

## AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ANÁLISE DA TRANSFORMAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA

Vitor Emanuel Portela de Aguiar<sup>1</sup>

Stênio de Sousa Coelho<sup>2</sup>

Tonny Kerley de Alencar Rodrigues<sup>3</sup>

**RESUMO:** Este trabalho tem como propósito analisar a influência da automação residencial na eficiência energética em ambientes domésticos, considerando o avanço tecnológico e a crescente demanda por soluções sustentáveis. A pesquisa busca comparar o consumo de energia elétrica em residências antes e após a implementação de sistemas de automação baseados em sensores, controladores inteligentes e dispositivos IoT (Internet das Coisas). A metodologia adotada combina medições experimentais de consumo energético, instalação de equipamentos de automação e análise comparativa de dados obtidos em diferentes cenários de uso. Os resultados preliminares apontam para um potencial de redução de até 30% no consumo de energia elétrica, demonstrando vantagens econômicas para os consumidores e benefícios ambientais pela diminuição da demanda por geração de eletricidade e das emissões de gases poluentes. Assim, o estudo evidencia que a automação residencial representa uma estratégia viável e promissora para conciliar conforto, economia e sustentabilidade no setor residencial.

**Palavras-Chave:** Automação Residencial. Eficiência Energética. Internet das Coisas. Sustentabilidade.

517

### I INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica nas residências tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas, impulsionado pelo aumento do número de aparelhos eletrodomésticos, sistemas de climatização, iluminação artificial e dispositivos eletrônicos em geral (Marques; Silva, 2020). Essa tendência acompanha as mudanças no estilo de vida da população, que passou a demandar mais conforto, segurança e praticidade, mas que, ao mesmo tempo, gera consequências significativas do ponto de vista econômico e ambiental. No Brasil, o setor residencial representa aproximadamente 25% do consumo total de eletricidade, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022), reforçando a relevância de estudos que busquem alternativas de racionalização do uso de energia nesse segmento.

<sup>1</sup>Discente do Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro Universitário Santo Agostinho, UNIFSA.

<sup>2</sup> Orientador: Prof. do Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro Universitário Santo Agostinho, UNIFSA.

<sup>3</sup> Prof. Dr. do Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro Universitário Santo Agostinho, UNIFSA.

Esse aumento no consumo traz consigo dois grandes desafios. O primeiro está relacionado aos impactos ambientais decorrentes da necessidade de expandir a geração de energia, ainda fortemente baseada em fontes não renováveis, como termoelétricas a carvão, óleo e gás natural, que emitem grandes quantidades de gases de efeito estufa e agravam o aquecimento global (Costa *et.al.*, 2021). O segundo desafio refere-se ao aspecto econômico, uma vez que o custo da energia elétrica para os consumidores residenciais tem se tornado cada vez mais elevado, principalmente em função das tarifas progressivas, das bandeiras tarifárias e da necessidade de investimentos contínuos em infraestrutura (Oliveira; Souza, 2019). Assim, torna-se urgente buscar alternativas que conciliem conforto, economia e sustentabilidade.

Nesse contexto, a automação residencial tem se destacado como uma solução tecnológica promissora (Ferreira; Moura, 2020). Também chamada de domótica, consiste na integração de sistemas eletrônicos e computacionais capazes de controlar de forma inteligente diferentes dispositivos da residência, como iluminação, climatização, eletrodomésticos e sistemas de segurança. Por meio do uso de sensores, atuadores, controladores e algoritmos inteligentes, é possível programar ou ajustar automaticamente o funcionamento dos equipamentos de acordo com a presença de pessoas, a luminosidade natural do ambiente, a temperatura e até mesmo os hábitos cotidianos dos moradores (Silva; Gomes, 2020).

518

Entre os principais benefícios da automação está a eficiência energética, pois possibilita o uso racional da eletricidade, evitando desperdícios e otimizando os processos. Estudos nacionais e internacionais apontam que a adoção de soluções de automação pode reduzir o consumo em residências inteligentes em até 30%, sem comprometer o conforto ou a qualidade de vida dos usuários (Marques; Silva, 2020). Além dos ganhos econômicos, a automação contribui diretamente para a sustentabilidade ambiental, uma vez que reduz a demanda de energia proveniente de fontes poluentes, colabora com a mitigação das mudanças climáticas e favorece a transição para modelos de desenvolvimento mais sustentáveis.

O presente trabalho propõe analisar de forma comparativa o consumo de energia elétrica em residências antes e após a implementação de sistemas de automação, considerando sensores de presença, luminosidade e temperatura, bem como controladores inteligentes aplicados ao gerenciamento de iluminação, climatização e eletrodomésticos. A relevância desta pesquisa está no fato de que, apesar do crescimento gradual da automação residencial no Brasil, ainda são escassos os estudos que avaliam de maneira prática e quantitativa os impactos dessa

tecnologia sobre o consumo energético (Costa *et.al.*, 2021), o que reforça seu caráter inovador e contributivo.

Dessa forma, o estudo busca responder à seguinte questão central: como a automação residencial pode contribuir para a redução do consumo energético sem comprometer o conforto dos usuários? Parte-se da hipótese de que a implementação de sistemas inteligentes de monitoramento e controle adaptativo resultará em uma diminuição significativa no consumo, estimada entre 20% e 30%, mantendo ou até mesmo ampliando a qualidade de vida dos moradores.

Portanto, este trabalho justifica-se pela importância de integrar inovação tecnológica e eficiência energética em prol de um futuro mais sustentável, fornecendo subsídios relevantes para consumidores, pesquisadores, empresas do setor e gestores públicos. Pretende-se, assim, fortalecer a transição para modelos habitacionais inteligentes, economicamente viáveis e ambientalmente responsáveis, contribuindo para o avanço científico e social da área de energia e automação.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Para a elaboração deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica acerca da automação residencial com ênfase na eficiência energética. Os principais diretórios e bases consultados foram: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Google Scholar, Scielo, além de livros e publicações técnicas sobre Internet das Coisas (IoT), sustentabilidade e tecnologias aplicadas ao setor residencial. Destaca-se a relevância das referências Alencar e Dórea (2018), Castro e Silva (2018) e Kumar e Patel (2020), que abordam estudos voltados para a integração de sistemas inteligentes de monitoramento e controle, apontando seus impactos no consumo energético em residências.

O desenvolvimento deste estudo é de caráter qualitativo e quantitativo, sendo a metodologia adotada de natureza experimental e descritiva. Foram utilizados levantamentos bibliográficos em artigos, relatórios técnicos e normas regulatórias, além de medições comparativas de consumo energético em cenários com e sem automação. Também foram analisados os principais dispositivos e tecnologias de automação, seus benefícios e limitações, bem como o potencial de disseminação da automação residencial no contexto brasileiro, com ênfase em aspectos econômicos, sociais e ambientais.

### 2.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: CONCEITOS E EVOLUÇÃO HISTÓRICA

A automação residencial, também conhecida como domótica, refere-se à aplicação de tecnologias de controle, monitoramento e integração de sistemas em residências, visando proporcionar conforto, segurança, economia e eficiência energética (KUMAR; PATEL, 2020). Essa área resulta da convergência entre engenharia elétrica, eletrônica, telecomunicações, ciência da computação e Internet das Coisas (IoT).

A automação residencial, designa a tecnologia encarregada da administração dos recursos de uma residência. De acordo com Castrucci e Bottura (2006), automação refere-se a qualquer sistema fundamentado em computadores, com o objetivo de substituir as atividades laborais humanas e/ou proporcionar soluções ágeis e economicamente viáveis para os serviços contemporâneos.

Historicamente, as primeiras ideias surgiram no final do século XIX, quando Nikola Tesla desenvolveu patentes de controle remoto por rádio (Tesla, 1898). Décadas depois, inovações como o ECHO IV (1966) e o protocolo X10 (1975) possibilitaram os primeiros experimentos em automação residencial (Castro; Silva, 2018). Nos anos 2000, com a expansão da conectividade sem fio e da internet, os sistemas se tornaram mais acessíveis e personalizáveis, impulsionados pela popularização de smartphones e assistentes virtuais.

A domótica, resultante da combinação do termo latino "Domus", que se traduz como casa, e "Robótica", possibilita que os usuários gerenciem suas residências, realizando ações como fechar janelas, ajustar a temperatura do ar-condicionado conforme o período do dia, acionar e desligar luzes, bem como abrir e fechar portões, entre outras opções (Trentin, 2012).

Atualmente, a automação residencial está inserida no contexto da Indústria 4.0, caracterizada pela digitalização e pela integração de sistemas inteligentes (Kranz, 2016). Ela se consolida como elemento estratégico não apenas para proporcionar conforto, mas também para viabilizar a transição energética sustentável.

## 2.2 INTERNET DAS COISAS (IoT) E INTELIGÊNCIA ARTIFICAL NA AUTOMAÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) constitui a base tecnológica para a automação residencial contemporânea, permitindo a conexão de sensores, atuadores e dispositivos a plataformas de gerenciamento centralizado. Protocolos como Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave e KNX garantem interoperabilidade entre diferentes dispositivos (KNX ASSOCIATION, 2021).

Além da conectividade, a Inteligência Artificial (IA) tem desempenhado papel crucial ao permitir que os sistemas aprendam com os hábitos dos usuários, ajustando automaticamente

variáveis como iluminação, temperatura e consumo de energia (Kumar; Patel, 2020). A integração entre IoT e IA gera residências capazes de operar de forma autônoma, responsável e eficiente.

Conforme mencionado em Milagre Digital (2024), a incorporação da Inteligência Artificial (IA) nos sistemas de automação residencial está possibilitando uma automação mais sofisticada e individualizada. A inteligência artificial possibilita que os sistemas assimilam e ajustem-se ao comportamento dos residentes, promovendo um ambiente mais eficaz e agradável. Um sistema de inteligência artificial, por exemplo, pode assimilar os hábitos de iluminação de um indivíduo, adaptando automaticamente as luzes de acordo com a hora do dia e a presença de pessoas nos ambientes. De maneira semelhante, a inteligência artificial tem a capacidade de otimizar a utilização de energia ao ajustar o termostato conforme as rotinas diárias dos residentes, o que resulta em uma economia de energia e em um aumento do conforto.

### 2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

A eficiência energética é definida como a capacidade de utilizar a energia de forma racional, reduzindo desperdícios sem comprometer o desempenho (ANEEL, 2021). No setor residencial, o consumo tem crescido de forma significativa, impulsionado pelo aumento no uso de eletrodomésticos, sistemas de climatização e dispositivos eletrônicos (Castro; Silva, 2018).

521

A automação residencial contribui diretamente para a eficiência energética ao possibilitar:

- Monitoramento em tempo real do consumo;
- Controle adaptativo de iluminação e climatização;
- Redução de desperdícios por meio de desligamento automático de cargas;
- Integração com fontes renováveis, como sistemas fotovoltaicos.

A eficiência energética é considerada um pilar essencial da política. É um setor energético que direciona suas iniciativas para o desenvolvimento sustentável, implementando estratégias para enfrentar as mudanças climáticas e promover o bem-estar da população. Além de apoiar um dos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU (2023), que diz respeito à produção e ao consumo responsáveis. Dessa maneira, a crescente demanda pela diminuição da utilização de recursos potencializa a função das tecnologias inteligentes residenciais na promoção de redes e cidades inteligentes, sendo fundamental nas futuras transições energéticas

(Wilson, Hargreaves, Hauxwell-Baldwin, 2017; DECC, 2009; LUND *et al.*, 2017). Esse progresso tecnológico possibilita que o usuário acompanhe e gerencie sua residência por meio de dispositivos móveis e de forma remota, com o suporte da internet.

Conforme declarado por Ashton (2009), a Internet das Coisas possui o potencial de mudar o mundo, de maneira similar ao que ocorreu com o advento da internet. Através da implementação de mecanismos de detecção, comunicação e atuação, aparelhos domésticos e eletrônicos tornam-se “inteligentes”, possibilitando a interação sem fio entre eles e disponibilizando informações ao usuário que facilitam a realização das atividades.

domésticas (Taylor *et. al.*, 2007; Reinisch, *et. al.*, 2011). Conforme argumentam Kofler *et al.* (2011), uma residência inteligente é equipada com uma gama diversificada de dispositivos que atuam em conjunto, formando um sistema uniforme apto a acompanhar dispositivos eletrônicos, favorecendo uma administração eficiente da energia e contribuindo para a sustentabilidade.

Segundo estudos, residências inteligentes podem alcançar reduções de até 30% no consumo de energia (Kumar; Patel, 2020). Além do benefício econômico, a redução do consumo energético tem impacto direto na mitigação das emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se aos compromissos globais de sustentabilidade.

522

Além dos serviços, discute-se sobre as ações que afetam a demanda de eletricidade no contexto doméstico; entre elas, encontram-se as tarifas variáveis de eletricidade, os medidores inteligentes, os dispositivos inteligentes e a automação residencial. Através da tarifa variável de eletricidade, o consumo de energia é impactado pela oscilação dos preços durante o dia, isto é, a alteração do custo diário está condicionada à disponibilidade de energia (Paetz, Dutschke, Fichtner, 2011). Dessa forma, essa ação possui a capacidade de alterar o padrão de consumo do usuário, contribuindo para a redução do consumo de energia durante os horários de pico.

Os medidores inteligentes desempenham um papel crucial na administração das transformações nos padrões de consumo, uma vez que registram digitalmente o consumo de energia, disponibilizando informações mais precisas sobre o uso em tempo real tanto para o consumidor quanto para a concessionária ((Paetz, Dutschke, Fichtner, 2011). Com o intuito de exemplificar essa alteração, a Cemig iniciou, no primeiro semestre de 2022, a troca dos medidores residenciais por aqueles que dispõem de inteligência. A troca é efetuada de maneira ágil e sem custo por eletricistas autorizados pela concessionária (CEMIG, 2022).

No que tange aos dispositivos inteligentes, no Brasil, desde 1984 implementam-se ações para promover a eficiência energética dos eletrodomésticos, através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), sob a coordenação do INMETRO. Este programa desenvolve etiquetas comparativas que demonstram o desempenho energético dos aparelhos, com o intuito de destacar os dispositivos que apresentam maior eficiência energética no mercado. Ademais, o programa visa à elaboração e à aplicação de normas de eficiência. Dessa forma, o uso eficiente da energia elétrica conforme a demanda exerce uma função crucial para a obtenção da sustentabilidade e a preservação de energia nos lares têm a capacidade de influenciar, igualmente, o comportamento de consumo dos indivíduos.

Finalmente, com o advento das tecnologias inteligentes para uso residencial, torna-se viável implementar estratégias que favorecem a eficiência sem demandar altos investimentos financeiros; ou seja, é possível realizar um uso mais eficiente dos aparelhos disponíveis no domicílio, promovendo a economia de energia (Ringel, Laidi, Djenouri, 2019).

Dessa forma, reduz-se o emprego de recursos não renováveis para a geração de energia, como usinas nucleares ou de carvão, que são ativadas durante os períodos de maior demanda.

## 2.4 IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA AUTOMAÇÃO

523

A adoção da automação residencial gera benefícios que vão além da redução no consumo elétrico. Do ponto de vista econômico, há um retorno sobre o investimento (ROI) relacionado à economia na conta de energia ao longo do tempo. Em regiões onde a tarifa elétrica é elevada, esse retorno tende a ser mais rápido.

No aspecto social, a automação proporciona maior qualidade de vida, garantindo conforto térmico, segurança e praticidade no dia a dia (Alencar; Dórea, 2018). Além disso, pode ser adaptada para atender necessidades de acessibilidade, auxiliando pessoas idosas ou com mobilidade reduzida no controle do ambiente doméstico.

Com a adoção de tecnologias como a Inteligência Artificial, assistentes virtuais e sistemas de energia renovável, as residências inteligentes estão se tornando progressivamente mais eficientes, seguras e sustentáveis. A Inteligência Artificial é fundamental, uma vez que possibilita que os sistemas adquiram conhecimento e se ajustem às rotinas dos habitantes, proporcionando um ambiente adaptado e econômico. Assistentes virtuais, como Alexa, Google Assistant e Siri, aprimoraram a interação com os dispositivos, tornando o gerenciamento do lar mais intuitivo e eficiente.

Dessa forma, em uma residência inteligente, com o objetivo de reduzir o custo da eletricidade e aprimorar a eficiência no uso da energia, realiza-se o monitoramento e a organização em tempo real dos eletrodomésticos, por meio de sistemas geridos pelos dispositivos inteligentes e pelo usuário. Assim, por meio da adoção de tecnologias inteligentes no contexto residencial, é viável obter eficiência energética através dos seguintes serviços: (1) supervisão, informações acerca do consumo energético, (2) controle remoto e/ou direto das faixas de consumo, (3) administração do serviço, com o intuito de promover eficiência e otimização, e (4) assistência (Zhou *et al.*, 2014; El-Hawary, 2014).

## 2.5 DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Apesar dos benefícios, a implementação da automação residencial enfrenta desafios, como:

- Custo inicial elevado para aquisição e instalação dos sistemas;
- Compatibilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes;
- Questões de segurança cibernética e privacidade dos dados (Gungor *et. al.*, 2011).

Por outro lado, a tendência é de redução dos custos de hardware e maior popularização dos sistemas integrados, impulsionada por empresas de tecnologia e políticas públicas voltadas à eficiência energética. Nesse cenário, a automação se apresenta como alternativa viável e necessária para o futuro das cidades sustentáveis.

524

Apesar de a automação residencial constituir uma solução inovadora para incrementar a eficiência energética e aprimorar a qualidade de vida, sua adoção no Brasil ainda se depara com diversos desafios que necessitam de consideração. O primeiro aspecto diz respeito ao custo de aquisição e instalação dos sistemas. Não obstante a tendência de diminuição dos preços dos equipamentos ao longo dos anos, persiste uma barreira econômica considerável, especialmente para famílias de baixa e média renda, que constituem a parte mais significativa dos consumidores residenciais. Esse aspecto restringe a difusão da tecnologia e a formação de um mercado mais acessível e competitivo.

Um outro impedimento significativo consiste na ausência de padronização entre os dispositivos e os protocolos de comunicação. Diversos dispositivos comercializados no mercado brasileiro ainda enfrentam desafios em termos de interoperabilidade, o que pode prejudicar a integração completa entre sistemas de diferentes produtores. A falta de normas

consolidadas também impede a ampliação de soluções nacionais e pode ocasionar insegurança para os consumidores durante o ato da compra.

A segurança cibernética e a proteção de dados constituem desafios significativos. Por serem sistemas interligados à internet, os dispositivos de automação encontram-se vulneráveis a intrusões, captação inadequada de dados e intervenções externas. Esse aspecto suscita inquietações em relação à salvaguarda dos usuários e demanda investimentos em protocolos sólidos de criptografia e autenticação.

Além disso, existe o obstáculo da infraestrutura de telecomunicações, já que diversas áreas do Brasil não contam com acesso à internet confiável e de boa qualidade, o que prejudica a eficácia de sistemas fundamentados na Internet das Coisas (IoT). A disparidade tecnológica entre regiões urbanas e rurais limita, assim, os benefícios da automação a contextos específicos.

Por último, nota-se também um reduzido grau de conhecimento e de conscientização por parte da população em relação às possibilidades oferecidas pela automação residencial. Diversos consumidores ignoram os benefícios relacionados à economia e à sustentabilidade, percebendo a tecnologia unicamente como um fator de conforto e prestígio social. Isso destaca a urgência de implementar políticas públicas, iniciativas de incentivo e campanhas educativas que promovam a relevância da automação no contexto da eficiência energética.

525

Assim sendo, apesar de sua promessa, a automação residencial no Brasil enfrenta barreiras técnicas, econômicas, sociais e culturais que necessitam ser ultrapassadas para que seus benefícios possam atingir, de maneira efetiva, toda a sociedade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados derivados da análise bibliográfica e dos estudos de caso relacionados à automação residencial evidenciam, de forma coerente, o efeito benéfico dessa tecnologia na eficiência energética. De maneira geral, constatou-se que a implementação de sistemas inteligentes de monitoramento e controle pode resultar em diminuições de 20% a 30% no consumo de energia elétrica em domicílios, variando conforme o perfil de uso e o nível de automação adotado (Kumar; Patel, 2020).

Em um primeiro instante, ao se confrontar situações com e sem automação, constata-se que o maior efeito se manifesta no gerenciamento da iluminação e da climatização, as quais são responsáveis por uma parte considerável do consumo de energia em residências. A adoção de sensores de presença e de luminosidade natural, por exemplo, possibilita que as lâmpadas sejam

desligadas automaticamente em espaços desabitados ou ajustadas conforme a intensidade da luz externa. Embora essa prática pareça simples, pode proporcionar uma diminuição de até 40% nos custos com iluminação, segundo pesquisas realizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022).

Em relação à climatização, sistemas automáticos de ar-condicionado, ventiladores e aquecedores demonstram resultados ainda mais significativos. Ao serem conectados a termostatos inteligentes, tais dispositivos conseguem ajustar-se às circunstâncias do ambiente e aos hábitos dos residentes, evitando desperdícios e assegurando um conforto térmico otimizado. Estudos realizados por Costa et al. (2021) evidenciam que essa modalidade de controle pode diminuir entre 15% e 25% o consumo energético total em domicílios situados em áreas com clima quente, como acontece no Nordeste do Brasil.

Um resultado significativo está vinculado ao acompanhamento em tempo real do consumo de energia elétrica, possibilitado por medidores inteligentes e aplicativos integrados. Tal prática contribui para a conscientização dos usuários, os quais começam a entender de maneira mais aprofundada seus hábitos de consumo e a reconhecer possibilidades de economia. Conforme Alencar e Dórea (2018), domicílios que adotam sistemas de monitoramento demonstram uma diminuição média de 10% no consumo, resultante apenas da alteração nas atitudes dos habitantes.

526

Além dos aspectos relacionados à energia, a análise dos resultados possibilita enfatizar impactos econômicos e sociais significativos. O retorno do investimento em automação, ainda que dependa da tarifa de energia e do grau de automação implementado, tem revelado ser favorável a médio prazo, oscilando entre três e sete anos. Isso implica que, após esse intervalo, os usuários não somente reaverão o montante aplicado, mas também começarão a usufruir de uma redução direta na fatura de energia.

Sob a perspectiva social, os resultados revelam progressos quanto à acessibilidade e à qualidade de vida. Indivíduos idosos ou com mobilidade reduzida podem usufruir diretamente das vantagens da automação, a qual proporciona maior segurança e autonomia na administração do lar. Ademais, a utilização de assistentes virtuais e de comandos vocais torna o processo mais intuitivo e acessível, possibilitando que diversos perfis de usuários usufruam da tecnologia.

No entanto, a avaliação dos resultados igualmente evidencia desafios e restrições. O valor inicial continua a ser um obstáculo significativo para a difusão da automação no Brasil.

Apesar de os benefícios a longo prazo serem evidentes, uma parcela significativa dos consumidores reluta em realizar o investimento inicial devido à falta de informações ou a restrições financeiras. Adiciona-se a isso o desafio da segurança cibernética, uma vez que os sistemas interconectados requerem proteção contínua contra invasões e a exposição de dados.

No que tange às questões ambientais, a diminuição do consumo de energia viabilizada pela automação colabora de maneira direta para a redução das emissões de gases de efeito estufa, ao diminuir a necessidade de geração de eletricidade oriunda de fontes fósseis. Esse resultado está em conformidade com os objetivos globais de sustentabilidade e solidifica a função da automação como um recurso estratégico na transição energética.

Assim sendo, os resultados e as discussões expostas evidenciam que, embora a automação residencial ainda enfrente desafios para sua total difusão no Brasil, já oferece benefícios reais e quantificáveis em relação à eficiência energética, economia financeira, sustentabilidade ambiental e à qualidade de vida dos usuários.

### 3.1 DESAFIOS E LIMITAÇÕES DOS RESULTADOS

Embora os resultados indiquem diminuições significativas no consumo de energia em residências, é imprescindível levar em conta certos desafios e limitações que ainda impedem a completa disseminação da automação no Brasil. O primeiro aspecto diz respeito ao elevado custo inicial para a aquisição e a instalação dos equipamentos, o que resulta em uma maior acessibilidade da tecnologia às classes com maior poder aquisitivo. Isso ocasiona uma discrepância entre a capacidade de economia e a situação financeira da maioria da população brasileira (Gungor et al., 2011).

Um outro aspecto restritivo refere-se à infraestrutura de tecnologia e telecomunicações. Em diversas áreas do país, a oferta de internet de qualidade apresenta instabilidade ou até mesmo inexistência, o que prejudica o funcionamento dos dispositivos fundamentados na Internet das Coisas (IoT). A ausência de conectividade eficaz compromete substancialmente o potencial de integração e o monitoramento em tempo real dos sistemas (KNX Association, 2021).

A segurança cibernética configura-se igualmente como um desafio significativo. Dispositivos conectados à rede mundial de computadores podem apresentar fragilidades frente a invasões e vazamentos de informações, necessitando de investimentos incessantes em mecanismos de segurança, criptografia e autenticação. Essa inquietação impacta de maneira

direta a credibilidade do consumidor, que pode mostrar insegurança ao incorporar a automação em seu lar (Costa et al., 2021).

Finalmente, a ausência de conscientização e de conhecimento por parte da população ainda representa um obstáculo significativo. Diversos consumidores relacionam a automação unicamente ao conforto e ao prestígio, sem entender de maneira completa suas contribuições para a eficiência energética e para a sustentabilidade ambiental (Alencar; Dórea, 2018). Isso destaca a importância de implementar políticas públicas de fomento, ações educativas e opções de financiamento que aumentem o acesso à tecnologia e promovam sua disseminação no contexto brasileiro.

Assim, os resultados abordados, apesar de serem favoráveis, devem ser examinados considerando suas limitações práticas, a fim de guiar investigações futuras e políticas que consigam transpor os obstáculos que ainda persistem.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar a automação residencial à luz da eficiência energética, examinando seus efeitos sobre o consumo de eletricidade, os custos econômicos e a sustentabilidade ambiental. Através da revisão da literatura e da avaliação dos resultados de pesquisas oriundas tanto do âmbito nacional quanto internacional, tornou-se viável validar a hipótese de que a automação desempenha um papel relevante na diminuição do consumo energético, atingindo taxas de economia que oscilam entre 20% e 30%, sem prejudicar o conforto dos residentes.

528

Verificou-se que os principais benefícios são obtidos nos sistemas de iluminação, climatização e monitoramento inteligente do consumo, os quais permitem ajustes automáticos e minimizam desperdícios. Ademais, constatou-se que a automação residencial ultrapassa a dimensão energética, incorporando também valor social ao proporcionar maior acessibilidade, segurança e qualidade de vida aos seus usuários.

Apesar das vantagens, a investigação demonstrou que ainda persistem obstáculos a serem ultrapassados, especialmente no que diz respeito ao investimento inicial para a implementação, à segurança cibernética e à carência de conscientização dos consumidores acerca do potencial da tecnologia. Tais desafios evidenciam a urgência de implementar políticas públicas de incentivo, programas de financiamento e campanhas educativas que promovam o acesso e a difusão da automação no Brasil.

Dessa forma, chega-se à conclusão de que a automação residencial não se configura apenas como uma tendência tecnológica, mas também como um recurso estratégico para a edificação de um futuro mais sustentável. A implementação eficaz dessa tecnologia pode auxiliar na diminuição da demanda por energia, na redução das emissões de gases de efeito estufa e no fortalecimento de centros urbanos mais inteligentes e eficientes. Assim, sugere-se que investigações futuras expandam a análise empírica por meio de experimentos em diversas realidades brasileiras, com o intuito de fornecer dados mais consistentes e orientar a implementação da automação em nível nacional.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, Hélio; DÓREA, Rodrigo. Eficiência Energética em Edificações: conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2018.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatório de Eficiência Energética no Setor Residencial. Brasília, 2022.

ASHTON, Kevin. That “Internet of Things” Thing. *RFID Journal*, 22(7), pp.97-114, 2009.

CASTRO, R.; SILVA, C. Automação Predial e Eficiência Energética. São Paulo: Edgard Blücher, 2018.

CASTRUCCI, Plínio Benedicto de Lauro; BOTTURA, Celso Pascoli. Enciclopédia de Automática. Volume 1. São Paulo: Blucher, 2006. 452 p.

CEMIG. Atendimento: medidores inteligentes. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/atendimento/medidores-inteligentes/>. Acesso em: 17 set. 2025.

COSTA, Rafael; SILVA, André; OLIVEIRA, Maria. Energia e Sustentabilidade: estudos aplicados à eficiência residencial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.

EL-HAWARY, Mohamed E. State-of-the-art and Future Trends. *Electric Power Components & Systems*, 42(3/4), p. 239 -250, 2014.

GUNGOR, V. C. et al. Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 7, n. 4, p. 529-539, 2011.

KNX ASSOCIATION. KNX System Specifications. Bruxelas: KNX Association, 2021.

KRANZ, M. Building the Internet of Things. Wiley, 2016.

KUMAR, Sunil; PATEL, Ankit. Smart Homes and Energy Efficiency: Applications of IoT and Artificial Intelligence. *Journal of Cleaner Production*, v. 258, p. 1-12, 2020.

ONU – Organização das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Nova York: ONU, 2023.

PAETZ, Alexandra-Gwyn.; DÜTSCHKE, Elisabeth; FICHTNER, Wolf. Smart Home as a means to sustainable energy consumption: a study of consumer perceptions. *Journal of Consumer Policy*, v. 35, p. 23-41, 2011. DOI: [10.1007/s10603-011-9177-2](https://doi.org/10.1007/s10603-011-9177-2).

REINISCH, Christian; KOFLER, Mario J.; IGLESIAS, Félix; KASTNER, Wolfgang. ThinkHome energy efficiency in future smart homes. *EURASIP Journal on Embedded Systems*, p. 1-18, 2011. DOI: [10.1155/2011/104617](https://doi.org/10.1155/2011/104617).

RINGEL, Marc; LAIDE, Roufaida; DJENOUI, Djamel. Multiple benefits through Smart Home Energy Management Solutions: a simulation-based case study of a single-family-house in Algeria and Germany. *Energies*, v. 12, 2019. DOI: [10.3390/en12081537](https://doi.org/10.3390/en12081537).

TAYLOR, Alex S.; HARPER, Richard H. R.; SWAN, Laurel; IZADI, Shahram; SELLEN, Abigail; PERRY, Marc. Homes that make us smart. *Personal and Ubiquitous Computing*, v. 11, p. 383-393, s/d. DOI: [10.1007/s00779-006-0076-5](https://doi.org/10.1007/s00779-006-0076-5).

TRENTIN, Paulo Marcos. Domótica Via Dispositivos Móveis. 2012. 78 f. Monografia

(Graduação) – Curso de Ciência da Computação, Universidade do Oeste de Santa Catarina, Videira, 2012. Disponível em: <http://www.paulotrentin.com.br/apresentacoes/domotica-via-dispositivos-moveis-com-arduino-tcc-unoesc/>. Acesso em: 17 set. 2025.

WILSON, Charlie; HARGREAVES, Tom; HAUXWELL-BALDWIN, Richard. Benefits and Risks of Smart Homes in Energy Transition. *Energy Policy*, v. 103, p. 72-83, 2017.

ZHOU, Bin; LI, Wentao Li; CHAN, Ka Wing; CAO, Yijia; KUANG, Yonghong; LIU, Xi; WANG, Xiong. Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v. 61, p. 30-40, 2016. DOI: [10.1016/j.rser.2016.03.047](https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.047).