

INTERNET DAS COISAS (IoT): CONCEITOS, DESAFIOS E APLICAÇÕES NO CONTEXTO DAS REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES**INTERNET OF THINGS (IoT): CONCEPTS, CHALLENGES AND APPLICATIONS IN THE CONTEXT OF SMART ELECTRIC NETWORKS** <https://doi.org/10.63330/aurumpub.005-001>**Joelson Lopes da Paixão**

Mestre em Engenharia Elétrica, especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho e em Educação Básica, Tecnológica e EAD
UFSM

E-mail: joelson.paixao@hotmail.com

RESUMO

As revoluções tecnológicas estão impondo um novo paradigma para a sociedade e para as organizações. Neste cenário, surge a Internet das Coisas (IoT), como a grande mola propulsora dessas mudanças, porém apresenta diversos desafios, entre os quais conceituais, tecnológicos e sociais. A proliferação de objetos inteligentes com capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação tem aumentado nos últimos anos. Nesse contexto, a IoT conecta estes objetos à internet e promove a comunicação entre usuários e dispositivos, de maneira automatizada e eficiente. O ramo de energia elétrica também se beneficiará com a IoT, na modernização do setor com as Redes Elétricas Inteligentes (REIs). Com a atuação das REIs através da IoT, a promoção da eficiência energética para o bem-estar social e econômico terá grandes resultados, trazendo o avanço tecnológico juntamente com os requisitos sustentáveis pelo uso de energias renováveis. Sendo assim, o objetivo deste artigo é mostrar uma revisão sobre a IoT no contexto das REIs, trazendo aplicações, conceitos e desafios esperados para a consolidação de suas funcionalidades.

Palavras-chave: Aplicações da IoT; Desafios relacionados à IoT; Redes Elétricas Inteligentes; Energias Renováveis.

ABSTRACT

Technological revolutions are imposing a new paradigm on society and organizations. In this scenario, the Internet of Things (IoT) has emerged as the great driving force behind these changes, but it presents a number of challenges, including conceptual, technological and social ones. The proliferation of intelligent objects with sensing, processing and communication capabilities has increased in recent years. In this context, the IoT connects these objects to the internet and promotes communication between users and devices in an automated and efficient manner. The electricity industry will also benefit from the IoT, modernizing the sector with Intelligent Electricity Networks (IENs). With IoT-enabled REIs, the promotion of energy efficiency for social and economic well-being will have great results, bringing technological advances together with sustainable requirements through the use of renewable energies. Therefore, the aim of this article is to provide a review of the IoT in the context of REIs, including applications, concepts and the challenges expected for consolidating its functionalities.

Keywords: IoT Applications; IoT Challenges; Smart Grids; Renewable Energies.



1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT) desponta como uma evolução da internet e um novo paradigma tecnológico, social, cultural e digital. A Internet das Coisas revolucionará os modelos de negócios e a interação da sociedade com o meio ambiente, por meio de objetos físicos e virtuais, em que esses limites se tornam cada vez mais tênues (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2015).

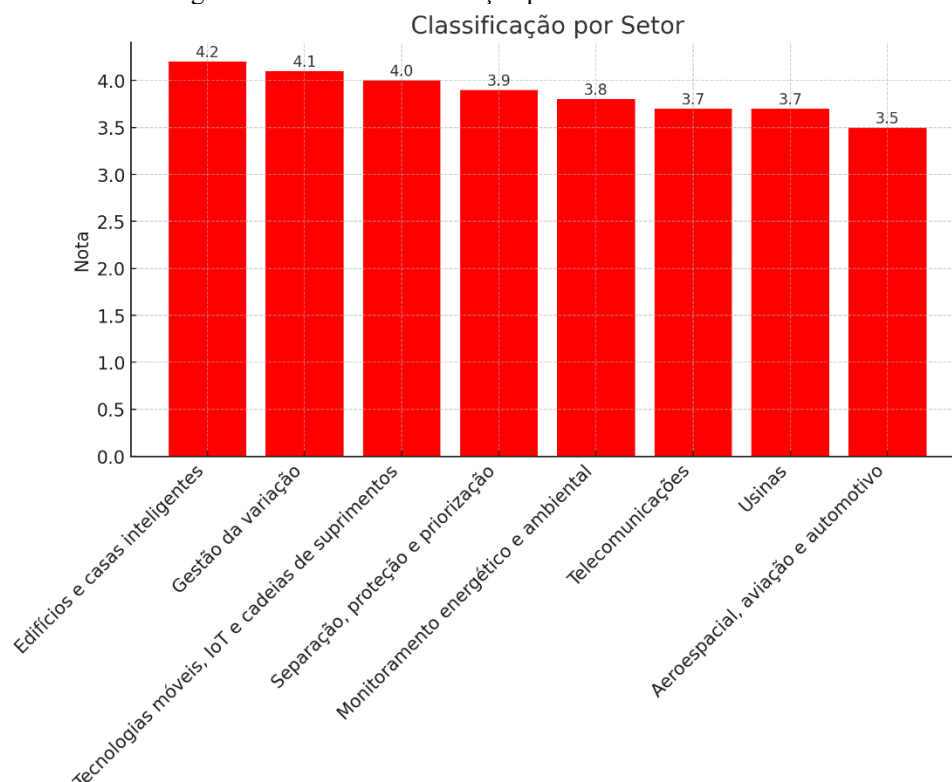
Esta constante evolução das tecnologias está cada vez mais presente no nosso cotidiano, o que traduz para uma realidade virtual, onde tudo pode ser encontrado, investigado, e difundido de maneira interconectada. A esta interconexão do mundo real ao virtual se caracteriza pela definição IoT, sendo ela capaz de auxiliar a novas descobertas e combinação de serviços, no gerenciamento de recursos e equipamentos de maneira eficiente e segura, e solucionando problemas de grande complexidade e proporção (NITTI et al., 2016).

Neste sentido, devido a evolução das tecnologias e necessidade de ferramentas de gerenciamento simplificada e eficiente, a IoT traz um cenário muito favorável em se tratando da maneira como o mundo vem expandindo suas tecnologias. Tem-se como principal exemplo a rede de computadores e celulares, onde a informatização nos mantém atualizados quase que em tempo real do que está acontecendo em todo o mundo, e de certa forma a IoT vem aprimorar ainda mais este contexto.

De maneira clara, a aplicação fundamental da IoT se refere à automatização de objetos físicos em que os habilita a receber e trocar informações, possibilitando o usuário a monitorar e controlar remotamente estes objetos, e capacitando-os a operarem sem intervenção humana (HAMEED; ALOMARY, 2019; HASSIJA et al., 2019). A intenção disto está relacionada com bem-estar social, privacidade e conforto, tendo em vista a eficiência e a automação de ponta, que para poder implementar este conceito de maneira crescente requer autenticação, segurança e privacidade (HASSIJA et al., 2019).

Paralelamente, essas novas habilidades dos objetos inteligentes gerarão muitas oportunidades de pesquisas e projetos no âmbito acadêmico e empresarial. Na Figura 1 são ilustradas as principais áreas de concentração da aplicação de IoT, sendo classificadas por uma pontuação de 1 a 5, sendo 1 insignificante e 5 de muita importância (SÔNEGO; MARCELINO; GRUBER, 2017).

Figura 1 – Áreas de concentração para a Internet das Coisas.



Atualmente a IoT é usada em cidades inteligentes (*smart cities*), estradas, hospitais (*smart healthcare*), residências (*smart homes*), ambientes inteligentes, carros autônomos (*smart car*), no ramo de energia (*smart grid*), assistência domiciliar, e uma infinidade de aplicações (HAMEED; ALOMARY, 2019; SHAFIQUE et al., 2020). As Redes Elétricas Inteligentes (REIs) fazem parte do contexto da IoT e que irá possibilitar uma interação maior entre o operador e consumidor, auxílio no controle e integração de carga e geração, aumento da confiabilidade do sistema, inserção de Veículos Elétricos (VEs), e transparência das operações em tempo real.

Neste sentido, este trabalho tem por apresentar uma revisão da IoT no contexto das REIs, estudos relacionados ao assunto, também, serão apresentados os principais blocos para o desenvolvimento da IoT, que neste sentido são fundamentais para sua implementação e operação, trazendo as formas e aplicações deste conceito, elucidando e promovendo a difusão no ramo de energia.

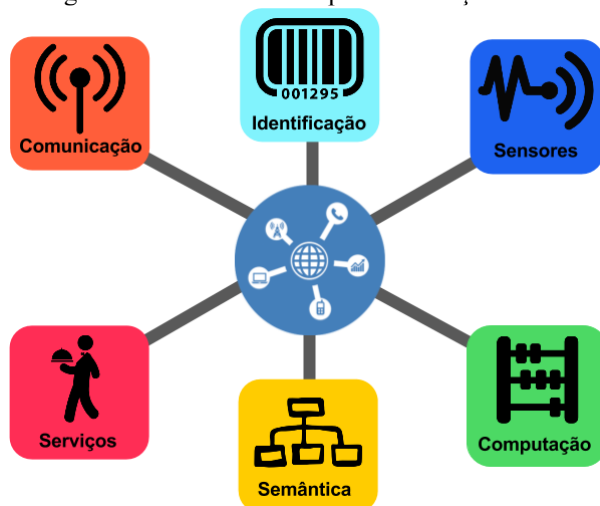
2 BLOCOS BÁSICOS DE CONSTRUÇÃO DA IoT

Para que a IoT seja aplicável às REIs é necessário um conjunto de fatores. Entre eles destacam-se os modelos de protocolos, a segurança da informação, e velocidade de processamento de dados uma vez que as informações dos equipamentos necessitam ser analisados, processados e armazenados (CHEN et al., 2019).

A IoT pode ser vista como a combinação de diversas tecnologias, as quais são complementares no

sentido de viabilizar a integração dos objetos no ambiente físico ao mundo virtual. A Figura 2 apresenta os blocos básicos de construção da IoT sendo eles (CHOPRA; GUPTA; LAMBORA, 2019; SANTOS et al., 2016):

Figura 2 – Blocos Básicos para construção da IoT.



- **Identificação:** é um dos blocos mais importantes, visto que é primordial identificar os objetos unicamente para conectá-los à Internet. Tecnologias como RFID, NFC (*Near Field Communication*) e endereçamento IP podem ser empregados para identificar os objetos.
- **Sensores/Atuadores:** sensores coletam informações sobre o contexto em que os objetos se encontram e, em seguida, armazenam/encaminham esses dados para *data warehouse*, clouds ou centros de armazenamento. Atuadores podem manipular o ambiente ou reagir de acordo com os dados lidos.
- **Comunicação:** diz respeito às diversas técnicas usadas para conectar objetos inteligentes. Também desempenha papel importante no consumo de energia dos objetos sendo, portanto, um fator crítico. Algumas das tecnologias usadas são WiFi, Bluetooth, IEEE 802.15.4 e RFID.
- **Computação:** inclui a unidade de processamento como, por exemplo, microcontroladores, processadores e FPGAs, responsáveis por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes.
- **Serviços:** a IoT pode prover diversas classes de serviços, dentre elas, destacam-se os Serviços de Identificação, responsáveis por mapear Entidades Físicas (EF) (de interesse do usuário) em Entidades Virtuais (EV) como, por exemplo, a temperatura de um local físico em seu valor, coordenadas geográficas do sensor e instante da coleta; Serviços de Agregação de Dados que coletam e resumizam dados homogêneos/heterogêneos obtidos dos objetos inteligentes; Serviços de Colaboração e Inteligência que agem sobre os serviços de agregação de dados para tomar decisões e reagir de modo adequado a um determinado cenário; e Serviços de Ubiquidade

que visam prover serviços de colaboração e inteligência em qualquer momento e qualquer lugar em que eles sejam necessários.

- **Semântica:** refere-se à habilidade de extração de conhecimento dos objetos na IoT. Trata da descoberta de conhecimento e uso eficiente dos recursos existentes na IoT, a partir dos dados existentes, com o objetivo de prover determinado serviço. Para tanto, podem ser usadas diversas técnicas como *Resource Description Framework* (RDF), *Web Ontology Language* (OWL) e *Efficient XML Interchange* (EXI).

Ainda, faz-se necessário dar uma maior evidência às tecnologias da informação e comunicação da IoT, que através dela que todo o processo se dá, e torna real este conceito. A Tabela 1 resume as tecnologias de comunicação, trazendo as principais características de cada qual, o que permite compará-las (CHOPRA; GUPTA; LAMBORA, 2019). Em particular, destaca-se a grande variedade de possibilidades para conectar dispositivos. Portanto, é preciso ponderar acerca das características das tecnologias e finalidade do dispositivo para escolher a melhor forma de conectá-lo (SANTOS et al., 2016).

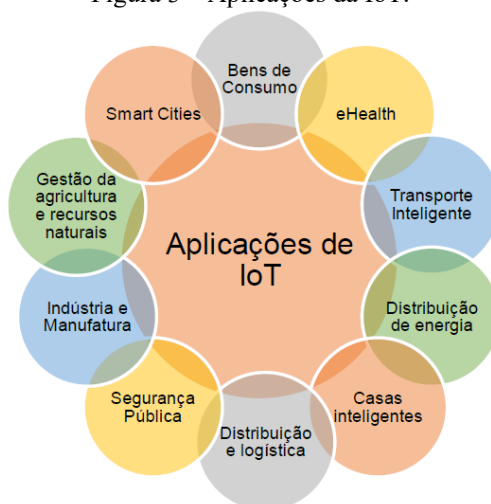
Tabela 1 – Comparação entre as tecnologias de comunicação

Protocolo	Alcance	Frequência	Taxa	IPv6	Topologia
Ethernet	100/2000m	N/A	10 Gbps	Sim	Variada
Wi-Fi	50m	2.4/5 GHz	1300 Mbps	Sim	Estrela
BLE	80m	2.4 GHz	1 Mbps	Sim	Estrela/Mesh
ZigBee	100m	915 MHz - 2.4 GHz	250 kbps	Sim	Estrela/Mesh
3G/4G	35/200 km	1900/ 2100/ 2500MHz	1/10 Mbps	Sim	Estrela
SigFox	10/50 km	868/ 902MHz	10–1000 bps	-	-
LoraWan	2/5 km	Sub-GHz	0.3-50 kbps	Sim	Estrela

3 APLICAÇÕES EM IoT

As aplicações de Internet das Coisas são inúmeras e diversas, e permeiam praticamente a vida diária das pessoas, das empresas e sociedade como um todo, transformando o mundo em *smart world* (FREITAS, 2016; PATEL; PATEL; SCHOLAR, 2016). O *smart world* permite que a computação se torne “invisível” aos olhos do usuário, por meio da relação entre homem e máquina, tornando um mundo mais eficiente e eficaz. A Figura 3 a seguir mostra um panorama da atuação da internet das coisas (CHOPRA; GUPTA; LAMBORA, 2019; FREITAS, 2016):

Figura 3 – Aplicações da IoT.



- Bens de consumo: Bens adquiridos pelos consumidores, tais como *smartphones*, *smart house*, *smart car* e *smart TV*.
- *eHealth*: *Fitness*, bioeletrônica e cuidados com saúde. Por exemplo: monitoramento e controle da frequência cardíaca durante os exercícios; monitoramento das condições dos pacientes em hospitais e em casas de idosos.
- Transporte inteligente: Notificação das condições de tráfego, controle inteligente de rotas, monitoramento remoto do veículo, coordenação das rodovias e integração inteligente de plataformas de transporte.
- Distribuição de energia (*smart grid*): Acompanhamento de instalações de energia, subestações inteligentes, distribuição de energia automática e medições remotas de relógios residenciais.
- Casas inteligentes: Medições remotas de consumo, economia de energia, controle inteligente de equipamentos residenciais e segurança residencial.
- Distribuição e Logística: *Smart e-commerce*, rastreabilidade, gerenciamento na distribuição e inventário.
- Segurança Pública: Monitoramento no transporte de cargas perigosas e químicas, monitoramento da segurança pública, monitoramento das estruturas de construções de utilidade pública.
- Indústria e Manufatura: Economia de energia, controle da poluição, segurança na manufatura, monitoramento do ciclo de vida dos produtos, rastreamento de produtos manufaturados na cadeia de abastecimento, monitoramento de condições ambientais e controle de processos de produção.
- Gestão da agricultura e dos recursos naturais: Segurança e rastreabilidade de produtos agrícolas, gerenciamento de qualidade, monitoramento ambiental para produção e cultivo, gerenciamento no processo de produção, utilização de recursos para a agricultura.

- *Smart Cities*: Monitoramento estrutural: monitoramento de vibrações e condições dos materiais em edifícios, pontes e monumentos históricos. Energia elétrica: iluminação inteligente e adaptável conforme a rua. Segurança: monitoramento por meio de vídeo digital, gerenciamento de controle de incêndio e sistemas de anúncio público. Transporte: estradas inteligentes com avisos, mensagens e desvios de acordo com as condições climáticas e eventos inesperados como acidentes ou engarrafamentos. Estacionamento: monitoramento em tempo real da disponibilidade de espaços de estacionamento, sendo possível identificar e reservar vagas disponíveis. Gestão de resíduos: detecção de níveis de lixo em recipientes para otimizar a rota de coleta de lixo.

4 IoT NO CONTEXTO DE REDES ELÉTRICA INTELIGENTES

A evolução dos Sistemas Elétricos de Potência através da integração das fontes de geração de energia elétrica é uma das características das Redes Elétricas Inteligentes (REIs). Entre as fontes de geração destacam-se as energias renováveis, desde as grandes hidrelétricas até os sistemas fotovoltaicos residências conectadas à rede elétrica. No entanto, o crescimento desse tipo de geração nas REIs aumenta a imprevisibilidade de geração uma vez que apresentam uma natureza intermitente de produção de energia. Dessa forma, exploram-se alguns modos para garantir a confiabilidade destes sistemas tais como armazenamento de energia, usinas virtuais de energia elétrica (BARBIERATO et al., 2019).

Contudo, por apresentarem um custo elevado, os sistemas de armazenamento de energia acabam não sendo, por algumas vezes, a melhor solução. Assim, as usinas virtuais de energia elétrica (VPP) através do emprego de mecanismos de resposta da demanda e da IoT surgem como uma nova opção para as REIs. Particularmente, o emprego da tecnologia de IoT possibilita a conexão de equipamentos espalhados pelo sistema em tempo real através da infraestrutura de comunicação e processamento de dados (RANA, 2017) sendo essa estrutura chave na caracterização das cidades inteligentes (LI et al., 2018).

A aplicação dos mecanismos de IoT nas REIs surge como alternativa para a conectividade, automação e controle dos diversos equipamentos que compõem esse sistema. Tudo isso de forma rápida, digital e bidirecional a favor de aproximar ainda mais a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (SALEEM et al., 2019). Além disso, esse mecanismo iterativo de conexão também aproxima consumidores e fornecedores de energia encorajando o uso da energia elétrica de forma mais inteligente, possibilitando um maior equilíbrio entre geração e consumo, e conseqüentemente, uma possível redução dos picos de demanda de energia elétrica no sistema (CHIU; MEMBER; SHIH, 2017).

5 ESTUDO DE CASO

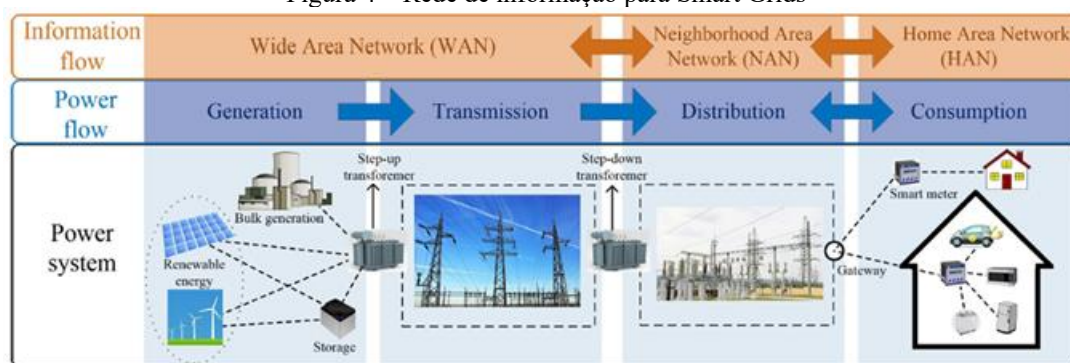
Com o avanço e popularização do IoT, é possível tornar a operação de REIs cada vez mais integrada e inteligente, resultando em aumentos de qualidade e confiabilidade. A utilização de dispositivos conectados

à rede aliada a análises computacionais pode trazer reduções de perdas, maior disponibilidade e qualidade de energia, além de uma resposta mais inteligente à demanda. Apesar de ser mais abordada no âmbito da distribuição de energia, a utilização de IoT também atinge outras camadas, desde a geração, transmissão e distribuição até a parte de consumo residencial.

Embora existam inúmeras aplicações de IoT em REIs, serão abordadas algumas aplicações em um âmbito de redes residenciais, comerciais e pequenas plantas industriais, as chamadas *Home Area Networks* (HAN) que englobam conceitos sobre equipamentos domésticos e industriais, veículos elétricos e integração de fontes renováveis de energia (SALEEM et al., 2019). A utilização de sensores e atuadores em residências permite transformá-las em *Smart Homes*, possibilitando o monitoramento e controle de equipamentos remotamente, configurando-se como um canal de interação entre os usuários e as REIs, podendo trazer otimizações e maior gerenciamento do consumo. Assim, é possível que o consumidor reduza os custos referentes ao consumo e as concessionárias possam manipular, de certa forma, a curva de demanda diária e minimizar custos operacionais e referentes às perdas de energia.

A Figura 4 ilustra e caracteriza uma HAN, e de maneira sucinta elenca as demais redes de comunicação, que são a *Neighborhood Area Network* (NAN) e a *Wide Area Network* (WAN). A NAN suporta a comunicação entre os dispositivos de campo, distribuição e subestação, englobando as diversas HANs. Já a WAN, faz a coleta das informações das NANs, e realiza a comunicação entres os sistemas de transmissão, geração e centros de controle (SALEEM et al., 2019).

Figura 4 – Rede de informação para Smart Grids



Essa transição de sistemas manuais de medição para sistemas automatizados, com dados em tempo real ao invés de coletas em intervalos periódicos, já acontece e traz grandes melhorias em termos de precisão e otimização de tempo – visto que as medições são feitas remotamente. Esses sistemas de medição avançada apresentam-se como uma das principais funções de IoT em REIs, provendo monitoramento em tempo real, análises e estatísticas a partir de coletas de dados de alta confiabilidade (SALEEM et al., 2019).

Os veículos elétricos, soluções sustentáveis cada vez mais popularizadas, também podem ser influenciados pela integração de dispositivos IoT. Além de um gerenciamento inteligente do carregamento



– lento ou rápido – e da injeção de energia na rede, em casos de tarifas diferenciadas de acordo com o horário, a tecnologia IoT permite o envio de informações e, aliada à utilização de GPS, pode servir como ferramenta de otimização no trânsito e estacionamentos.

Além disso, a crescente integração de fontes renováveis à REIs, importante pela redução do impacto ambiental e descentralização da geração de energia elétrica, também pode se beneficiar da implementação de tecnologias IoT. Visto que a maioria destas fontes são intermitentes, como, por exemplo, solar e eólica, a utilização de sensores e dispositivos proporcionam maior previsibilidade e confiabilidade no fornecimento de energia, além de permitir o controle dessas fontes remotamente.

6 CONCLUSÕES

Desta forma, chega-se à conclusão de que a dependência da eletricidade para o bem-estar social e desenvolvimento econômico, estão ligadas as questões de eficiência energética e que com a IoT, a evolução e melhoramento dos sistemas tendem galgar este objetivo. Outra questão é a promoção das fontes de energia renováveis, que contribuem para a redução de emissões de gases poluentes ao meio ambiente, que de certa forma, com a IoT nas REIs, terá maior participação na matriz elétrica por assim se ter uma maior informatização e controle do sistema, seguindo os princípios da evolução tecnológica e da sustentabilidade.

A partir dos estudos de casos é possível reparar que a utilização de IoT em HANs mostra-se muito importante tanto no comissionamento quanto no controle de dispositivos, permitindo o monitoramento do fluxo de energia, coletando informações de carga e consumo e facilitar a atuação da concessionária quando necessário. Embora as aplicações tenham sido abordadas em um contexto doméstico, elas podem ser estendidas para áreas de abrangência maior, em que dados de várias residências são coletadas, reenviadas e agregadas a informações de dispositivos de subestações e do sistema de distribuição, constituindo uma rede elétrica amplamente conectada.



REFERÊNCIAS

- BARBIERATO, L. et al. A Distributed IoT Infrastructure to Test and Deploy Real-Time Demand Response in Smart Grids. v. 6, n. 1, p. 1136–1146, 2019.
- CHEN, S. et al. Internet of Things Based Smart Grids Supported by Intelligent Edge Computing. IEEE Access, v. 7, p. 74089–74102, 2019.
- CHIU, T.; MEMBER, G. S.; SHIH, Y. Optimized Day-Ahead Pricing With Renewable Energy Demand-Side Management for Smart Grids. v. 4, n. 2, p. 374–383, 2017.
- CHOPRA, K.; GUPTA, K.; LAMBORA, A. Future Internet: The Internet of Things-A Literature Review. 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon). Anais...IEEE, fev. 2019.
- FREITAS, R. R. DE. Internet das Coisas Sem Mistérios: Uma nova inteligência para os negócios. Netpress Books, 2016.
- HAMEED, A.; ALOMARY, A. Security Issues in IoT: A Survey. 2019 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT). Anais...IEEE, set. 2019.
- HASSIJA, V. et al. A Survey on IoT Security: Application Areas, Security Threats, and Solution Architectures. IEEE Access, v. 7, p. 82721–82743, 2019.
- LACERDA, F.; LIMA-MARQUES, M. Da necessidade de princípios de Arquitetura da Informação para a Internet das Coisas. Perspectivas em Ciência da Informação, v. 20, n. 2, p. 158–171, jun. 2015.
- LI, W. et al. Policy-Based Secure and Trustworthy Sensing for Internet of Things in Smart Cities. v. 5, n. 2, p. 716–723, 2018.
- NITTI, M. et al. The Virtual Object as a Major Element of the Internet of Things: A Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials, v. 18, n. 2, p. 1228–1240, 2016.
- PATEL, K. K.; PATEL, S. M.; SCHOLAR, P. G. Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. International Journal of Engineering Science and Computing, v. 6, n. 5, p. 1–10, 2016.
- RANA, M. Architecture of the Internet of Energy Network: An Application to Smart Grid Communications. v. 5, 2017.
- SALEEM, Y. et al. Internet of Things-Aided Smart Grid: Technologies, Architectures, Applications, Prototypes, and Future Research Directions. IEEE Access, v. 7, p. 62962–63003, 2019.
- SANTOS, B. P. et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos., p. 50, 2016.
- SHAFIQUE, K. et al. Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios. IEEE Access, v. 8, p. 23022–23040, 2020.



SÔNEGO, A. A.; MARCELINO, R.; GRUBER, V. A Internet das Coisas aplicada ao conceito de eficiência energética: uma análise quantitativo-qualitativa do estado da arte da literatura. *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*, v. 5, n. 2, p. 80, 9 jan. 2017.