



ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

ANALYSIS OF ELECTRICITY CONSUMPTION OF IOT DEVICES USED IN HOME AUTOMATION: A CASE STUDY FOR REDUCING ELECTRICITY CONSUMPTION

ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS DISPOSITIVOS IOT UTILIZADOS EN LA AUTOMATIZACIÓN DEL HOGAR: UN ESTUDIO DE CASO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Fabrizio Parra Santilio¹, Bárbara Angélica Cardoso Andrade², João Pedro Granzotto³, José Paulo Marques de Barros⁴, Stephanie Amorim Nunes⁵, Gabriel Alves Pereira Silva⁶, Manoelly Dutra Atala Costa⁷

e4104172

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i10.4172>

PUBLICADO: 10/2023

RESUMO

A automação residencial vem crescendo nos últimos anos e foi impulsionada pela pandemia da COVID-19. Com o isolamento social, as pessoas precisaram passar mais tempo em casa e a partir disso surgiu a necessidade de automatizar atividades rotineiras. Um estudo realizado pelo IDC Brasil (*International Data Corporation*), mostra que o mercado de automação residencial cresceu 21% em 2021. No Brasil, a expectativa é que cresça cerca de 30% ao longo dos próximos anos. De acordo com o estudo, o que impulsiona esse aumento é o maior interesse por tecnologias de Internet das Coisas (IoT). Dentre os principais dispositivos estão os voltados para segurança, assistentes de voz, interruptores inteligentes e os termostatos inteligentes. Logo, este trabalho tem como objetivo investigar o consumo de energia elétrica desses dispositivos, largamente encontrados na automação residencial, bem como realizar um estudo da viabilidade econômica da automação residencial por meio da sua aplicação na redução do consumo de energia elétrica residencial. Com os dados das medições de consumo dos dispositivos, os equipamentos serão inseridos em uma plataforma de simulação visando uma análise econômica da fatura de energia elétrica, com e sem automação. Por fim, com a realização do estudo de caso, é possível constatar que o uso adequado da automação pode proporcionar uma redução significativa na conta de luz.

PALAVRAS-CHAVE: Internet das Coisas. Medição de consumo de energia elétrica. Simulação de consumo de energia elétrica. Análise econômica.

ABSTRACT

Home automation has been growing in recent years and was boosted by the COVID-19 pandemic. With social isolation measures in place, people needed to spend more time at home, leading to the need to automate routine activities. A study conducted by IDC Brazil (International Data Corporation) shows that the home automation market grew by 21% in 2021. In Brazil, the expectation is that it will grow by about 30% in the coming years. According to the study, what is driving this increase is a greater interest in Internet of Things (IoT) technologies. Among the main devices are those focused on security, voice assistants, smart switches, and smart thermostats. Therefore, this work aims to investigate the electrical energy consumption of these devices, commonly found in home automation, as well as to conduct a study of the economic feasibility of home automation through its application in reducing residential electricity consumption. With the data from the devices' consumption measurements, the equipment will be placed in a simulation platform to perform an economic analysis

¹ Universidade Federal de Mato Grosso - Docente.

² Graduanda em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá.

³ Acadêmico do curso de engenharia elétrica na Universidade Federal do Mato grosso campus Cuiabá.

⁴ Universidade Federal de Mato Grosso.

⁵ Técnica em Secretariado pelo Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT. Acadêmica em Engenharia Elétrica UFMT (9º Semestre).

⁶ Graduando de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá.

⁷ Graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

of the electricity bill, with and without automation. Finally, through the case study, it is possible to confirm that the proper use of automation can result in a significant reduction in the electricity bill.

KEYWORDS: *Internet of Things (IoT). Electricity consumption measurement. Electricity consumption simulation. Economic analysis.*

RESUMEN

La automatización residencial ha experimentado un crecimiento en los últimos años y ha sido impulsada por la pandemia de la COVID-19. Con el distanciamiento social, las personas necesitaron pasar más tiempo en casa, lo que generó la necesidad de automatizar las actividades cotidianas. Un estudio realizado por IDC Brasil (International Data Corporation) muestra que el mercado de la automatización residencial creció un 21% en 2021. En Brasil, se espera que crezca aproximadamente un 30% en los próximos años. Según el estudio, lo que impulsa este aumento es un mayor interés en las tecnologías de Internet de las Cosas (IoT). Entre los principales dispositivos se encuentran los enfocados en seguridad, asistentes de voz, interruptores inteligentes y termostatos inteligentes. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo investigar el consumo de energía eléctrica de estos dispositivos, comúnmente encontrados en la automatización residencial, así como llevar a cabo un estudio de la viabilidad económica de la automatización residencial mediante su aplicación en la reducción del consumo de energía eléctrica en hogares. Con los datos de las mediciones de consumo de los dispositivos, los equipos se introducirán en una plataforma de simulación con el fin de realizar un análisis económico de la factura de electricidad, con y sin automatización. Finalmente, a través del estudio de caso, es posible confirmar que el uso adecuado de la automatización puede resultar en una reducción significativa en la factura de electricidad.

PALABRAS CLAVE: *Internet de las Cosas. Medición de consumo de energía eléctrica. Simulación de consumo de energía eléctrica. Análisis económico.*

1- INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo, onde a sustentabilidade e a eficiência energética se tornaram preocupações globais, é de extrema importância compreender o consumo de energia associado aos dispositivos de automação residencial. A automação residencial, que engloba a utilização de sistemas inteligentes para controlar e monitorar dispositivos e equipamentos em uma residência, está ganhando cada vez mais popularidade. Entretanto, é fundamental entender como esses dispositivos afetam o consumo de energia, a fim de otimizar seu uso, reduzir o desperdício e contribuir para um futuro mais sustentável.

No contexto da eficiência energética, a análise do consumo de energia dos dispositivos de automação residencial desempenha um papel crucial na avaliação e aprimoramento da eficiência energética em nossas residências. Ao investigar o consumo de energia de cada dispositivo, é possível identificar aqueles que consomem mais eletricidade e, dessa forma, implementar medidas para otimizar seu uso. Isso pode incluir a substituição de dispositivos ineficientes por alternativas mais eficientes, a personalização das configurações para economia de energia ou até mesmo a programação de horários de funcionamento para evitar desperdícios durante períodos de baixa utilização. Com frequência, dispositivos automatizados permanecem ligados desnecessariamente, consumindo energia mesmo quando não estão em uso. Ao analisar esses padrões de consumo,



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

pode-se identificar oportunidades para desligar ou colocar em modo de espera os dispositivos que não estão sendo usados, evitando, assim, o desperdício de energia.

Ao conhecer o consumo de energia de cada dispositivo, torna-se possível estimar os custos associados ao seu funcionamento. Com base nessa informação, os proprietários podem tomar decisões informadas sobre o uso de dispositivos, optando por soluções mais eficientes e econômicas. Isso pode resultar na redução das despesas com energia elétrica e em economias a longo prazo.

Um dos desafios prementes que enfrentamos atualmente é a busca por práticas mais sustentáveis. Ao estudarmos o consumo de energia dos dispositivos de automação residencial, nos permite contribuir para a preservação do meio ambiente. A redução do consumo de energia não apenas diminui as emissões de gases de efeito estufa associadas à geração de eletricidade, mas também reduz a demanda por recursos naturais não renováveis. Desse modo, o estudo do consumo de energia dos dispositivos de automação residencial está em sintonia com a busca por um futuro sustentável e com a preservação do planeta para as gerações vindouras.

Objetivo Geral

Investigar as vantagens da automação residencial por meio da análise do consumo de diversos dispositivos de automação, com o propósito de avaliar sua viabilidade econômica.

Objetivo Específico

- Realizar uma avaliação detalhada do consumo de energia elétrica de dispositivos de automação residencial, incluindo dispositivos de segurança, assistentes de voz, interruptores inteligentes e termostatos inteligentes.
- Utilizar simulações e estudos de caso para analisar como a implementação da automação residencial impacta o consumo de energia elétrica em residências, identificando oportunidades de economia.
- Verificar a relação entre o uso adequado da automação residencial e a redução significativa das despesas de energia elétrica, por meio da análise de dados reais de consumo e faturas de energia elétrica em situações de automação e não automação.
- Fornecer recomendações práticas com base nos resultados obtidos, visando orientar os proprietários de residências sobre como maximizar os benefícios da automação residencial e reduzir os custos de energia elétrica.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

Ao realizar pesquisas sobre a evolução da automação e o início da automação residencial, identifica-se um dispositivo que teve um grande marco e contribuiu muito para chegarmos às tecnologias que possuímos hoje, o X10. O X10 foi um produto revolucionário, um microcontrolador



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

que foi utilizado para a criação de computadores e módulos para controlar equipamentos elétricos, sendo que este último utilizava circuitos de corrente alternada para enviar informações e controlar os aparelhos [1]. Um dos produtos que utilizava o X10 era o *GE Homeinder* criado em 1984, um aparelho que se ligava à televisão e era controlado por um controle remoto, ele criava representações dos eletrodomésticos da casa e permitia controlá-los pela TV, seu valor de venda inicial foi cerca de 500 dólares sem incluir a instalação dos circuitos de informação dos aparelhos [1].

Como avanço tecnológico está altamente atrelado ao seu processo evolutivo, é esperado que em certo momento ele comece a adentrar até mesmo no cotidiano das pessoas, surgindo então diversos conceitos, sendo um deles a Internet das Coisas ou mais conhecido como IoT. O nome vem do inglês “*Internet of Things*” [2] e consiste em conectar aparelhos à internet, desde sensores e lâmpadas até geladeiras, TV e ar-condicionado, formando uma rede de objetos comunicantes entre si. Quando aplicado nas residências, permite automatizar as tarefas e proporciona mais conforto, praticidade e segurança nos lares.

Sabe-se que desde o ingresso da banda larga no Brasil, em 1981 [3], ela vem evidenciando seu papel expansivo, chegando, em 2021, a 90% dos domicílios brasileiros, de acordo com os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) [4]. A popularização e barateamento da internet de banda larga nos últimos anos proporcionou a criação de dispositivos com recursos de conexão *Wi-Fi*. Prova disso é o que afirma a pesquisa da *Fortune Business Insights* [5], a qual prevê que o faturamento do mercado de automação residencial deve crescer dos atuais US\$72,30 bilhões em 2021 para US\$163,24 bilhões em 2028, representando uma taxa de crescimento anual composta de 12,3% no período de 2021 a 2028, comprovando a tendência da humanidade para um futuro cada vez mais conectado. Além do preço, outro fator que contribui para o aumento dos consumidores de automação residencial é a facilidade do manuseio. Lâmpadas, luminárias, condicionados de ar, TV, interruptores e *plugs* inteligentes já podem ser acionados remotamente de qualquer lugar do mundo, via aplicativo no celular ou comando de voz, basta ter um acesso à internet.

A *Asociación Española de Domótica* [6], salienta que, além da popularização da banda larga, há uma série de outros fatores que estimulam o crescimento atual da automação residencial, e tais fatores são esperados para abastecer o crescimento para os próximos anos, sendo eles: um novo mercado de construção civil, a busca pela eficiência energética e as melhorias tecnológicas. Tendo em vista que, a automação residencial é vista como um diferencial para as vendas de novos imobiliários, somado a isso, a automação surge como um componente importante nas iniciativas de construções “verdes”. Outrossim, com as tecnologias sem fio e de integração se tornando cada vez mais seguras, aumenta-se a expectativa para se operar vários componentes de determinada residência a partir de dispositivos pessoais.

Estudos realizados em [7], apresenta as contribuições da automação residencial para a acessibilidade de portadores de deficiência física, seguindo na linha de personalizar as residências



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santilio, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

de forma a auxiliar as pessoas em seu cotidiano, ligando e desligando dispositivos por comando de voz ou por meio do uso de tablet e celulares.

Partindo de um viés econômico, nos últimos sete anos, a tarifa residencial das contas de luz no Brasil subiu 114%, mais que o dobro da inflação acumulada de 48% no período [8], o que, conseqüentemente, fez com que a população brasileira buscasse alternativas para contornar a problemática. Como efeito disso, vários mercados passaram a se desenvolver no país, sendo um deles o de automação residencial, devido a sua praticidade, e, principalmente, visando a economia na fatura de energia elétrica, tendo em vista que a partir da automação residencial as pessoas passaram a ter controle do seu gasto de energia mesmo não estando em casa [9].

Paralelo a isso, nota-se que o alto consumo de energia elétrica vem se tornado um grande problema para a sociedade e para o meio ambiente, enfatizando a busca pela sustentabilidade, a qual mostra-se como uma tendência e necessidade nos últimos anos, e a tecnologia se apresenta como uma grande aliada nesse processo por meio da automação residencial [10], por exemplo. Empresas de tecnologia atuantes no mercado imobiliário afirmam [11] que um sistema eficiente consegue diminuir, pelo menos, 10% do consumo de energia de um imóvel, chegando até a 35% já registrado, destacando o papel da automação residencial no desenvolvimento sustentável da população.

Somado a isso, salienta-se que o mercado de automação residencial, desde o seu estágio inicial, em 1970 [12], vem conquistando cada vez mais adeptos, considerando que atualmente a instalação de automação sem fio corresponde a 1% do custo da obra [13]. Um estudo de mercado levantado pela empresa Markets e Markets indica que o crescimento do mercado de automação residencial é atribuído a vários fatores, entre eles ressalta-se o significativo crescimento do mercado de IoT, a redução de custos possibilitada pela adoção destes sistemas, o grande número de fabricantes que expandem seu portfólio de forma contínua e a crescente importância do monitoramento remoto das residências [14].

Portanto, pode-se observar que a automação residencial não apenas foi aperfeiçoada em termos de capacidade e distância do controle de aparelhos através da internet, mas também se tornou mais acessível e barata. Nas primeiras tecnologias, não só o custo do aparelho controlador era maior, mas também a necessidade de ligar todos os circuitos com fiação e o custo da instalação limitava apenas a classe mais alta a ter o poder de compra necessário para obtê-los, o que não acontece hoje com os dispositivos de comunicação sem fio como *wi-fi*, *bluetooth*, *zigbee*, dentre outros.

3- MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção discutirá os materiais e métodos necessários para realização da pesquisa. Compreender como medir com precisão o consumo de energia é fundamental para avaliar a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santilio, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

eficiência dos dispositivos, identificar oportunidades de economia e promover a sustentabilidade em residências automatizadas.

3.1- Equipamentos de medição

Para realizar as medições precisas, foram selecionados dois equipamentos de medição que possuem capacidade de monitorar o consumo em tempo real, além de registrar as informações em memória de massa, com intervalo mínimo de registro de 2 segundos. A Figura 1 ilustra os dois analisadores de energia utilizados, o primeiro da marca Minipa, modelo ET-5062 e o segundo da marca Fluke, modelo 434, ambos do laboratório de Medidas Elétricas do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso. Os equipamentos ilustrados na Figura 1 são capazes de registrar o consumo de energia elétrica ativa e reativa, corrente, tensão, potências e fator de potência dos aparelhos de automação sob ensaio.

Figura 1- Equipamentos utilizados para aferição de consumo de energia elétrica dos equipamentos de automação residencial



Fonte: Os autores

3.2- Dispositivos de automação residencial

A escolha dos equipamentos partiu de uma análise de popularidade das marcas e o custo-benefício, o que resultou nos equipamentos de automação residencial mais utilizados no mercado nacional. Posteriormente, foi verificado os modelos dos dispositivos, tipos, funções, tipo de ligação, tensão e corrente máxima de operação e o tipo de conexão sem fio.

Ao final da análise foram adquiridos 12 dispositivos, sendo esses capazes de realizar diversas tarefas dentro de uma residência, e que permitem a interação com outros equipamentos comumente encontrados em uma residência comum. Os equipamentos variam de funções que vão desde sensores de temperatura, monitor de consumo, controle da intensidade luminosa a assistentes de voz, sendo que cada um apresenta sua especificidade de conexão e automação. O preço dos equipamentos, bem como a descrição dos mesmos podem ser observados na Tabela 1 e Figura 2.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

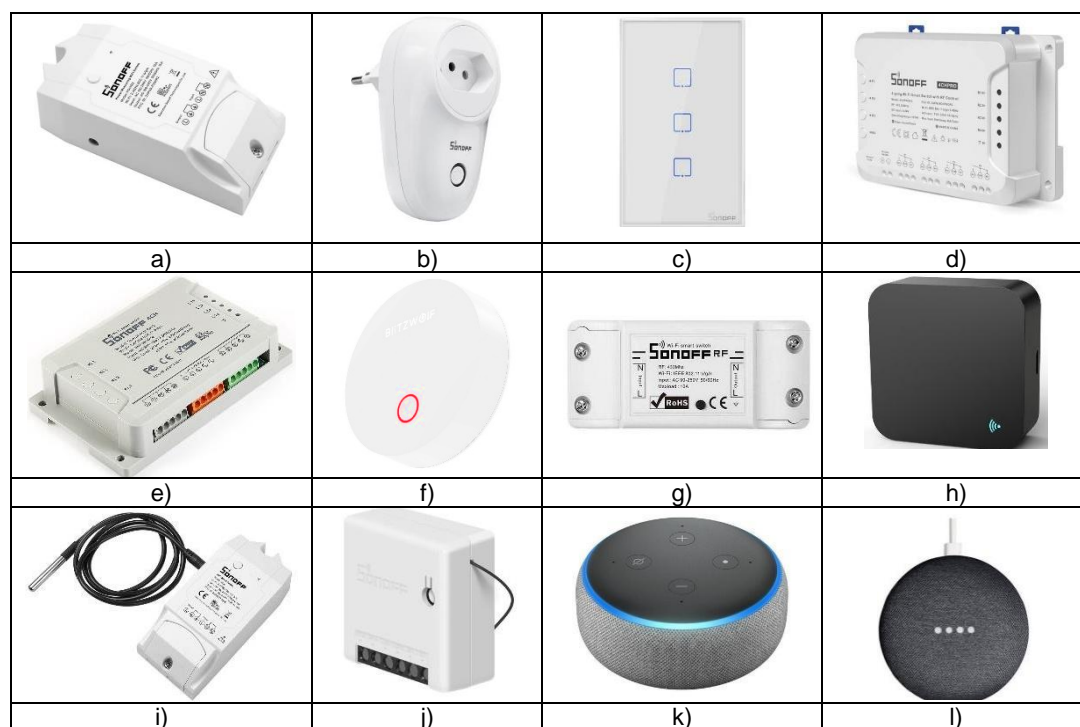
ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Tabela 1- Dispositivos de automação residencial – valor de aquisição

Item	Dispositivo de automação	Valor unitário
a)	Interruptor e Medidor de Consumo - POW R2	R\$ 117,90
b)	Tomada Smart Home - S26TPN-BR	R\$ 85,05
c)	Interruptor 3 teclas - T2US3C	R\$ 97,31
d)	Interruptor R3 - 4CH - 4C4PROR3	R\$ 203,11
e)	Interruptor Paralelo 4CH REV2	R\$ 149,54
f)	Gateway ZIGBEE	R\$ 126,00
g)	Interruptor Basic – ROHS	R\$ 53,43
h)	Hub Controle Remoto Ir	R\$ 54,76
i)	Interruptor Monitor Temperatura - TH16	R\$ 82,11
j)	Interruptor Mini	R\$ 45,13
k)	Assistente voz Echo Dot 3ª geração	R\$ 270,00
l)	Assistente voz Google Home	R\$ 258,90
Total:		R\$ 1543,24

Fonte: Os autores

Figura 2- Ilustração dos dispositivos de automação



Fonte: Os autores

3.3- Medição do consumo de energia elétrica

Após a seleção dos equipamentos de medição, ambos foram instalados corretamente, os medidores de energia elétrica foram conectados ao circuito elétrico, enquanto as tomadas e dispositivos inteligentes foram inseridos entre o dispositivo e a tomada de energia. As instalações foram feitas de acordo com as especificações dos fabricantes e seguindo as normas de segurança elétrica.

Como a corrente elétrica dos dispositivos são extremamente baixas, foi utilizado um transformador de corrente para amplificar a resolução em 480:1, permitindo assim uma melhor



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabrício Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

precisão nas medições. A Figura 3 apresenta uma amostra da medição do dispositivo assistente voz Google Home com o volume ajustado em 50% e em *stand-by*, ambas as medições de 30 minutos de duração. Os valores apresentados na Figura 3 são brutos e precisam ser corrigido pela relação 480:1, ou seja, a Figura 3 a) apresenta um consumo real de 0,0010271 kWh.

Figura 3- Exemplo de medição do equipamento I) Google Home

Potência e Energia			
FULL 0:32:11			
	A	Total	
kW	0.98	0.98	
kVA	1.76	1.76	
kVAR	1.46	1.46	
PF	0.56	0.56	
DPF	0.97	0.97	
kWh	0.493	0.493	
kVAh	0.883	0.883	
kVAh	0.732	0.732	
START 02/12/03 13:19:53 0:30:00			
PULSE CNT CLOSE MANUAL RESET			
ON OFF ENERGY COUNT+1 ENERGY			

a) Medição com volume a 50% - ligado

Potência e Energia			
FULL 1:05:45			
	A	Total	
kW	0.87	0.87	
kVA	1.56	1.56	
kVAR	1.29	1.29	
PF	0.56	0.56	
DPF	0.98	0.98	
kWh	0.331	0.331	
kVAh	0.613	0.613	
kVAh	0.515	0.515	
START 02/07/03 10:26:28 0:30:05			
PULSE CNT CLOSE MANUAL RESET			
ON OFF ENERGY COUNT+1 ENERGY			

b) Medição em *stand-by*

Fonte: Os autores

Devido às respectivas características dos dispositivos de automação, as medições foram separadas de acordo com os tipos de operações dos dispositivos, sendo a maioria delas nas condições ativado (ligado) ou em modo desativado (*stand-by*). Alguns dispositivos apresentavam amplitude de operação, o que vinha a afetar diretamente no consumo de energia elétrica, como, por exemplo: dispositivos de controle de intensidade luminosa, volume do som dos assistentes virtuais (*Google Home* e *Echo Dot*), etc. Salienta-se que nesse último caso foi realizada a análise de consumo em quatro condições: 0, 25, 50 e 100% de intensidade ou volume.

Definido os tipos de medições, foram realizados inicialmente três testes de consumo, dentre as maiores e menores cargas, sendo os testes de 15, 30 e 60 minutos de duração. O principal objetivo destes testes foi verificar a existência de erro na medição de consumo entre um tempo estimado e outro, em função da baixa potência dos dispositivos. Logo, a partir da verificação dos dados obtidos foi constatado que ambas as medições estavam coerentes, o que possibilitou adotar as medições com duração de 30 minutos para representar o consumo real de cada equipamento. Logo, a medição de 30 minutos fora realizada para os 12 equipamentos, em todas as condições de operação, sendo elas: ligado, *stand-by*, intensidades 0, 25, 50 e 100%, o que culminou em um longo tempo de medição. A Figura 4 apresenta uma ilustração da bancada de medição utilizada no laboratório de Medidas Elétricas.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santilio, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Figura 4- Medição dos dispositivos de automação no laboratório de Medidas Elétricas da UFMT



Fonte: Os autores

3.4- Simulação computacional do consumo de energia elétrica

A partir dos dados de consumo dos dispositivos IoT, foi possível realizar a simulação de uma residência com e sem a presença da automação residencial. Foram utilizadas duas ferramentas computacionais de formas combinadas: a primeira foi o simulador de consumo de energia *Museu Light* [15], o qual fornece os dados de potência e consumo das cargas residenciais, como TV, geladeira, máquina de lavar, chuveiro, dentre muitos outros equipamentos; a segunda foi a planilha do software Excel, que possibilitou o agrupamento de todas as informações e simulação dos custos da fatura de energia elétrica.

A residência simulada foi proposta pelo próprio simulador *Museu Light*, sendo essa utilizada para prosseguimento da pesquisa, a qual possui sete cômodos, sendo eles: 2 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 1 banheiro, 1 escritório, 1 lavanderia e 1 garagem, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5- Planta da casa simulada



Fonte: [15]



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Antes de iniciar as simulações, foi realizado um estudo sobre o perfil do usuário ao qual a casa seria atendida, em conformidade com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) [16] a média de brasileiros por residência é de 2 adultos e 1 criança, sendo essa a quantidade de pessoas na casa. Posteriormente, foi esboçado uma rotina para os moradores, a fim de determinar os estudos de caso de cada equipamento com e sem a automação. A rotina determinada pelo grupo de pesquisa tem como principal característica a ausência dos membros nos períodos da manhã e da tarde, sendo que os adultos voltam para a casa as 11:30 horas e saem às 13 horas. Por fim, todos retornam à residência às 17 horas. Além disso, foram determinados alguns hábitos como o uso frequente da televisão e dos demais aparelhos eletrônicos da casa e o uso mais intenso dos eletrodomésticos da cozinha aos finais de semana. A Tabela 2 apresenta alguns hábitos que podem ser automatizados para uma melhor eficiência e redução do consumo.

Tabela 2- Hábitos sujeitos a automação residencial

Equipamento	Tipo de uso do equipamento sem automação
Iluminação	Luzes ligadas durante o dia ou noite.
Condicionador	O uso do ar-condicionado, por ser muito recorrente, acaba impactando de forma significativa na fatura de energia, dessa forma, busca-se automatizá-lo para alcançar maior eficiência.
Televisão	Televisão ligada quando ninguém está assistindo.
Ventilador	Esquecer o ventilador ligado em ambientes vazios.
Luminárias	As luzes externas da casa são ligadas de forma manual, gerando um maior gasto de energia e menor conforto. Em situação de uso de fotocélula, as luzes externas ficam acessas durante toda a noite.

Fonte: Os autores

A Tabela 3 apresenta os equipamentos presentes na residência, assim como sua quantidade, tempo de utilização diário e a potência da carga. A carga horária dos equipamentos que são utilizados poucas vezes na semana, foi dividida por sete dias, assim ao realizar a análise do consumo diário, o valor será equivalente a uma semana ou de um mês, por exemplo: o liquidificador apresenta um uso diário de 0,1 hora, ou seja, em 7 dias da semana, seu uso será de 0,7 horas ou 42 minutos.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabrício Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Tabela 3- Dados de uso diário dos equipamentos da residência simulada

Ambiente	Qt.	Equipamentos	Uso diário (horas)	Potência (Watts) [15]
Cozinha	1	Geladeira	24	60
	1	Torradeira	0,08	800
	1	Cafeteira	0,32	1200
	1	Batedeira	0,07	330
	4	Iluminação	8	9
	1	Forno elétrico	0,8	1750
	1	Liquidificador	0,1	350
	1	Micro-ondas	0,08	1400
Sala	1	Condicionador de ar (inverter)	4	600
	1	Roteador wifi	24	8
	1	Ventilador	4	72
	2	Iluminação (LED)	8	9
	1	Televisão (46")	7	210
Quarto Casal	1	Condicionador de ar (Inverter)	7	600
	2	Iluminação	8	9
	1	Notebook	6	45
	1	Televisão (46")	3	180
	1	Ventilador	6	72
Quarto Infantil	1	Iluminação	8	9
	1	Condicionador de ar (Inverter)	8	600
	1	Ventilador	2	72
Banheiro	1	Secador de cabelo	0,1	1042
	1	Chuveiro elétrico	0,5	4500
	1	Iluminação	2	9
Lavanderia	1	Ferro de passar	0,5	1000
	1	Máquina de lavar	1,2	500
	1	Iluminação	3	9
Garagem	3	Iluminação	12	9
	1	Portão elétrico	0,08	365
Área Externa	1	Churrasqueira	0,13	2000
	6	Luminária	12	9

Fonte: Os autores

Para realizar o cálculo da fatura do consumidor simulado, primeiramente foi utilizada a tarifa de energia elétrica do grupo B1 residencial convencional da empresa ENERGISA-MT, responsável pela distribuição de energia elétrica no estado de Mato Grosso. As tarifas de energia referem-se à regulação homologatória N° 3.182 de 4 de abril de 2023 [17], em vigor no período de 8 de abril de 2023 a 7 de abril de 2024, conforme Tabela 4.

Tabela 4- Tarifa de Energia Elétrica – MT, grupo ENERGISA

Subgrupo	Consumo R\$/kWh (TUSD)	Consumo R\$/kWh (TE)	R\$/kWh
B1 Residencial Convencional	R\$ 0,52921	R\$0,3537	R\$ 0,88291

Fonte: [17]

Em seguida, para encontrar a tarifa com tributos, utilizada na fatura do consumidor simulado, adicionamos o imposto ICMS (17%) e as contribuições PIS (1,0845%) e COFINS (4,9955%). Sendo assim, será utilizado o valor calculado da tarifa com tributos de R\$ 1,1326.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabrício Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção irá apresentar os resultados das medições dos equipamentos, em termo de consumo mensal e custo em (R\$), além das simulações, custos mensais e análise do *payback*.

4.1- Consumo dos equipamentos de IoT

A Tabela 5 apresenta os resultados de consumo dos 12 equipamentos adquiridos, considerando os tempos de 30 minutos, 1 hora, 24 horas e 30 dias de consumo, nas condições apresentadas anteriormente. A última coluna, apresenta o custo em R\$ para a respectiva condição em 30 dias de uso contínuo.

Tabela 5- Consumo dos dispositivos de automação

Dispositivo	Estado	Consumo em 30min (kWh)	Consumo em 1 hora (kWh)	Consumo em 24h (kWh)	Consumo em 30 dias (kWh)	R\$/30 dias
a)	Ligado	0,0002271	0,0004542	0,01090	0,327	R\$ 0,37
	Stand-by	0,0001083	0,0002167	0,00520	0,156	R\$ 0,18
b)	Ligado	0,0002813	0,0005625	0,01350	0,405	R\$ 0,46
	Stand-by	0,0001313	0,0002625	0,00630	0,189	R\$ 0,21
c)	Ligado (1ch)	0,0002750	0,0005500	0,01320	0,396	R\$ 0,45
	Ligado (2ch)	0,0004875	0,0009750	0,02340	0,702	R\$ 0,80
	Ligado (3ch)	0,0006250	0,0012500	0,03000	0,900	R\$ 1,02
	Stand-by	0,0001333	0,0002667	0,00640	0,192	R\$ 0,22
d)	Ligado (1ch)	0,0003833	0,0007667	0,01840	0,552	R\$ 0,63
	Ligado (2ch)	0,0006083	0,0012167	0,02920	0,876	R\$ 0,99
	Ligado (3ch)	0,0008479	0,0016958	0,04070	1,221	R\$ 1,38
	Ligado (4ch)	0,0011313	0,0022625	0,05430	1,629	R\$ 1,85
	Stand-by	0,0001208	0,0002417	0,00580	0,174	R\$ 0,20
e)	Ligado (1ch)	0,0003104	0,0006208	0,01490	0,447	R\$ 0,51
	Ligado (2ch)	0,0004625	0,0009250	0,02220	0,666	R\$ 0,75
	Ligado (3ch)	0,0006083	0,0012167	0,02920	0,876	R\$ 0,99
	Ligado (4ch)	0,0007854	0,0015708	0,03770	1,131	R\$ 1,28
	Stand-by	0,0001333	0,0002667	0,00640	0,192	R\$ 0,22
f)	Ligado	0,0002708	0,0005417	0,01300	0,390	R\$ 0,44
	Stand-by	0,0001896	0,0003792	0,00910	0,273	R\$ 0,31
g)	Ligado	0,0004625	0,0009250	0,02220	0,666	R\$ 0,75
	Stand-by	0,0001729	0,0003458	0,00830	0,249	R\$ 0,28
h)	Ligado	0,0000917	0,0001833	0,00440	0,132	R\$ 0,15
	Stand-by	0,0000917	0,0001833	0,00440	0,132	R\$ 0,15
i)	Ligado	0,0002625	0,0005250	0,01260	0,378	R\$ 0,43
	Stand-by	0,0001250	0,0002500	0,00600	0,180	R\$ 0,20
j)	Ligado	0,0003000	0,0006000	0,01440	0,432	R\$ 0,49
	Stand-by	0,0001333	0,0002667	0,00640	0,192	R\$ 0,22
k) em 50%	Ligado	0,0012333	0,0024667	0,05920	1,776	R\$ 2,01
	Stand-by	0,0007354	0,0014708	0,03530	1,059	R\$ 1,20
l) em 50%	Ligado	0,0010271	0,0020542	0,04930	1,479	R\$ 1,68
	Stand-by	0,0006896	0,0013792	0,03310	0,993	R\$ 1,12

Fonte: Os autores

Ao analisar a Tabela 5, é possível observar que os dispositivos que mais consomem energia são os assistentes de voz, com um custo médio de R\$ 1,16 para cada assistente conectado na condição de *stand-by*. Dependendo da frequência de utilização, este custo médio pode chegar a R\$



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santilio, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

1,84 por assistente em operação. O consumo médio é de R\$ 0,38 por equipamento conectado à rede, variando para mais dependendo da sua utilização ao longo do dia.

Analisando as Tabelas 1 e 5 e as características dos equipamentos, é possível concluir que o dispositivo que possui o melhor custo-benefício é o equipamento (j) denominado Interruptor Mini, pois além de ter o menor custo de aquisição e baixo consumo de energia, o dispositivo ainda permite que seja ativado ou desativado de forma física ou remota, sendo a forma física por meio da utilização do interruptor da lâmpada já presente na residência, o que não é possível nos outros modelos.

Logo, considerando os resultados da Tabela 5, foi possível constatar que a inserção dos dispositivos de automação irá provocar um aumento nos custos com energia elétrica. Entretanto, se os dispositivos forem programados para executar algumas funções de forma automática, o consumidor poderá reduzir a conta de energia de 10 a 35% de acordo com [11].

4.2- SIMULAÇÃO DO CONSUMO RESIDENCIAL

As simulações foram divididas em duas etapas, a primeira considerando apenas a rotina real da residência, sem qualquer tipo de automação. Já na segunda análise, será realizada uma proposta de automação, a inserção dos dispositivos IoT e uma reanálise da fatura de energia.

a) Caso 1 – sem automação

Na Tabela 6 é possível analisar o tempo de consumo e a potência dos equipamentos determinando o custo individual de cada um, sendo o chuveiro elétrico o equipamento que mais gasta energia por possuir uma alta potência.

Após o cálculo do consumo mensal em kWh por equipamento, foi calculado o custo em reais por mês para cada dispositivo, multiplicando o valor encontrado de consumo pela tarifa de energia e posteriormente os valores do custo de energia de cada equipamento é somado, resultando na conta da fatura de energia total por mês, conforme visto na Tabela 6.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Tabela 6- Simulação da fatura de energia elétrica – sem automação

Ambiente	Qt.	Equipamentos	Uso diário (horas)	Potência (Watts)	Consumo kWh/mês	Custo R\$/mês
Cozinha	1	Geladeira	24	60	43,20	R\$ 48,93
	1	Torradeira	0,08	800	2,00	R\$ 2,27
	1	Cafeteira	0,33	1200	12,00	R\$ 13,59
	1	Batedeira	0,08	330	0,83	R\$ 0,93
	4	Iluminação	8	9	8,64	R\$ 9,79
	1	Forno elétrico	0,8	1750	42,00	R\$ 47,57
	1	Liquidificador	0,1	350	1,05	R\$ 1,19
	1	Micro-ondas	0,08	1400	3,50	R\$ 3,96
Sala	1	Condicionador de ar (inverter)	4	600	72	R\$ 81,55
	1	Roteador wifi	24	8	5,76	R\$ 6,52
	1	Ventilador	4	72	8,64	R\$ 9,79
	2	Iluminação (LED)	8	9	4,32	R\$ 4,89
	1	Televisão (46")	7	210	44,1	R\$ 49,95
Quarto Casal	1	Condicionador de ar (Inverter)	7	600	126	R\$ 142,71
	2	Iluminação	8	9	4,32	R\$ 4,89
	1	Notebook	6	45	8,1	R\$ 9,17
	1	Televisão (46")	3	210	18,90	R\$ 21,41
	1	Ventilador	6	72	12,96	R\$ 14,68
Quarto Infantil	1	Iluminação	8	9	2,16	R\$ 2,45
	1	Condicionador de ar (Inverter)	8	600	144	R\$ 163,10
	1	Ventilador	2	72	4,32	R\$ 4,89
Banheiro	1	Secador de cabelo	0,1	1042	3,126	R\$ 3,54
	1	Chuveiro elétrico	0,5	4500	67,5	R\$ 76,45
	1	Iluminação	2	9	0,54	R\$ 0,61
Lavanderia	1	Ferro de passar	0,5	1000	15	R\$ 16,99
	1	Máquina de lavar	1,2	500	18	R\$ 20,39
	1	Iluminação	3	9	0,81	R\$ 0,92
Garagem	3	Iluminação	12	9	9,72	R\$ 11,01
	1	Portão elétrico	0,08	365	0,91	R\$ 1,03
Área Externa	1	Churrasqueira	0,13	2000	8,00	R\$ 9,06
	6	Luminária	12	9	19,44	R\$ 22,02
					Total:	R\$ 806,24

Fonte: Os autores

b) Caso 2 – com inserção dos equipamentos de automação, porém sem programação

Após definir os equipamentos da casa e encontrar seus respectivos tempos de uso e consumo, foi analisado quais desses processos poderiam ser automatizados utilizando os dispositivos de automação adquiridos. Em seguida, foram determinados os dispositivos que seriam utilizados em cada aparelho de acordo com suas funcionalidades, buscando obter a melhor economia de energia e dando preferência aos dispositivos com menor custo. Para este caso, os dispositivos não foram programados para obter uma melhor eficiência de uso das cargas, apenas inseridos na rotina normal da residência, o que vai provocar um acréscimo no consumo de energia elétrica.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Tabela 7- Simulação da fatura de energia elétrica – com equipamentos de automação

Ambiente	Quant.	Equipamentos	Uso diário (horas)		Consumo em 1 dia (kWh)		Consumo em 30 dias (kWh)	R\$/30 dias	
			Ligado	Stand-By	Ligado	Stand-By			
Cozinha	1	Geladeira	24	-	1,440000	-	43,20	R\$ 48,93	
	1	Torradeira	0,08	-	0,066667	-	2,00	R\$ 2,27	
	1	Cafeteira	0,33	-	0,400000	-	12,00	R\$ 13,59	
	1	Batedeira	0,08	-	0,027500	-	0,83	R\$ 0,93	
	4	Iluminação	8	-	0,180000	-	8,64	R\$ 9,79	
	1	Forno elétrico	0,8	-	1,400000	-	42,00	R\$ 47,57	
	1	Liquidificador	0,1	-	0,035000	-	1,05	R\$ 1,19	
	1	Micro-ondas	0,08	-	0,116667	-	3,50	R\$ 3,96	
	1	*GANG WIFI R3 (4 ch)	8	16	0,018100	0,003867	0,659	R\$ 0,75	
Sala	1	Condicionador de ar (inverter)	4	-	2,400000	-	72,00	R\$ 81,55	
	1	Roteador wifi	24	-	0,192000	-	5,76	R\$ 6,52	
	1	Ventilador	4	-	0,288000	-	8,64	R\$ 9,79	
	2	Iluminação (LED)	8	-	0,144000	-	4,32	R\$ 4,89	
	1	Televisão (46")	7	-	1,470000	-	44,10	R\$ 49,95	
	1	*SENSOR TH16	4	20	0,002100	0,005000	0,213	R\$ 0,24	
	1	*GOOGLE	0	24	0,000000	0,033100	0,993	R\$ 1,12	
	1	*GANG WIFI R3 (3 ch)	8	16	0,013567	0,003867	0,523	R\$ 0,59	
	1	* HOME INFRAVERMELHO	0	24	-	0,004400	0,132	R\$ 0,15	
Quarto casal	1	Condicionador de ar (Inverter)	7	-	4,200000	-	126,00	R\$ 142,71	
	2	Iluminação	8	-	0,144000	-	4,32	R\$ 4,89	
	1	Notebook	6	-	0,270000	-	8,10	R\$ 9,17	
	1	Televisão (46")	3	-	0,630000	-	18,90	R\$ 21,41	
	1	Ventilador	6	-	0,432000	-	12,96	R\$ 14,68	
	1	*SENSOR TH16	7	17	0,003675	0,004250	0,238	R\$ 0,27	
	1	*GANG WIFI R3 (3 ch)	8	16	0,013567	0,003867	0,523	R\$ 0,59	
	1	*GOOGLE HOME	0	24	-	0,033100	0,993	R\$ 1,12	
	1	* HOME INFRAVERMELHO	0	24	-	0,004400	0,132	R\$ 0,15	
Quarto infantil	1	Iluminação	8	-	0,072000	-	2,16	R\$ 2,45	
	1	Condicionador de ar (Inverter)	8	-	4,800000	-	144,00	R\$ 163,10	
	1	Ventilador	4	-	0,288000	-	8,64	R\$ 9,79	
	1	*SENSOR TH16	8	16	0,004200	0,004000	0,246	R\$ 0,28	
	1	*GANG WIFI R3 (3 ch)	8	16	0,013567	0,003867	0,523	R\$ 0,59	
Banheiro	1	Secador de Cabelo	0,1	-	0,104200	-	3,126	R\$ 3,54	
	1	Chuveiro Elétrico	0,5	-	2,250000	-	67,50	R\$ 76,45	
	1	Iluminação	2	-	0,018000	-	0,54	R\$ 0,61	
	1	*MINI WIFI	2	22	0,001200	0,005867	0,212	R\$ 0,24	
Lavanderia	1	Ferro de Passar	0,50	-	0,500000	-	15,00	R\$ 16,99	
	1	Máquina de Lavar	1,20	-	0,600000	-	18,00	R\$ 20,39	
	1	Iluminação	3	-	0,027000	-	0,81	R\$ 0,92	
	1	*MINI WIFI	3	21	0,001800	0,005600	0,222	R\$ 0,25	
Garagem	3	Iluminação	12	-	0,324000	-	9,72	R\$ 11,01	
	1	Portão Elétrico	0,08	-	0,030417	-	0,913	R\$ 1,03	
	1	*GANG WIFI R3 (3 ch)	12	12	0,020350	0,002900	0,697	R\$ 0,79	
Área Externa	1	Churrasqueira	0,13	-	0,266667	-	8,00	R\$ 9,06	
	6	Luminária	12	-	0,648000	-	19,44	R\$ 22,02	
	2	*GANG WIFI R3 (3 ch)	12	12	0,040700	0,005800	1,395	R\$ 1,58	
*dispositivos de automação							TOTAL =	723,86	R\$ 819,86

Fonte: Os autores

Para calcular o consumo e encontrar o custo dos dispositivos de automação foi utilizada a relação do tempo de uso dos aparelhos e o tempo de não uso, com o tempo em que os dispositivos



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santilio, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

estariam ligados ou em *stand-by*. Dispositivos como o Home Infravermelho enviam sinais de infravermelho podendo controlar a televisão como um controle remoto, então seu tempo de atividade é muito baixo, estando sempre em modo *stand-by*. Outros aparelhos similares são os assistentes Google Home e Alexa que geralmente estão em modo *stand-by* e se ativam para realizar alguma ação solicitada, recordando que esses foram medidos quando utilizados com 50% de volume. Para a simulação, foi escolhido o assistente Google Home, pois possui um menor custo de aquisição e um menor consumo de energia.

c) Caso 3 – com automatização dos equipamentos

Com o objetivo de comparar e viabilizar a economia gerada pelos dispositivos de automação instalados na casa, foram considerados alguns casos que envolvem o ciclo de uso dos eletrodomésticos pelos moradores. Com os dispositivos de automação instalados, os equipamentos podem ser controlados remotamente e é possível definir horários de acionamento de acordo com a rotina dos moradores. Além disso, alguns dispositivos permitem o acionamento com base em gatilhos, como a temperatura ambiente. Portanto, entende-se que esses dispositivos atuam não apenas para facilitar o controle dos aparelhos elétricos, mas também para proporcionar conforto aos usuários. Na sequência, será apresentado na Tabela 8, os casos de automação simulado, considerando os equipamentos instalado no caso 2.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Tabela 8- Condições de automação simulados

<i>Ambiente</i>	<i>Aparelho automatizado</i>	<i>Descrição da automatização</i>
Cozinha	Iluminação LED	O dispositivo foi programado para desligar nos períodos que ninguém o utilizaria em relação a rotina da família, como durante o período da tarde, e após as 22hrs da noite.
Sala	Condicionador de Ar 9000 btus	O ar-condicionado passou a ser desligado 1 hora antes do habitual, esfriando o ambiente e desligando nos períodos que a família sai de casa ou vão para os quartos a noite.
	Iluminação LED	O dispositivo conectado à lâmpada garante seu controle remotamente e ativação programada, reduzindo o erro de esquecê-la acesa e regulando seu horário de uso convencional.
	Televisão 46"	Reduziu o risco de esquecê-la ligada após seu uso, além de ter um maior controle levando em conta seu alto uso pela criança.
Quarto casal	Condicionador de Ar 9000 btus	O ar-condicionado foi programado para ser desligado 1 hora antes do que o habitual horário de despertar do casal.
	Iluminação LED	A automação possibilita evitar que o dispositivo permaneça ligado em momentos de não uso, reduzindo a chance de esquecê-lo ligado por longos períodos.
	Televisão 46"	O dispositivo conectado à TV garante a programação de seu tempo de uso desligando-a após certo horário evitando esquecê-la ligada, tendo em vista que sua utilização ocorre no período da noite.
	Ventilador	Com a automação tende a evitar que o dispositivo permaneça ligado em momentos de não uso, além de reduzir a chance de esquecê-lo ligado por longos períodos.
Quarto Infantil	Iluminação LED	O dispositivo conectado à lâmpada garante seu controle remotamente e ativação programada, reduzindo o erro de esquecê-la acesa.
	Condicionador de Ar 9000 btus	Com a automação, o ar-condicionado foi programado para ser desligado 1 hora antes do que o habitual horário de despertar da criança.
Banheiro	Iluminação LED	O dispositivo conectado à lâmpada garante seu controle remotamente e ativação programada, reduzindo o erro de esquecê-la acesa e regulando seu horário de uso convencional.
Lavanderia	Iluminação LED	O dispositivo conectado à lâmpada garante seu controle remotamente e ativação programada, reduzindo o erro de esquecê-la acesa e regulando seu horário de uso convencional.
Garagem	Iluminação LED	Com a automação deixou de ser ligada e desligada manualmente, agora é programado para ligar no horário que os moradores chegam e desligar em determinada hora da noite.
Área Externa	Luminárias	As luzes externas foram programadas para ligar e desligar automaticamente nos horários sem luz solar, sem necessitar seu acionamento manual.

Fonte: Os autores

Com base nos casos em que os dispositivos de automação influenciam o consumo e a utilização dos equipamentos da casa pelos usuários, pode-se então definir as alterações no tempo de uso dos equipamentos se baseando na rotina da família. Ao inserir esses dados na tabela geral da casa e somar o consumo dos novos dispositivos, é obtido o novo consumo em kWh/mês e o valor da nova fatura, apresentados na Tabela 9.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Tabela 9- Casa automatizada e nova fatura

Ambiente	Quant.	Equipamentos	Uso diário (horas)		Consumo em 1 dia (kWh)		Consumo em 30 dias (kWh)	R\$/30 dias
			Ligado	Stand-By	Ligado	Stand-By		
Cozinha	1	Geladeira	24	0	1,440000	-	43,20	R\$ 48,93
	1	Torradeira	0,08	23,92	0,066667	-	2,00	R\$ 2,27
	1	Cafeteira	0,33	23,67	0,400000	-	12,00	R\$ 13,59
	1	Batedeira	0,08	23,92	0,027500	-	0,83	R\$ 0,93
	4	Iluminação	6	18	0,216000	-	6,480	R\$ 7,34
	1	Forno elétrico	0,8	23,20	1,400000	-	42,00	R\$ 47,57
	1	Liquidificador	0,1	23,90	0,035000	-	1,05	R\$ 1,19
	1	Micro-ondas	0,08	23,92	0,116667	-	3,50	R\$ 3,96
	1	*GANG WIFI R3 (4 ch)	6	18	0,013575	0,004350	0,538	R\$ 0,61
Sala	1	Condicionador de ar (inverter)	3	21	1,800000	-	54,00	R\$ 61,16
	1	Roteador wifi	24	0	0,192000	-	5,76	R\$ 6,52
	1	Ventilador	4	20	0,288000	-	8,64	R\$ 9,79
	2	Iluminação (LED)	6	18	0,108000	-	3,24	R\$ 3,67
	1	Televisão (46")	6	18	1,260000	-	37,80	R\$ 42,81
	1	*SENSOR TH16	3	21	0,001575	0,005250	0,205	R\$ 0,23
	1	*GOOGLE	-	24	-	0,033100	0,993	R\$ 1,12
	1	*GANG WIFI R3 (3 ch)	6	18	0,010175	0,004350	0,436	R\$ 0,49
	1	*HOME INFRAVERMELHO	-	24	-	0,004400	0,132	R\$ 0,15
Quarto casal	1	Condicionador de ar (Inverter)	6	18	3,600000	-	108,00	R\$ 122,32
	2	Iluminação	6	18	0,108000	-	3,24	R\$ 3,67
	1	Notebook	6	18	0,270000	-	8,10	R\$ 9,17
	1	Televisão (46")	2	22	0,420000	-	12,60	R\$ 14,27
	1	Ventilador	4	20	0,288000	-	8,64	R\$ 9,79
	1	*SENSOR TH16	6	18	0,003150	0,004500	0,230	R\$ 0,26
	1	*GANG WIFI R3 (3 ch)	6	18	0,010175	0,004350	0,436	R\$ 0,49
	1	*GOOGLE	-	24	-	0,033100	0,993	R\$ 1,12
	1	*HOME INFRAVERMELHO	-	24	-	0,004400	0,132	R\$ 0,15
Quarto infantil	1	Iluminação	6	18	0,054000	-	1,62	R\$ 1,83
	1	Condicionador de ar (Inverter)	6	18	3,600000	-	108,00	R\$ 122,32
	1	Ventilador	2	22	0,144000	-	4,32	R\$ 4,89
	1	*SENSOR TH16	6	18	0,003150	0,004500	0,230	R\$ 0,26
	1	*GANG WIFI R3 (3 ch)	6	18	0,010175	0,004350	0,436	R\$ 0,49
Banheiro	1	Secador de Cabelo	0,1	23,9	0,104200	-	3,126	R\$ 3,54
	1	Chuveiro Elétrico	0,5	23,5	2,250000	-	67,50	R\$ 76,45
	1	Iluminação	1,5	22,5	0,013500	-	0,405	R\$ 0,46
	1	*MINI WIFI	1,5	22,5	0,000900	0,006000	0,207	R\$ 0,23
Lavanderia	1	Ferro de Passar	0,50	23,50	0,500000	-	15,00	R\$ 16,99
	1	Máquina de Lavar	1,20	22,80	0,600000	-	18,00	R\$ 20,39
	1	Iluminação	2,5	21,5	0,022500	-	0,675	R\$ 0,76
	1	*MINI WIFI	2,5	21,5	0,001500	0,005733	0,217	R\$ 0,25
Garagem	3	Iluminação	6	18	0,162000	-	4,860	R\$ 5,50
	1	Portão Elétrico	0,08	23,92	0,030417	-	0,913	R\$ 1,03
	1	*GANG WIFI R3 (3 ch)	6	18	0,010175	0,004350	0,436	R\$ 0,49
Área Externa	1	Churrasqueira	0,13	23,87	0,266667	-	8,00	R\$ 9,06
	6	Luminária	7	17	0,378000	-	11,34	R\$ 12,84
	2	*GANG WIFI R3 (3 ch)	7	17	0,023742	0,008217	0,959	R\$ 1,09
*dispositivos de automação						TOTAL =	611,41	R\$ 692,49

Fonte: Os autores



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabrício Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Como mencionado anteriormente, após a inserção dos dispositivos de automação, houve um aumento mensal de custo, conforme evidenciado na Tabela 8. No entanto, a economia gerada pelo uso adequado dos equipamentos da casa resultou em uma redução na fatura mensal de R\$ 802,57 para R\$ 692,49, representando uma economia de R\$ 110,08, ou seja, 13,72% do valor inicial.

A maior economia ocorre quanto ao uso dos aparelhos condicionados de ar sendo o equipamento automatizado de maior potência e usado diariamente durante a noite, a solução para a redução do consumo está na programação para desligar o aparelho 1 hora antes do habitual horário de despertar da família.

4.3- Análise do *payback* simples

A partir dos dados de consumo da residência, foram introduzidos os dispositivos de automação na planilha, com seus respectivos valores. Os dispositivos foram inseridos nos eletrodomésticos que mais demandavam energia devido ao seu mau uso, como esquecer ligado, objetivando alcançar um maior controle e uma economia no consumo de energia, a fim de comparar o valor total da fatura antes e depois de incrementar os dispositivos de automação. Dessa forma, a partir da automatização da casa foi realizado o cálculo da nova fatura de energia, utilizando os mesmos passos descritos no tópico 3.4, e foi estimado qual a economia por mês gerada.

Posteriormente, foi realizado o cálculo de *payback* simples [18], o qual corresponde em determinar o número de períodos necessários para recuperar o capital investido, avaliando a atratividade de um investimento. Nesse tocante, o cálculo consistiu na divisão do custo dos equipamentos de automação pela economia mensal gerada, resultando na quantidade de meses necessários para se cobrir o investimento.

Para determinar o tempo necessário para obter o retorno do valor investido nos dispositivos de automação, foi realizado o cálculo do *payback*, relacionando o somatório dos custos de todos os dispositivos instalados na casa (Tabela 11), com a economia que eles geram na fatura mensal. O resultado da equação (1) indica a quantidade de meses necessários para recuperar o investimento.

Tabela 11- Cálculo do orçamento dos dispositivos de automação utilizados

<i>Dispositivos de Automação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor Unidade</i>
4 - GANG WIFI SMART SWITCH WITH RF CONTROL - 4C4PROR3	7	R\$ 203,11
WIFI INFRARED REMOTE CONTROL S06 - SMART HOME	2	R\$ 54,76
TEMP. & HUM. MONITORATOR TH16	3	R\$ 82,11
MINI WIFI SMART SWITCH WITH DIY	2	R\$ 45,13
GOOGLE HOME MINI SPEAKER	2	R\$ 258,90
TOTAL		R\$ 2.385,68

Fonte: Os autores

$$\frac{\text{custo dispositivos}}{\text{valor economizado}} = \text{Payback} \rightarrow \frac{R\$ 2.385,68}{R\$ 110,08} = 21,67 \text{ meses} \quad (1)$$



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santillo, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Com um período de retorno do investimento de 21,67 meses, pode-se comprovar e viabilizar a economia de energia gerada pela inserção dos aparelhos de automação na casa, visto que o *payback* é de menos de 2 anos. Além disso, esses dispositivos também têm como função proporcionar conforto e segurança aos usuários. Em comparação, a outras tecnologias voltadas para a economia de energia, como as placas solares, possuem um período de retorno do investimento que varia de 3,5 a 5 anos. [19].

5- CONSIDERAÇÕES

Em vista da frequente demanda energética e dos avanços tecnológicos que constantemente se estabelece em nosso cotidiano, é que se faz necessário aos engenheiros o estudo das IoT. Sendo assim, é certo que essas novas tecnologias vieram para contribuir tanto numa escala macro de desenvolvimento global, mas através dos dados obtidos pode-se observar seu potencial para contribuir aos indivíduos da sociedade.

É possível verificar que apenas com a utilização das IoT foi obtida uma redução de 13,72% do consumo de energia, valor elevado considerando que os dispositivos têm como função auxiliar para a maior eficiência de aparelhos elétricos, sendo assim, isso sugere que conforme o surgimento de novas tecnologias capazes de melhorar e personalizar a comunicação e a integralização entre dispositivos, o que refere ao termo “Internet das Coisas”, melhor será o aproveitamento destes e dos recursos energéticos.

Em relação ao *payback* calculado, o retorno do investimento ocorrerá em cerca de dois anos. Isso demonstra um retorno rápido quando comparado a outros investimentos na área de economia energética, como placas solares, que geralmente possuem um tempo de retorno de 3,5 a 5 anos. A automação residencial tem se mostrado uma grande aliada da economia, algo que ainda não é muito estudado, mas que certamente será um setor importante para o engenheiro eletricitista à medida que a comunicação entre dispositivos evoluir.

Outro ponto relevante a se destacar é a sustentabilidade. A redução do consumo de energia por meio da automação residencial contribui para a diminuição de crises energéticas, um problema que tem ameaçado o desenvolvimento econômico e tecnológico globalmente.

Este trabalho se limitou a apenas uma marca de dispositivos de IoT presente no mercado, e os resultados referentes as reduções de consumo foram estimadas via simulação computacional. Os autores recomendam como trabalhos futuros o estudo de outras marcas e modelos de equipamentos, além de um estudo de caso real com medição de consumo antes e após o uso da automação residencial.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao SESu/MEC pelas bolsas do Programa de Educação Tutorial (PET) do grupo PET Engenharia Elétrica do curso de Graduação de Engenharia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santilio, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

Elétrica da UFMT e outros apoios financeiros que viabilizaram o projeto. Os autores agradecem ainda à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT (processo FAPEMAT-PRO-2022/01047) pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Rye D. X10 Technology. [Acesso em: 16 ago. 2023]; Disponível em: <https://hometoys.com/x10-technology/?url=%2Fhtinews%2Foct99%2Farticles%2Frye%2Frye.htm>.
- [2] Kiane,Rayse. Afinal, o que é IoT?. [S.l.], 14 set. 2019. [Acesso em: 16 mai. 2023]; Disponível em: <https://via.ufsc.br/afinal-o-que-e-iot/>.
- [3] Macedo Herivelto R.L. Surgimento e evolução da internet no Brasil. EletroNET; 2017. [Acesso em: 21 mai. 2023]; Disponível em: <https://www.eletronet.com/blog/surgimento-e-evolucao-da-internet-no-brasil/>.
- [4] Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2021. [Acesso em: 23 jul. 2023]; Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/setembro/90-dos-lares-brasileiros-ja-tem-acesso-a-internet-no-brasil-aponta-pesquisa>.
- [5] Associação Brasileira de Automação Residencial. Casa 'inteligente' é cada vez mais realidade. 2021.
- [6] Associação Brasileira de Automação Residencial. A Automação Residencial alavanca a demanda por eficiência. 2020.
- [7] Calderan Alves R, Florian F, Farina RM. Domótica: estudo da contribuição da automação residencial para a acessibilidade de portadores de deficiência física. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar. 2022;3(12):e3122299. DOI: 10.47820/recima21.v3i12.2299. [Acesso em: 19 set. 2023]; Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/2299>
- [8] Corsini Iuri. Energia elétrica aumentou mais do que o dobro da inflação nos últimos anos. Cnnbrasil.com.br. [Acesso em: 13 jul. 2023]; Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/energia-eletrica-aumentou-mais-do-que-o-dobro-da-inflacao-nos-ultimos-anos>.
- [9] Bergamin Junior F, Minotti C. Monitoramento do consumo de energia elétrica em tempo real. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar. 2021;1(1):e210828. DOI: 10.47820/recima21.v1i1.828. [Acesso em: 19 set. 2023]; Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/828>.
- [10] Da Costa Alexandre Aprato Ferreira, Lima Paulo Ricardo Barbieri Dutra. Automação residencial com foco no consumo consciente de energia elétrica. Revista do CCEI. 2015;19(34):19-35.
- [11] Terra. Automação residencial traz até 30% de economia na conta de energia. 2018. [Acesso em: 23 jul. 2023]; Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/dino/automacao-residencial-traz-ate-30-de-economia-na-conta-de-energia,4bae74f34608cc613852d89f69427e6ch226v9ui.html>.
- [12] A história da automação residencial: cinco décadas de evolução. [Acesso em: 13 ago. 2023]; Disponível em: <https://blog.positivocasainteligente.com.br/historia-automacaoresidencial/#:~:text=Na%20d%C3%A9cada%20de%201970%20a,de%20rede%20de%20a%20utoma%C3%A7%C3%A3o%20residencial>.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS IOT UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:
UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
Fabricio Parra Santilio, Bárbara Angélica Cardoso Andrade, João Pedro Granzotto, José Paulo Marques de Barros,
Stephanie Amorim Nunes, Gabriel Alves Pereira Silva, Manoelly Dutra Atala Costa

- [13] Thiago BAJAC. Automação Residencial Preço: Saiba Quanto Custa Viver no Futuro. Bass Automação. [Acesso em: 17 ago. 2023]; Disponível em: <https://bassautomacao.com.br/automacao-residencial-preco/>.
- [14] Aureside. Previsões para o mercado global de Aut. Residencial. [Acesso em: 13 ago. 2023]; Aureside.org.br. Disponível em: <http://www.aureside.org.br/noticias/previsoes-para-o-mercado-global-de-aut.-residencial>.
- [15] Energia Museu Light da. Simulador de Consumo de Energia. 2018. [Acesso em: 27 jul. 2023]; Disponível em: <https://www.museulight.com.br/aprenda-brincando/jogos/simulador-consumo-energia>
- [16] Agência Brasil. Maioria dos brasileiros mora em casa e é dona do imóvel, mostra IBGE. Agência Brasil, 06 de maio de 2020. IstoÉ Dinheiro. [Acesso em: 8 abr. 2023]; Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/majoria-dos-brasileiros-mora-em-casa-e-e-dona-do-imovel-mostra-ibge>.
- [17] Agência Nacional De Energia Elétrica – ANEEL. Resolução Homologatória nº 3.182, de 4 de abril de 2023. [Acesso em: 10 jul. 2023.]; Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc//reh20233182ti.pdf>.
- [18] Nogueira E. Análise de investimento. In: Batalha MO. (Coord). Gestão agroindustrial. 3. ed. São Paulo: Atlas; 2007. p. 205-266.
- [19] Solar, TopSun Energia. Saiba como calcular o payback de investimento em energia solar. G1. [Acesso em: 21 jul. 2023]; Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/top-sun/top-sun-energia-solar/noticia/2021/04/30/saiba-como-calcular-o-payback-de-investimento-em-energia-solar.ghtml>.