INTERFACE TECNOLÓGICA

TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL
Interface Tecnológica · v. 23, n. 1, 2026 · p. 374–382
ISSN on-line 2447-0864 · ISSN impresso 1807-3980
https://doi.org/10.31510/infa.v23i1.2471

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL SUSTENTÁVEL: uma análise comparativa de tecnologias e seus impactos ambientais em residências urbanas

Sustainable residential automation: a comparative analysis of technologies and their environmental impacts in urban residences

Luís Gustavo de Mello Vano Júnior[1], **Ramílio Ramalho Reis Filho**[2]

AUTORIA

[1] **Luís Gustavo de Mello Vano Júnior**
Fatec Taquaritinga – SP – Brasil
vanogustavo401@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-8575-079X

[2] **Ramílio Ramalho Reis Filho**
Fatec Taquaritinga – SP – Brasil
ramilio.ramalho@hotmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4986-5158

HISTÓRICO

Recebido	27/04/2026
Aceito	04/06/2026
Publicado	30/06/2026

COMO CITAR

VANO JUNIOR, L. G. de M.; REIS FILHO, R. R. Automação residencial sustentável: uma análise comparativa de tecnologias e seus impactos ambientais em residências urbanas. **Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 23, n. 1, p. 374-382, 2026. DOI: 10.31510/infa.v23i1.2471.

LICENÇA

Artigo de acesso aberto distribuído sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

cc BY 4.0

RESUMO

Este artigo analisa a automação residencial sustentável e seu impacto ambiental em residências urbanas de médio e alto padrão no Brasil. O objetivo é comparar os protocolos Zigbee, Z-Wave, KNX e Wi-Fi quanto ao consumo energético, longevidade, interoperabilidade e geração de resíduos eletrônicos. A metodologia adotada é a pesquisa bibliográfica qualitativa e comparativa, fundamentada em publicações científicas e dados de mercado produzidos principalmente a partir de 2016. Os resultados indicam que a integração entre automação e práticas sustentáveis pode reduzir em até 30% o consumo de energia elétrica e otimizar a gestão da água. Zigbee e Z-Wave se destacam pela eficiência energética, enquanto o KNX apresenta maior longevidade e menor impacto ambiental ao longo do ciclo de vida. Conclui-se que a automação residencial representa uma resposta tecnológica viável aos desafios ambientais contemporâneos, desde que acompanhada de planejamento técnico e escolha adequada de protocolos.

Palavras-chave: Automação residencial. Sustentabilidade. Impacto ambiental. Eficiência energética. Casa inteligente.

ABSTRACT

This paper analyzes sustainable residential automation from the perspective of its environmental impact in urban middle- and high-income residences in Brazil. The objective is to compare Zigbee, Z-Wave, KNX and Wi-Fi protocols regarding energy consumption, longevity, interoperability and electronic waste generation. The methodology is qualitative and comparative bibliographic research, based on scientific publications and market data produced mainly from 2016 onwards. Results indicate that integrating automation and sustainable practices can reduce electricity consumption by up to 30% and optimize water management. Zigbee and Z-Wave stand out for energy efficiency, while KNX presents greater longevity and lower environmental impact over the installation lifecycle. It is concluded that residential automation represents a viable technological response to contemporary environmental challenges, provided it is accompanied by technical planning and appropriate protocol selection.

Keywords: Residential automation. Sustainability. Environmental impact. Energy efficiency. Smart home.

1 INTRODUÇÃO

A pressão sobre os recursos naturais do planeta cresceu de forma acelerada nas últimas décadas, e as cidades concentram hoje uma parcela cada vez maior desse problema. Residências urbanas respondem por fatia expressiva do consumo de energia elétrica, água e materiais, tornando o ambiente doméstico um ponto estratégico para qualquer política de sustentabilidade. Nesse cenário, a automação residencial ganhou espaço como ferramenta capaz de transformar a casa em um sistema inteligente de gestão de recursos, reduzindo desperdícios sem abrir mão do conforto.

No Brasil, o mercado de automação residencial apresenta crescimento contínuo, impulsionado pela digitalização dos ambientes e pela busca por maior eficiência energética. Dados da ABINEE (2024) indicam expansão do setor eletroeletrônico, com aumento na adoção de dispositivos conectados e soluções inteligentes em ambientes residenciais. Esse movimento está associado tanto à redução do custo das tecnologias quanto ao aumento da preocupação com o uso racional de energia e recursos naturais. Além disso, estudos do SEBRAE (2023) apontam que o crescimento do mercado de casas inteligentes no país está diretamente relacionado à maior conscientização dos consumidores sobre eficiência energética e sustentabilidade.

Apesar desse avanço, a dimensão ambiental da automação residencial ainda é pouco explorada na produção científica nacional, que frequentemente prioriza aspectos relacionados ao conforto, segurança e economia financeira. Conforme discutido por Silva, Souza e Ferreira (2021), o potencial das tecnologias baseadas em Internet das Coisas (IoT) para promover sustentabilidade depende não apenas da sua adoção, mas da forma como são integradas à rotina dos usuários e às características das edificações.

Este artigo tem por objetivo comparar os protocolos de comunicação Zigbee, Z-Wave, KNX e Wi-Fi sob a perspectiva de seus impactos ambientais em residências urbanas de médio e alto padrão. Os objetivos específicos incluem descrever os fundamentos da automação residencial sustentável, caracterizar os protocolos avaliados, compará-los quanto ao consumo energético e longevidade, e discutir os desafios e oportunidades do mercado brasileiro. A relevância do tema se baseia na articulação entre tecnologia, gestão e sustentabilidade, competências essenciais ao profissional que atua na análise e otimização de sistemas produtivos e de consumo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A automação residencial sustentável se insere no contexto da transformação digital aplicada às edificações, onde tecnologias de comunicação, controle e sensoriamento passam a atuar diretamente na forma como os recursos são utilizados no ambiente doméstico. No Brasil, esse tema ganha relevância pelo crescimento das cidades e pelo aumento da demanda por energia e água, o que pressiona tanto os custos quanto a disponibilidade desses recursos. Nesse cenário, a automação deixa de ser vista apenas como conforto e passa a ter um papel mais ligado à gestão do consumo, contribuindo para reduzir desperdícios e melhorar o uso dos sistemas instalados nas residências.

A literatura nacional aponta que o uso de sistemas automatizados permite acompanhar em tempo real o consumo de energia e água, criando uma base de dados que auxilia na tomada de decisão. Diferente de modelos tradicionais, onde o controle depende quase sempre da ação do usuário, a automação possibilita respostas mais rápidas e até automáticas, o que melhora a eficiência do sistema como um todo (SILVA; SOUZA; FERREIRA, 2021). Ainda assim, é importante considerar

que os resultados não acontecem de forma igual em todos os casos, pois dependem tanto da tecnologia adotada quanto da forma como os moradores utilizam os recursos no dia a dia.

Outro ponto de extrema relevância é que o impacto ambiental da automação está diretamente ligado às escolhas feitas no projeto, principalmente em relação aos protocolos de comunicação e à vida útil dos equipamentos. Sistemas com menor consumo energético e maior durabilidade tendem a gerar menos impacto ao longo do tempo, especialmente quando integrados a fontes como a energia solar, que vem crescendo bastante no Brasil nos últimos anos (OLIVEIRA; SANTOS; LIMA, 2021). Dessa forma, analisar a automação residencial exige considerar não só o funcionamento dos dispositivos, mas também como eles se relacionam com o uso real da residência e com a infraestrutura disponível.

2.1 Automação residencial e sustentabilidade

A automação residencial, também chamada de domótica, integra tecnologias de controle, comunicação e sensoriamento no ambiente doméstico com o objetivo de automatizar funções como iluminação, climatização, segurança e gestão de energia. No contexto brasileiro, esse conceito vem sendo cada vez mais associado à eficiência no uso de recursos, deixando de ser apenas uma solução voltada ao conforto. Estudos nacionais descrevem diferentes níveis de automação, que variam desde sistemas mais simples e isolados até ambientes mais integrados, onde os dispositivos conseguem operar de forma coordenada, o que influencia diretamente no desempenho energético da residência (OLIVEIRA; SANTOS; LIMA, 2021).

A relação entre automação e sustentabilidade não acontece de forma direta, pois depende das escolhas técnicas realizadas no projeto e também da forma como os moradores utilizam os sistemas no dia a dia. Trabalhos recentes mostram que o potencial de redução de consumo só se concretiza quando existe um alinhamento entre a tecnologia adotada, o perfil de uso e as características da residência (SILVA; SOUZA; FERREIRA, 2021). Nesse sentido, a Internet das Coisas passa a ter um papel importante, pois permite o monitoramento contínuo de variáveis como consumo de energia e água, criando uma base de dados que possibilita identificar desperdícios e ajustar o funcionamento dos sistemas de maneira mais precisa, embora nem sempre isso seja explorado da melhor forma pelos usuários.

A integração com fontes de energia renovável é outro ponto que vem sendo bastante discutido na literatura nacional. Estudos indicam que a combinação entre sensores, controladores e dispositivos conectados pode gerar reduções consideráveis no consumo de energia elétrica, especialmente quando associada à geração fotovoltaica (AGUIAR; COELHO; RODRIGUES, 2025). Além disso, sistemas automatizados de climatização e irrigação se destacam por atuar diretamente em pontos onde há maior desperdício nas residências brasileiras, contribuindo para um uso mais eficiente dos recursos disponíveis (CONTROL AUTOMAÇÃO, 2023).

2.2 Protocolos de comunicação e certificações ambientais

Os protocolos de comunicação determinam como os dispositivos inteligentes trocam informações dentro de um sistema de automação, e essa escolha influencia diretamente o consumo energético, a vida útil dos equipamentos e até a quantidade de resíduos eletrônicos gerados ao longo do tempo. No contexto da automação residencial, é comum dividir esses protocolos entre aqueles desenvolvidos especificamente para esse tipo de aplicação, como Zigbee e Z-Wave, e aqueles de uso mais geral, como o Wi-Fi, que acabou sendo adaptado para esse cenário. Essa diferença

acaba refletindo no desempenho energético, já que protocolos dedicados operam com menor consumo e conseguem funcionar por longos períodos com bateria, enquanto dispositivos Wi-Fi normalmente exigem alimentação contínua, o que aumenta o consumo ao longo do uso (EMBARCADOS, 2021).

O padrão KNX se destaca por adotar uma arquitetura baseada em cabeamento estruturado, o que garante maior estabilidade de comunicação e menor suscetibilidade a interferências. Apesar de exigir maior investimento inicial e planejamento na instalação, estudos e fontes técnicas apontam que sistemas KNX podem operar por longos períodos sem necessidade de substituição de seus componentes principais, o que reduz o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida (QUERO AUTOMAÇÃO, 2024). Ao mesmo tempo, observa-se o surgimento de iniciativas que buscam reduzir a fragmentação entre protocolos, permitindo maior integração entre dispositivos de diferentes fabricantes, o que pode diminuir a necessidade de substituições e adaptações futuras (DOMÓTICA PORTUGAL, 2024).

No que se refere às certificações ambientais, sistemas como o LEED e o AQUA-HQE reconhecem o papel da automação no desempenho sustentável das edificações, especialmente no controle e monitoramento do consumo de energia e água. No cenário brasileiro, a adoção dessas certificações tem crescido, ainda que de forma gradual, e reforça a necessidade de integrar tecnologia e gestão de recursos desde a fase de projeto. A literatura nacional destaca que o setor da construção possui elevado consumo de recursos naturais, o que torna relevante a incorporação de soluções que atuem durante toda a vida útil da edificação, e não apenas na fase inicial (GIDDINGS; HOPWOOD; O'BRIEN, 2002). Nesse sentido, a escolha dos protocolos e a adoção de certificações funcionam como indicativos de um projeto mais alinhado com práticas sustentáveis.

3 METODOLOGIA

Este estudo adota a pesquisa bibliográfica de natureza qualitativa com abordagem comparativa. Conforme definido por Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em materiais já publicados, como livros, artigos científicos e conteúdos técnicos, permitindo analisar temas que não seriam facilmente observados por meio de estudos diretos. Essa abordagem se mostra adequada ao objetivo do trabalho, que envolve a análise de tecnologias já consolidadas e seus impactos ambientais, os quais já vêm sendo discutidos na literatura, ainda que com algumas variações de resultados dependendo do contexto analisado.

A abordagem comparativa foi utilizada para identificar diferenças e semelhanças entre os protocolos Zigbee, Z-Wave, KNX e Wi-Fi, considerando critérios como consumo energético, vida útil dos dispositivos, interoperabilidade e geração de resíduos eletrônicos. As fontes consultadas incluem periódicos científicos nacionais, publicações técnicas e conteúdo de organizações e portais especializados na área de automação, como materiais voltados ao setor e estudos aplicados. A utilização de diferentes tipos de fonte, mesmo que com enfoques distintos, contribui para uma análise mais ampla do tema e reduz a dependência de um único tipo de abordagem.

A seleção das referências priorizou publicações a partir de 2016, buscando trabalhos mais recentes e alinhados ao cenário atual da automação residencial no Brasil. Foram mantidas algumas obras de caráter metodológico já consolidadas, por serem amplamente utilizadas na construção de pesquisas acadêmicas. Os dados de mercado foram utilizados para contextualizar o crescimento do setor, enquanto os estudos técnicos serviram de base para a análise dos impactos ambientais

dos protocolos avaliados. Dessa forma, a metodologia procura equilibrar diferentes perspectivas, ainda que limitada ao material já disponível na literatura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparativo dos protocolos: eficiência, longevidade e resíduos

A análise comparativa dos protocolos revela diferenças que vão além do desempenho técnico, afetando diretamente o consumo energético e a geração de resíduos ao longo do uso. O Zigbee foi projetado para operar em redes *mesh* sem fio, nas quais os próprios dispositivos atuam como repetidores de sinal, o que reduz a necessidade de infraestrutura adicional. Estudos técnicos indicam que esse modelo permite operar com baixa potência e longos períodos de autonomia em dispositivos alimentados por bateria, o que contribui para a redução do descarte frequente de pilhas e baterias (OLIVEIRA; SANTOS; LIMA, 2021). Na prática, isso representa um impacto ambiental menor quando comparado a sistemas que exigem alimentação contínua, embora essa vantagem dependa também da forma como os dispositivos são utilizados no ambiente doméstico.

O Z-Wave apresenta características semelhantes em termos de eficiência energética, mas com algumas diferenças na forma de operação. Por trabalhar em frequências mais baixas, tende a sofrer menos interferência de outras redes domésticas, o que melhora a estabilidade da comunicação. Outro ponto relevante é a padronização entre fabricantes, que garante compatibilidade entre dispositivos ao longo do tempo. Esse fator reduz a necessidade de substituição de equipamentos ainda funcionais, o que tem impacto direto na diminuição de resíduos eletrônicos (EMBARCADOS, 2021). Ainda assim, apesar dessa vantagem, o custo de implementação pode ser um pouco mais elevado, o que influencia sua adoção em alguns casos.

O KNX se diferencia por utilizar uma estrutura cabeada, o que exige maior planejamento na instalação e geralmente um custo inicial mais alto. Em contrapartida, fontes técnicas e estudos aplicados apontam que esse tipo de sistema apresenta elevada durabilidade, podendo operar por longos períodos sem necessidade de substituição dos principais componentes (WEG, 2024). Quando analisado sob a perspectiva do ciclo de vida, esse fator contribui para a redução do impacto ambiental, já que há menor necessidade de descarte e reposição de equipamentos ao longo do tempo. Por outro lado, essa vantagem tende a ser mais viável em projetos novos ou de maior porte, onde a infraestrutura pode ser planejada desde o início.

O Wi-Fi, por sua vez, apresenta limitações mais evidentes quando analisado sob a ótica ambiental. Dispositivos que utilizam esse protocolo normalmente exigem alimentação elétrica contínua, o que aumenta o consumo energético acumulado e pode impactar a vida útil dos componentes. Além disso, a menor padronização entre dispositivos e a rápida evolução tecnológica acabam incentivando a substituição mais frequente de equipamentos, o que contribui para o aumento do lixo eletrônico (SILVA; SOUZA; FERREIRA, 2021). Apesar disso, seu baixo custo e facilidade de uso ainda fazem com que seja amplamente utilizado, principalmente em aplicações mais simples ou em residências que não possuem um sistema de automação estruturado.

O Quadro 1 sintetiza os principais critérios analisados para cada protocolo, facilitando a comparação direta entre as tecnologias avaliadas.

Quadro 1 – Comparativo dos protocolos de automação residencial por critério de sustentabilidade

Critério	Zigbee	Z-Wave	KNX	Wi-Fi
Padrão de comunicação	Sem fio, mesh	Sem fio, mesh	Cabeado	Sem fio
Consumo energético	Muito baixo (baterias)	Muito baixo (baterias)	Baixo (bus)	Alto (contínuo)
Longevidade dos dispositivos	Alta	Alta	Muito alta	Moderada
Geração de resíduos	Baixa	Baixa	Muito baixa	Alta
Interoperabilidade	Moderada	Alta (certificação entre fabricantes)	Alta (padrão aberto)	Variável
Custo de implantação	Baixo a médio	Médio a alto	Alto	Baixo
Aplicabilidade preferencial	Retrofit e médio padrão	Projetos com foco em confiabilidade	Obras novas ou reformas completas	Aplicações simples
Limitações ambientais	Fragmentação de ecossistema	Custo pode restringir adoção	Alto investimento inicial	Substituição frequente

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Embarcados (2021), Oliveira, Santos e Lima (2021), Silva, Souza e Ferreira (2021), Quero Automação (2024), Domótica Portugal (2024) e WEG (2024).

4.2 Impactos ambientais mensuráveis: energia, água e emissões

Os dados disponíveis na literatura indicam que a automação residencial, quando aplicada de forma adequada, pode gerar impactos ambientais positivos e mensuráveis. Estudos nacionais mostram reduções significativas no consumo de energia elétrica, principalmente pela eliminação de desperdícios associados ao uso contínuo de iluminação, climatização e equipamentos em modo de espera. Trabalhos experimentais apontam reduções que podem chegar a cerca de 30%, dependendo do nível de integração dos sistemas e do perfil de uso dos moradores (AGUIAR; COELHO; RODRIGUES, 2025). Esse tipo de resultado tem relevância no contexto brasileiro, onde parte da geração de energia ainda depende de fontes mais poluentes em determinados períodos, o que faz com que a redução do consumo também contribua, mesmo que indiretamente, para a diminuição das emissões.

A climatização automatizada também aparece como um dos principais pontos de impacto. Sistemas inteligentes conseguem ajustar o funcionamento de ar-condicionado e ventilação com base na ocupação dos ambientes, evitando operação desnecessária e reduzindo o consumo energético. Quando integrados a sistemas de geração fotovoltaica, esses controles permitem priorizar o uso da energia produzida localmente, melhorando a eficiência do sistema como um todo (WEG, 2024). O uso da automação na gestão hídrica ainda é menos explorado, mas apresenta resultados relevantes. Sistemas de irrigação automatizados e sensores de vazamento permitem reduzir perdas e evitar desperdícios, principalmente em áreas externas e pontos de consumo contínuo. Estudos técnicos indicam que essas aplicações possuem alto potencial de economia, especialmente quando combinadas com monitoramento em tempo real e controle automático do fornecimento (CONTROL AUTOMAÇÃO, 2023).

4.3 Recomendações por perfil de residência e projeto

Um dos pontos mais práticos observados na análise é a possibilidade de relacionar a escolha do protocolo com o tipo de projeto e os objetivos ambientais pretendidos. Em residências de médio padrão ou em projetos de *retrofit*, o Zigbee se destaca por operar com baixo consumo energético e por não exigir infraestrutura adicional para comunicação entre dispositivos, o que reduz cus-

tos e facilita a implementação. Estudos e fontes técnicas nacionais indicam que essa combinação favorece sua aplicação em projetos que buscam eficiência com menor investimento inicial, ainda que existam variações conforme o fabricante e a configuração adotada (REVISTA PRÉDIO INTELIGENTE, 2025).

Para projetos que demandam maior confiabilidade e integração entre dispositivos, o Z-Wave aparece como uma alternativa mais estruturada. Seu modelo de certificação entre fabricantes garante compatibilidade entre equipamentos, o que reduz problemas de integração e prolonga a vida útil do sistema como um todo, com impacto direto na sustentabilidade (QUERO AUTOMAÇÃO, 2025). O KNX, por outro lado, se mostra mais adequado para projetos concebidos desde o início com foco em longo prazo, especialmente em construções novas ou reformas mais completas. Por utilizar cabeamento dedicado, exige maior planejamento e investimento inicial, mas tende a apresentar maior durabilidade e menor necessidade de manutenção ao longo dos anos, com impacto ambiental médio reduzido no ciclo de vida completo da instalação (WEG, 2024).

4.4 Desafios e oportunidades no mercado brasileiro

O mercado brasileiro de automação residencial passa por um processo de crescimento acelerado, mas ainda apresenta limitações estruturais que impactam diretamente sua expansão. Um dos principais problemas está na fragmentação tecnológica, já que dispositivos de diferentes protocolos nem sempre se comunicam de forma direta, exigindo o uso de *hubs* ou sistemas intermediários. Essa necessidade aumenta o custo das instalações e, em alguns casos, acaba levando à substituição de equipamentos que ainda poderiam ser utilizados, o que contribui para a geração de resíduos eletrônicos (EMBARCADOS, 2021; QUERO AUTOMAÇÃO, 2024). Além disso, a falta de padronização dificulta a tomada de decisão no momento do projeto, principalmente para usuários que não possuem conhecimento técnico mais aprofundado.

Por outro lado, o crescimento do mercado indica um cenário favorável para os próximos anos. Dados recentes apontam aumento consistente na adoção de soluções de automação residencial no Brasil, impulsionado tanto pela redução de custos quanto pelo maior acesso à tecnologia (REVISTA PRÉDIO INTELIGENTE, 2025). Esse avanço também evidencia uma demanda crescente por profissionais qualificados na área, especialmente em atividades relacionadas à integração de sistemas, redes e configuração de dispositivos. Estudos nacionais indicam que o potencial ambiental dessas tecnologias só é plenamente alcançado quando há alinhamento entre escolha técnica, uso adequado e capacitação dos envolvidos (SILVA; SOUZA; FERREIRA, 2021; OLIVEIRA; SANTOS; LIMA, 2021).

4.5 O debate na literatura: limites e perspectivas

A literatura sobre automação residencial sustentável ainda apresenta um recorte que precisa ser considerado com cautela, principalmente quando se observa a predominância de estudos voltados a contextos internacionais ou a nichos específicos dentro do próprio Brasil. Mesmo quando há produção nacional, os resultados costumam estar associados a estudos de caso pontuais, muitas vezes em residências com maior nível de investimento tecnológico, como destacam Oliveira, Santos e Lima (2021) e Silva, Souza e Ferreira (2021). Isso faz com que os dados de redução de consumo energético, embora consistentes, não possam ser generalizados automaticamente para diferentes realidades regionais, perfis de renda ou padrões construtivos encontrados no Brasil.

Outro ponto recorrente na literatura nacional diz respeito à limitação econômica para adoção dessas tecnologias. Estudos e análises de mercado publicados pelo SEBRAE (2023) e conteúdos técnicos da WEG (2024) apontam que, embora os benefícios operacionais sejam evidentes, o custo inicial ainda é um fator limitante, especialmente em soluções mais robustas. A superação desse cenário passa por incentivos, maior escala de produção e disseminação de soluções modulares mais acessíveis. Publicações do Portal Embarcados (2023) e análises da AURESIDE (2024) indicam que iniciativas como o padrão Matter tendem a reduzir a fragmentação tecnológica, permitindo maior integração entre dispositivos e fabricantes, o que pode impactar diretamente a sustentabilidade dos sistemas ao diminuir a necessidade de substituição de equipamentos e ampliar sua vida útil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo demonstrou, por meio de revisão bibliográfica qualitativa e análise comparativa, que a automação residencial sustentável pode ser entendida como uma resposta tecnológica viável aos desafios ambientais atuais, apresentando impactos diretos no consumo de energia, no uso da água e na redução de emissões associadas ao uso residencial. Entre os protocolos analisados, Zigbee e Z-Wave se destacam pela eficiência energética e pela maior durabilidade dos dispositivos, o que contribui para menor geração de resíduos ao longo do tempo. O Wi-Fi, apesar da facilidade de uso e ampla adoção, apresenta desempenho ambiental inferior, principalmente pelo consumo contínuo de energia e pela menor vida útil média dos equipamentos. Já o KNX, mesmo com custo inicial mais elevado, se mostra uma alternativa mais consistente quando analisado no longo prazo, especialmente pela sua estabilidade e baixa necessidade de substituição de componentes.

Os resultados discutidos ao longo do trabalho indicam que a integração entre automação, fontes de energia renovável e sistemas de controle hídrico pode gerar ganhos relevantes de eficiência. Estudos nacionais apontam reduções expressivas no consumo elétrico e melhorias no controle de desperdícios, o que reforça que a automação, quando bem planejada, vai além do conforto e passa a ter um papel importante na gestão de recursos. O comparativo entre protocolos apresentado anteriormente contribui para uma visão mais aplicada do tema, auxiliando na tomada de decisão em projetos reais, mesmo que algumas variações possam ocorrer conforme o contexto de uso.

Como limitação, o estudo se baseia exclusivamente em dados secundários, o que reduz a precisão das análises quando aplicadas a cenários específicos. A ausência de experimentação direta em residências brasileiras ainda é um ponto que precisa ser avançado, principalmente considerando as diferenças regionais do país. Nesse sentido, recomenda-se que pesquisas futuras desenvolvam estudos de campo, especialmente em regiões como o interior paulista, avaliando o desempenho real dos sistemas em condições práticas de uso. A inclusão de fatores como comportamento dos usuários, padrão construtivo das residências e nível de adoção tecnológica pode ampliar a compreensão dos impactos e tornar as análises mais próximas da realidade brasileira.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Eficiência energética**: conceitos e aplicações. Brasília: ANEEL, 2022. Disponível em: https://www.aneel.gov.br. Acesso em: 8 abr. 2026.

AGUIAR, V. E. P. de; COELHO, S. de S.; RODRIGUES, T. K. de A. Automação residencial para eficiência energética: análise da transformação do consumo de energia. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 11, p. 517-530, 2025. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/21623. Acesso em: 12 mar. 2026.

ALDRICH, F. K. Smart homes: past, present and future. *In*: HARPER, R. (ed.). **Inside the smart home**. London: Springer, 2003. p. 17-39.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). **Relatório anual do setor eletroeletrônico 2024**. São Paulo: ABINEE, 2024. Disponível em: https://abinee.org.br. Acesso em: 16 mar. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E PREDIAL (AURESIDE). **Panorama da automação residencial no Brasil**. São Paulo: AURESIDE, 2024. Disponível em: https://www.aureside.org.br. Acesso em: 4 abr. 2026.

CONTROL AUTOMAÇÃO. **Economia e sustentabilidade**: os benefícios da automação residencial. 2023. Disponível em: https://www.controlautomacao.com/blog/economia-e-sustentabilidade-os-beneficios-ocultos-da-automacao-residencial/. Acesso em: 22 mar. 2026.

DOMÓTICA PORTUGAL. **Padrões e protocolos de automação residencial**: tendências de integração e interoperabilidade. 2024. Disponível em: https://www.domotica.pt. Acesso em: 10 abr. 2026.

EMBARCADOS. **ZigBee vs. Z-Wave**: qual a diferença? 2021. Disponível em: https://embarcados.com.br/zigbee-vs-z-wave-qual-a-diferenca/. Acesso em: 22 mar. 2026.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço energético nacional 2024**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br. Acesso em: 10 abr. 2026.

GIDDINGS, B.; HOPWOOD, B.; O'BRIEN, G. Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. **Sustainable Development**, v. 10, n. 4, p. 187-196, 2002.

OLIVEIRA, A. S.; SANTOS, M. R.; LIMA, J. C. Automação residencial e eficiência energética: uma análise aplicada ao contexto brasileiro. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 2, p. 115-130, 2021. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido. Acesso em: 16 mar. 2026.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUERO AUTOMAÇÃO. **KNX**: o protocolo cabeado para automação residencial de alta durabilidade. 2024. Disponível em: https://www.queroautomacao.com.br. Acesso em: 15 abr. 2026.

QUERO AUTOMAÇÃO. **Z-Wave**: certificação, compatibilidade e sustentabilidade em automação residencial. 2025. Disponível em: https://www.queroautomacao.com.br. Acesso em: 15 abr. 2026.

REVISTA PRÉDIO INTELIGENTE. **Mercado de automação residencial no Brasil**: dados e tendências. 2025. Disponível em: https://www.revistapredIointeligente.com.br. Acesso em: 22 mar. 2026.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Tendências em automação residencial no Brasil**. Brasília: SEBRAE, 2023. Disponível em: https://www.sebrae.com.br. Acesso em: 4 abr. 2026.

SILVA, J. R.; SOUZA, L. A.; FERREIRA, M. C. Aplicação de Internet das Coisas (IoT) para monitoramento de consumo em residências inteligentes. **Revista Brasileira de Engenharia e Tecnologia**, v. 14, n. 3, p. 112-127, 2021.

WEG. **Como se beneficiar da automação residencial e energia solar em sua casa**. 2024. Disponível em: https://www.weg.net/solar/blog/como-se-beneficiar-da-automacao-residencial-e-energia-solar-em-sua-casa/. Acesso em: 8 abr. 2026.

Os conceitos e as opiniões expressos neste artigo são de responsabilidade exclusiva de seus autores.