, 12, 22, p. 4399, 2019.

PORTARIA INTERMINISTERIAL N. 1.877, DE 30 DE DEZEMBRO DE 1985. **Institui o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)**. Brasília, DF, 1985.

RESOLUÇÃO N. 2, DE 31 DE AGOSTO DE 2021. **Institui o programa de incentivo à redução voluntária do consumo de energia elétrica para unidades consumidoras do sistema interligado nacional**. Brasília, DF, 2021.

RODRIGUES, M. G.; CARLO, J. C. Impactos da geração distribuída fotovoltaica e da tarifa branca no consumo do setor residencial. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, 11, p. e020018, 2020.

SANTOS, A. B. S.; CAMACHO J. R.; GUIMARÃES, S. C. J.; RODRIGUES, K. D. Tarifa branca – um estudo da estrutura tarifária do grupo B do setor elétrico – parte II: estudo de casos. In: **XII Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica**. 2014, Uberlândia, MG.

SKRABEC, Q. R., J. **The 100 most significant events in American business: an encyclopedia.** Santa Barbara, CA: ABC-Clio, 2012.

SOARES, T. C.; LOPES, L. S.; CUNHA, D. A. da. A eficiência do consumo residencial de energia elétrica no Brasil. **Economia Aplicada**, 21, 3, pp. 503-523, 2017.