



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Ilha Solteira

Departamento de Engenharia Elétrica - DEE
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

JOÃO PAULO MELO BORGES

INTERNET DAS COISAS APLICADA À
GERAÇÃO E GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL

ILHA SOLTEIRA

2024

Departamento de Engenharia Elétrica - DEE

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

JOÃO PAULO MELO BORGES

**INTERNET DAS COISAS APLICADA À
GERAÇÃO E GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Engenharia do Campus de Ilha
Solteira – UNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do grau
de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Dionízio Paschoareli Júnior

ILHA SOLTEIRA

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B732i Borges, João Paulo Melo.
Internet das coisas aplicada à geração e gestão de energia elétrica renovável
/ João Paulo Melo Borges. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
56 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2024

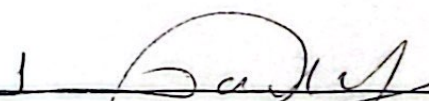
Orientador: Dionízio Paschoareli Júnior

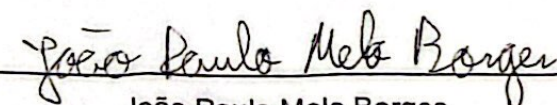
Inclui bibliografia

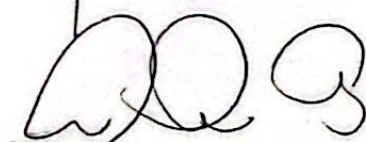
1. Internet das coisas. 2. Cleantechs. 3. Fontes renováveis. 4. Energia
elétrica.

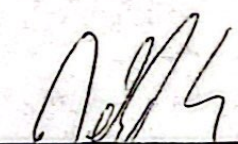
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos vinte e seis dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e quatro, o discente **João Paulo Melo Borges**, matriculado sob o nº 162055161, tendo como banca examinadora o seu orientador, o Prof. Dr. Dionízio Paschoareli Júnior, o Prof. Dr. Carlos Antonio Alves e o Prof. Dr. Guilherme de Azevedo e Melo, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado "INTERNET DAS COISAS APLICADA À GERAÇÃO E GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL" obtendo a nota 8,5 (OITO E MEIO) e conceito APROVADO.


Prof. Dr. Dionízio Paschoareli Júnior
Orientador-


João Paulo Melo Borges
- Discente-


Prof. Dr. Carlos Antonio Alves
- Membro da Banca -


Prof. Dr. Guilherme de Azevedo e Melo
- Membro da Banca -

Faculdade de Engenharia – Departamento de Engenharia Elétrica

Avenida Professor José Carlos Rossi, 1370 - CEP 15.385-000, Ilha Solteira - SP - Brasil

Tel (18) 37431150 - Fax (18) 3742-2735 - www.feis.unesp.br



DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que buscam moldar um mundo melhor através do conhecimento, da perseverança e da inovação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, que com toda dedicação e carinho me apoiaram incondicionalmente na conquista desse título acadêmico. Este trabalho é um testemunho de seu amor, paciência e crença em meu potencial.

À todos os meus amigos pelos bons momentos, companheirismo e troca de experiências no decorrer desses todos esses anos de graduação.

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) pelos serviços educacionais prestados e pela oportunidade de estudar em uma das melhores universidades do país.

Em especial, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Dionízio Paschoareli Júnior pela mentoria, dedicação e todo o conhecimento transmitido, que permitiu confeccionar essa pesquisa com excelência.

RESUMO

A taxa de evolução tecnológica da civilização está intimamente ligada ao consumo de energia, assim como os impactos causados ao meio ambiente se mostram proporcionais a esse consumo. Atualmente evidencia-se um crescimento acentuado da demanda por energia elétrica, atrelado ao uso e dependência cada vez maior da internet e de tecnologias digitais difundidas por todo o globo, para milhões de empresas e bilhões de pessoas. Nesse contexto, a busca por geração de energia de fontes renováveis fez emergir um nicho empresarial composto por empresas denominadas Cleantechs (empresas de tecnologia limpa) que atuam no setor energético e contribuem para a concretização da revolução digital no mercado de energia, apresentando soluções e inovações tecnológicas por meio do uso de Internet das Coisas e conceitos como o smart grid, para maximizar a eficiência, minimizar os custos e mitigar impactos ambientais de toda a cadeia energética, desde a geração até o consumo e a gestão dos sistemas elétricos. Conhecer o potencial de crescimento desse setor e como ocorre a aplicação dessas tecnologias é crucial para a tomada de decisões de empreendedores interessados em ingressar nesse nicho de mercado, razão pela qual esse trabalho busca reunir um panorama de informações que auxiliem na difusão do conhecimento existente acerca da temática, de maneira facilmente compreensível. Assim, traz-se conceito de redes, comunicações de dispositivos, como essas tecnologias melhoram o desempenho de geração de energia, estudos de valores financeiros para entender o potencial de crescimento deste segmento de mercado.

Palavras-chaves: internet das coisas, cleantechs, fontes renováveis, energia elétrica

ABSTRACT

The rate of technological evolution in civilization is closely linked to energy consumption, just as the environmental impacts are proportional to this consumption. Currently, there is a pronounced growth in demand for electrical energy, coupled with the increasing use and dependency on the internet and digital technologies disseminated globally, serving millions of companies and billions of people. In this context, the pursuit of renewable energy generation has given rise to a niche of businesses known as Cleantechs (clean technology companies), operating within the energy sector and contributing to the realization of the digital revolution in the energy market. They present solutions and technological innovations through the utilization of the "Internet of Things" and concepts such as the smart grid, aiming to maximize efficiency, minimize costs, and mitigate environmental impacts throughout the energy chain, from generation to consumption and management of electrical systems. Understanding the growth potential of this sector and comprehending the application of these technologies is crucial for the decision-making of entrepreneurs interested in entering this market niche. Hence, this work seeks to compile an informative overview, aimed at facilitating the dissemination of existing knowledge on this subject in an easily comprehensible and inclusive manner.

Keywords: technological evolution, electric energy, renewable sources, cleantechs, internet of things.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS DE IOT.....	11
1.1 - HISTÓRIA E CONCEITOS ESSENCIAIS DA IOT.....	11
1.1.1 - REDES.....	12
Figura 1 - Camadas do modelo TCP/IP.....	13
1.1.2 - COMUNICAÇÕES M2M.....	13
1.2 - PRINCIPAIS USOS E APLICAÇÕES.....	14
1.3 - COMPONENTES DA IOT.....	15
1.4 - IOT EM ÂMBITO INTERNACIONAL.....	16
1.5 - IOT EM ÂMBITO NACIONAL.....	17
CAPÍTULO 2 - REDES DE ENERGIA ELÉTRICA INTELIGENTES.....	18
2.1 - CONCEITOS ESSENCIAIS DE REDES INTELIGENTES.....	18
2.2 - PRINCIPAIS USOS E APLICAÇÕES.....	18
2.3 - IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS.....	21
Figura 3 - Sistema de Redes Inteligentes.....	22
Tabela 1 - Comparação rede atual com RI.....	23
Figura 4 - Valor presente dos benefícios e custos (R\$ Bilhões) do cenário considerado adequado (6).....	26
Figura 5 - Valor Presente total dos custos e dos benefícios do cenário. 27	
considerado adequado (6).....	27
CAPÍTULO 3 - CONCEITO DE CLEANTECHS.....	30
3.2 - PRINCIPAIS RAMOS E EXEMPLOS DE CLEANTECHS.....	31
3.3 - IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS.....	33
CAPÍTULO 4 - COMUNICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO EM SISTEMAS DE GERAÇÃO.....	35
4.1 - ARQUITETURA DA IOT APLICADA À GERAÇÃO E GESTÃO DE ENERGIA	35
4.2 - PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS IOT.....	35
4.3 - SEGURANÇA E PRIVACIDADE NA INTEGRAÇÃO DA IOT.....	36
Figura 7 - Plataforma Fusion para monitoramento de UFV.....	38
Figura 8 - Plataforma Enphase para monitoramento de UFV.....	39
Figura 10 - Dashboard de monitoramento de UFV.....	40
Figura 11 - Interface do aplicativo PV Operation para Android.....	41
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas do modelo TCP/IP.....	14
Figura 2 - Organograma que compõem áreas abrangentes do sistema de Redes Inteligentes.....	20
Figura 3 - Sistema de Redes Inteligentes.....	23
Figura 4 - Valor presente dos benefícios e custos (R\$ Bilhões) do cenário considerado adequado (6).....	26
Figura 5 - Valor Presente total dos custos e dos benefícios do cenário considerado adequado (6).....	27
Figura 6 - Saldo anual custos e benefícios anuais totais do cenário considerado adequado (6).....	27
Figura 7 - Plataforma Fusion para monitoramento de UFV.....	36
Figura 8 - Plataforma Enphase para monitoramento de UFV.....	37
Figura 9 - Plataforma Growatt para monitoramento de UFV.....	37
Figura 10 - Dashboard de monitoramento de UFV.....	38
Figura 11 - Interface do aplicativo PV Operation para Android.....	39
Figura 12 - Interface do aplicativo PV Operation para Android no painel de operação.....	40
Figura 13 - Inversor com falha em uma UFV.....	41
Figura 14 - Operação de uma UFV que está funcionando corretamente.....	42

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela 1 - Comparação rede atual com RI.....</u>	<u>23</u>
<u>Tabela 2 - Riscos e ameaças de ataques cibernéticos.....</u>	<u>35</u>

1. INTRODUÇÃO

A nova configuração que estamos vivenciando em nosso dia a dia, de um mundo cada vez mais interconectado e imerso em tecnologias digitais, está provocando avanços em todos os setores da sociedade. O fenômeno da "Industrialização 4.0", como é chamada a atual transformação pela qual as empresas estão passando, promove a adoção de tecnologias de interconexão de componentes e objetos com o intuito de trocar informações simultaneamente e automatizar atividades em toda a cadeia produtiva.

O crescimento da utilização de fontes renováveis para a geração de energia elétrica na matriz energética no Brasil e em todo o mundo, provocou uma transformação na lógica tradicional de funcionamento do setor energético. As atividades deixaram de ser centralizadas em espaços fechados e passaram a ser dispersas em ambientes ao ar livre e em inúmeras empresas microgeradores de energia elétrica, tornando a dinâmica de gestão e controle da rede mais complexa.

Resultante desse cenário revolucionário de transformação digital no setor energético, de aumento da demanda por adoção de processos mais ecológicos, de aumento da complexidade de gerenciamento do sistema elétrico nacional, e de redução de custos operacionais, surgem oportunidades para empresas de novas tecnologias baseadas em *Business Intelligence* (BI), Inteligência Artificial (IA), Computação em Nuvem e Internet das Coisas (IoT).

Dessa forma, tem-se testemunhado um cenário de mudança radical no panorama energético global, impulsionado por uma combinação de fatores, que incluem avanços tecnológicos, preocupações ambientais crescentes e uma demanda por fontes de energia mais sustentáveis e eficientes, as quais possibilitam maior independência dos sistemas de geração tradicionais, como Usinas Hidrelétricas e Termelétricas. Nesse contexto, a transição para fontes de energia renovável tem emergido como uma necessidade premente, à medida que o mundo enfrenta os desafios da mudança climática e busca reduzir sua dependência dos combustíveis fósseis. No epicentro dessa transformação energética encontra-se a Internet das Coisas (IoT), uma tecnologia disruptiva que oferece uma gama de

soluções inovadoras para a geração e gestão de energia elétrica renovável. (Alves, 2022)

A IoT, um conceito que evoluiu rapidamente nas últimas décadas, refere-se à interconexão de dispositivos físicos por meio da internet, possibilitando a coleta, troca e análise de dados em tempo real. Com a difusão de sensores inteligentes, ou seja, dispositivos que possuem maior autonomia, dependendo de pouca intervenção de seres humanos, dispositivos conectados e sistemas de comunicação avançados, a IoT oferece uma nova dimensão de conectividade e controle sobre uma vasta gama de dispositivos e processos. Essa capacidade de monitoramento e automação em tempo real tem implicações profundas em diversos setores, incluindo saúde, agricultura, indústria e, especialmente, energia. (Alves, 2022)

A geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis - como solar, eólica, hidrelétrica, biomassa e geotérmica - tem testemunhado um crescimento significativo nas últimas décadas, impulsionada por avanços tecnológicos, políticas governamentais favoráveis e uma crescente conscientização ambiental. No entanto, a transição para uma matriz energética baseada em fontes renováveis apresenta desafios únicos, incluindo a intermitência da geração, ajustes nas fontes de geração de energia tradicionais dado à variabilidade climática e a necessidade de integração com as redes elétricas convencionais. É neste ponto que a IoT surge como uma ferramenta fundamental, oferecendo soluções inteligentes para superar esses desafios e otimizar a eficiência operacional de sistemas de energia renovável. (OLIVEIRA, 2017)

Ao integrar sensores, dispositivos conectados e sistemas de análise de dados, a IoT permite uma monitorização precisa e em tempo real de toda a cadeia de valor da energia renovável. Desde a captura e conversão da energia até sua distribuição e consumo final, a IoT oferece ideias valiosas e oportunidades de otimização que antes eram inimagináveis. Isso inclui a capacidade de prever e mitigar falhas, ajustar a produção conforme as condições climáticas e demandas de mercado, e maximizar a eficiência operacional em toda a infraestrutura energética.

Este trabalho propõe-se a explorar os fundamentos teóricos da integração da IoT na geração e gestão de energia elétrica renovável. Serão abordados aspectos como a arquitetura da IoT aplicada a sistemas energéticos, protocolos de comunicação, tecnologias de sensoriamento e medição, bem como questões de segurança e privacidade. Além disso, serão apresentados casos de uso e estudos de caso práticos, demonstrando como a IoT está sendo implementada e os impactos que está gerando no campo da energia renovável.

Por meio desta investigação, busca-se não apenas compreender os benefícios e desafios da integração da IoT na energia renovável, mas também identificar oportunidades para aprimorar e expandir essas soluções. Em um momento de transição energética global e crescente urgência em mitigar as mudanças climáticas, a IoT oferece uma promissora perspectiva de avanço em direção a sistemas energéticos mais sustentáveis, resilientes e eficientes, dado que possibilita sistemas mais autônomos, capazes de melhorar a operação de geração de energia.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS DE IOT

1.1 - HISTÓRIA E CONCEITOS ESSENCIAIS DA IOT

Internet das Coisas, em inglês "*Internet of Things*" (IoT), refere-se a tecnologia que possibilita a conexão virtual de diversos dispositivos e objetos para compartilhamento de informações que propiciem a interação em tempo real para automatização de processos, monitoramento remoto e gestão inteligente de operações ao usuário. A IoT utiliza a internet e a computação em nuvem para transmitir, armazenar e processar dados, além de usufruir da Inteligência Artificial para melhorar a eficiência dos processos e a previsibilidade de padrões.

As empresas gestoras de ativos de energia elétrica, com o intuito de otimizar a organização e acesso a todas as informações do sistema sob sua responsabilidade, reduzir custos, monitorar perdas e aumentar a eficiência das operações, estão adotando cada vez mais a implantação da tecnologia de IoT. Com ela é possível realizar a conexão entre os diversos sensores, equipamentos, ferramentas, gateways, dataloggers, sistemas e plataformas em nuvem para monitorar todos os pontos dos processos de geração, distribuição e consumo de energia elétrica.

A integração da IoT nas Smart Grids cria um ambiente interconectado e inteligente, onde sensores em equipamentos de geração, distribuição e consumo coletam e transmitem dados precisos e preciosos para auxiliar na tomada de decisões. (GIRAL-RAMÍREZ; MAURÍCIO; et al, 2017)

1.1.1 - REDES

Para falar de redes, necessita-se de entender o conceito de comunicação de dados. Define-se tal informação como troca de informações entre dispositivos constituídos de hardware e software. Outro conceito importante de redes é o conceito de protocolo de comunicação, sendo esse um conjunto de regras que organiza a comunicação de dados entre dispositivos e garante a entrega, confiabilidade e tempo de atraso tolerável. (BARCELOS, 2018)

Alguns conceitos pertinentes para compreensão de redes são listados abaixo:

- Entrega: Garantia que a informação será entregue somente ao destino correto;
- Confiabilidade: O sistema precisa garantir que os dados serão entregues íntegros;
- Tempo de atraso: Os dados precisam ser entregues dentro de um prazo pré-determinado, pois dados em atraso são pouco, ou nada, desejados.

Para o estudo de comunicação de dados serão explorados os conceitos de mensagem, transmissor, receptor e meio físico, listados abaixo:

- Mensagem: Informação a ser transmitida;
- Transmissor: É o dispositivo responsável por enviar a mensagem, seja por meio de sinais analógicos ou digitais;
- Receptor: É o dispositivo que recebe a mensagem enviada pelo transmissor;
- Meio físico: Caminho físico por onde a mensagem é propaganda.

Um dos protocolos mais utilizados para comunicação entre dispositivos é o TCP/IP (*Transmission Control Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão). Por meio deste protocolo de comunicação, tem-se transmissão de dados que possibilitam controle de dispositivos, monitoramento, consequentemente proteção e análise de dados de sistemas industriais e residenciais, conforme é visto na Figura 1 (KUROSE, 2010).

Figura 1 - Camadas do modelo TCP/IP



(KUROSE, 2010)

1.1.2 - COMUNICAÇÕES M2M

O conceito de M2M (Machine-to-Machine) trata-se de comunicação entre máquinas, ou seja, sinais elétricos ou troca de dados por meio de protocolos de comunicação. Para exemplificar um dos usos, pode-se pensar no sistema de alarmes de uma UHE (Usina Hidrelétrica), quando uma turbina está com sobretensão, é informado ao CLP (Controlador Lógico Programável), que ativa um dispositivo de proteção. O papel de M2M é permitir a um dispositivo trocar informações com um segundo dispositivo, sendo que tal troca de dados pode ser feita por cabeamento ou sem fio. Alguns dispositivos precisam de um intermediário para que os dados transmitidos sejam convertidos, ou reinterpretados, para que o dispositivo receptor consiga utilizar o dado de maneira correta. (MARTINS; ZEM, 2015)

1.2 - PRINCIPAIS USOS E APLICAÇÕES

A IoT tem emergido como uma tecnologia transformadora com o potencial de revolucionar diversos setores industriais e sociais. Tem-se uma breve análise do impacto e das aplicações da IoT em setores-chave, como saúde, agricultura, indústria, cidades inteligentes e transporte. Explorou-se como a IoT está remodelando processos existentes e criando novas oportunidades em cada setor. (KRISHNAN et al., 2020)

Na área da saúde, a IoT está impulsionando a transformação digital ao permitir o monitoramento remoto de pacientes, a gestão eficiente de recursos hospitalares e a personalização do atendimento médico. Dispositivos vestíveis e sistemas de monitoramento remoto conectados estão permitindo que os pacientes monitorem continuamente seus sinais vitais e compartilhem esses dados com profissionais de saúde em tempo real. Além disso, hospitais estão implementando sistemas de IoT para rastrear equipamentos médicos, otimizar fluxos de trabalho e melhorar a eficiência operacional. (GOLPIRA e BAHRAMARA 2020)

Na agricultura, a IoT está desempenhando um papel crucial na modernização e otimização das práticas agrícolas. Sensores IoT instalados em campos agrícolas têm-se utilizado estações meteorológicas as quais podem medir uma variedade de

parâmetros, como umidade do solo, temperatura, umidade do ar e intensidade da luz solar, fornecendo aos agricultores ideias valiosas para otimizar o cultivo e o uso de recursos. Além disso, sistemas de irrigação inteligente baseados em IoT podem ajustar automaticamente o fornecimento de água com base nas necessidades das plantas e nas condições climáticas. (SANTOS, 2020)

Na indústria, a IoT está revolucionando os processos de produção e manufatura, permitindo a automação inteligente, manutenção preditiva e otimização de operações. Sensores IoT instalados em máquinas industriais podem monitorar sua condição operacional, detectar falhas iminentes e prevenir paradas não planejadas. Além disso, a IoT está sendo aplicada em operações de logística e cadeia de suprimentos para rastrear ativos, monitorar inventário em tempo real e otimizar rotas de entrega. (SILVEIRA, 2021)

Nas cidades inteligentes, a IoT está desempenhando um papel fundamental na construção de ambientes urbanos mais conectados e eficientes. Sensores IoT instalados em infraestruturas como iluminação pública, redes de água e transporte público permitem monitoramento em tempo real e gestão eficiente de recursos. Além disso, a IoT está sendo utilizada para melhorar a segurança pública, com sistemas de monitoramento de vídeo e reconhecimento facial. (SOUZA, 2022)

No setor de transporte, a IoT está promovendo a mobilidade inteligente e conectada, possibilitando o monitoramento e a gestão eficiente de frotas de veículos, sistemas de transporte público e infraestrutura viária. Dispositivos IoT instalados em veículos podem coletar dados sobre desempenho, localização e condições de tráfego, permitindo uma gestão mais eficiente da frota e uma melhor experiência para os usuários. Além disso, sistemas de transporte público baseados em IoT podem fornecer informações em tempo real sobre horários de ônibus e trens, ajudando os passageiros a planejar rotas mais eficientes (TOVAR, 2019)

A transformação de processos impulsionada pela IoT está criando novas oportunidades de negócio e modelos de serviço inovadores. A capacidade de coletar e analisar grandes volumes de dados gerados por dispositivos conectados está possibilitando a personalização de produtos e serviços, resultando em maior

satisfação do cliente e vantagem competitiva para as empresas. Ao mesmo tempo, a IoT está abrindo caminho para a criação de novos ecossistemas e parcerias colaborativas entre empresas de diferentes setores, impulsionando a inovação e o crescimento econômico.

1.3 - COMPONENTES DA IOT

O conceito de IOT (*Internet Of Things*) pode ser entendido como um sistema em rede, dinâmico, distribuído e automático em sua aquisição de dados (Miorandi et al., 2012; Tan & Wang, 2010). Para que sejam realizadas tais medições e haja um monitoramento real e coerente, utiliza-se de dispositivos de medição com alta acurácia e precisão, de modo que os valores de erro sejam minimizados (FIALHO, 2002).

Sempre há divergências entre valores medidos e valores teóricos, porém grandezas físicas sempre apresentam as seguintes características:

- Um valor numérico;
- Uma indeterminação;
- Uma unidade (algumas são adimensionais).

Para que sejam dimensionados projetos em diversas áreas de maneiras corretas, deve-se utilizar instrumentos para finalidades específicas, como termopares, para medir temperatura, manômetro para medir de pressão, sensores de contato para medições de nível, conversores A/D e D/A, e transdutores, os quais recebem sinais elétricos para converter em grandezas físicas (FIALHO, 2002).

Um exemplo de aplicação é o monitoramento de áreas de risco como encostas, barragens, pontes e edifícios, devido à vibração. Um acelerômetro microeletromecânico com uma plataforma de processamento de dados, um *gateway*, um servidor e uma plataforma de aplicação são responsáveis por, monitorar uma viga metálica, processar dados medidos, comunicar com servidor para armazenamento em bancos de dados e operar tais dados para fazer previsões e análises a fim de tomar atitudes como manutenção ou interditar locais de risco (FERNANDES; NEVES; RÊGO SEGUNDO, 2021).

1.4 - IOT EM ÂMBITO INTERNACIONAL

A IoT em âmbito internacional possui um avanço em comparação com o Brasil, na Europa, já se tem planos que impulsionam o uso de redes inteligentes, sendo esse o plano 20-20-20, o qual destaca que até 2020 teria sido melhorada a eficiência energética em 20%, e as emissões de CO₂ teriam sido reduzidas em 20% (LAMIN, 2013).

Nos Estados Unidos, em 2009 foram liberados mais de US\$ 3,4 bilhões para que fosse feito investimentos em projetos de redes inteligentes, com investimentos em tecnologia, pesquisa e desenvolvimento e aplicações de IOT (LAMIN, 2013).

Na Índia foi criado um sistema de controle de remédios para que seja atualizada a situação dos medicamentos disponíveis em uma caixa e alertas para avisar que pessoas não autorizadas tentaram retirar remédios sem permissão. (JESUDOSS; DANIEL; RICHARD, 2019)

1.5 - IOT EM ÂMBITO NACIONAL

No Brasil IOT foi elaborado um plano pelo Governo Federal chamado de Plano Nacional de Internet das Coisas, através do Decreto nº 9.854, de 25 de Junho de 2019, o qual é responsável por regular o âmbito da Internet das Coisas. Tal regulamentação foi desenvolvida pensando em preocupações com dados pessoais, possíveis violações e riscos à privacidade (SILVA; JESUS, 2020).

Segundo a consultora *McKinsey Global Institute* no âmbito econômico pode-se prever um ganho de US\$ 50,00 a US\$ 200,00 bilhões até 2025. Segundo o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (2017), o mercado de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) movimentou 15 bilhões de dólares em 2014, um valor de 9,1% do PIB nacional. Quanto ao uso de aparelhos inteligentes, observou-se um aumento de 30% nos anos de 2014 e 2015. Esse valor representa um total de 4,9 milhões de dispositivos conectados nesse período (MOLINARI, 2018).

Ainda que IoT seja sinônimo de avanço tecnológico, há uma necessidade de proteger dados pessoais que podem ser utilizados como mercadoria, dessa forma foi

instaurada a LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados) com intuito de proteger dados pessoais, sendo esses de acordo com o art 5º, incisos I e II da LGPD, dados pessoais são "informações relacionada à pessoa natural identificada ou identificável", como o número do CPF, data de nascimento e número de telefone (SILVA; JESUS, 2020).

CAPÍTULO 2 - REDES DE ENERGIA ELÉTRICA INTELIGENTES

O conceito de RI (Redes Inteligentes) é bem amplo, segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos - DOE, redes inteligentes são “um sistema automatizado, caracterizado por um fluxo bidirecional de energia elétrica e de informações, capaz de monitorar tudo, desde usinas até as preferências dos consumidores. Esse sistema incorpora na rede os benefícios da computação distribuída e da comunicação para oferecer informações em tempo real e permitir o equilíbrio quase instantâneo de oferta e demanda”. Dessa forma, entende-se que o sistema de redes inteligentes é uma nova proposta para a rede elétrica, pois os sistemas de geração, transmissão e distribuição possuem uma estrutura rígida, carece de flexibilidade além de ser um sistema arcaico.

2.1 - CONCEITOS ESSENCIAIS DE REDES INTELIGENTES

Em consonância com esse fenômeno de modernização e digitalização da indústria energética, o conceito de rede inteligente, em inglês “*smart grid*”, está sendo implementado para conferir benefícios às empresas, consumidores e órgãos regulamentadores do setor energético.

O sistema de *smart grid* consiste em uma rede de fornecimento de energia integralmente automatizada, que incorpora na rede de energia tradicional diversos sistemas de informações, conferindo capacidade de monitorar em tempo real a corrente elétrica de maneira bidirecional em todos os pontos dessa rede.

Em uma rede em que o conceito de smart grid está implementado, as operações de geração, transmissão, distribuição, fornecimento e consumo de energia elétrica são coletadas, transmitidas pela internet e analisadas por *big datas* simultaneamente, possibilitando que seja alcançado o gerenciamento ideal de todo o sistema.

2.2 - PRINCIPAIS USOS E APLICAÇÕES

A rede elétrica é definida como o conjunto de todos os aparatos e dispositivos que são utilizados no transporte de energia elétrica até sua estação final, o consumidor. No entanto, é o intermediador entre o sistema de geração e o de

distribuição, além de agregar também outras instâncias como gerenciamento e controle da comercialização de energia, gestão das redes, coordenação da geração entre as diversas unidades (GERALDI, 2013).

Já o sistema de RI possibilita o monitoramento em tempo real, o que possibilita maior portabilidade de componentes da rede elétrica atual, também torna viável o uso de ambientes SCADA (Sistemas de Controle e Supervisão e Aquisição de Dados) de modo que seja possível acompanhar dados de tensão nas linhas, falhas, parâmetros (BERRÍO; ZULUAGA, 2014).

Por se tratar de um novo conceito, tem-se definições diferentes que variam de acordo com a região. Na Europa tem-se a seguinte:

“A rede que poderá integrar de forma inteligente as ações de todos os usuários conectados a ela – geradores, consumidores e qualquer usuário que gere e/ou consuma – entregando, com eficiência, energia de forma sustentável, segura e econômica”

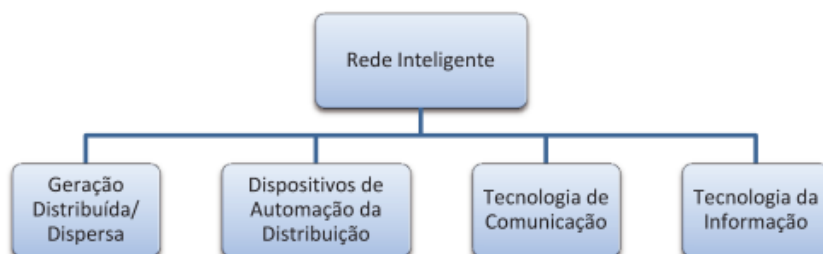
Já nos EUA a definição das RI é descrita como:

“Aquele que vai incorporar tecnologia digital para aumentar a confiabilidade, segurança e a eficiência do sistema elétrico através de trocas de informações, geração distribuída e fontes de armazenamento, resultando em uma rede cujo fornecimento de energia seja completamente automático” (ZHANG, 2011).

Outro fator importante a se levar em conta é que o conceito de RI aborda áreas significativas no mercado, pois engloba o mercado de energia elétrica, telecomunicações e IoT.

O conceito de RI pode ser apresentado como o topo de um organograma, conforme pode ser visto na Figura 2, no qual os conceitos abaixo são as inovações apresentadas na rede elétrica.

Figura 2 - Organograma que compõem áreas abrangentes do sistema de Redes Inteligentes.



Fonte: (GERALDI, 2013)

Esses conceitos são tidos como inovações que aparecem na rede no decorrer de décadas. Seguindo da esquerda para direita nos blocos da Figura 2, tem-se em primeiro lugar a geração distribuída ou dispersa, conceito que recebe esse nome pois tem sua geração em pequena escala, em meios próximos aos quais essa energia será consumida e porque não depende totalmente de usinas de energia centralizadas. Na sua maioria utiliza fontes de energia renováveis como solar, eólica, microturbinas a gás e a biomassa. Dessa forma, traz vantagens em relação ao sistema de distribuição tradicional, pois tem menos perdas na transmissão devido à sua proximidade com as centrais de geração, apresenta menos suscetibilidade a falhas pois é dispersa, de modo que havendo uma falha em um ponto, os demais continuam operando. Além de se tratar de recursos renováveis, dos quais contribuem para a mitigação de mudanças climáticas (HATZIARGYRIOU; ASANO; ET AL, 2007).

Em segundo lugar tem-se dispositivos de automação da distribuição, os quais viabilizam o controle da rede de forma remota, automática, porém que pode ter intervenção humana, como é o caso das religadoras e disjuntores. Tais dispositivos possibilitam que haja a auto-recuperação do fornecimento, conhecido como "*self-healing*", de modo que a interrupção seja reduzida em tempo consideravelmente menor (GERALDI, 2018).

No quesito da área de Tecnologias de Comunicação, como citado anteriormente, protocolos de comunicação, como MODBUS, MQTT e PROFIBUS, são essenciais para comunicações M2M. No quesito das RI, a parte de comunicação diz respeito a vários componentes, dentre eles um de grande importância, os medidores inteligentes, os quais captam dados e também permitem que empresas que operam na rede, como concessionárias ou órgãos reguladores possam ter acesso em diferentes lugares, apenas se conectando com o sistema.

Para os sistemas de Tecnologia da informação (TI), existem diversos tipos de avanços relacionados às RI, pois trabalha com bancos de dados que permitem monitoramento em tempo real, assim possibilita que equipes de manutenção consigam fazer análises preditivas, sobre os períodos de manutenção. Vale citar ferramentas de fluxo de potência, ou de gerenciamento de alimentadores, que realizam previsões sobre o carregamento dos alimentadores.

2.3 - IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS

Em se tratando de questões ambientais, as RI beneficiam o sistema da rede de modo que a geração distribuída seja cada vez mais ampla. Com tais melhorias na rede, espera-se melhor integração de sistemas fotovoltaicos e de geração eólica, de modo que o uso de carros elétricos possa se tornar uma realidade mais acessível, contribuindo para a redução de emissões de carbono (MORETTI; DJOMO; ET AL, 2017).

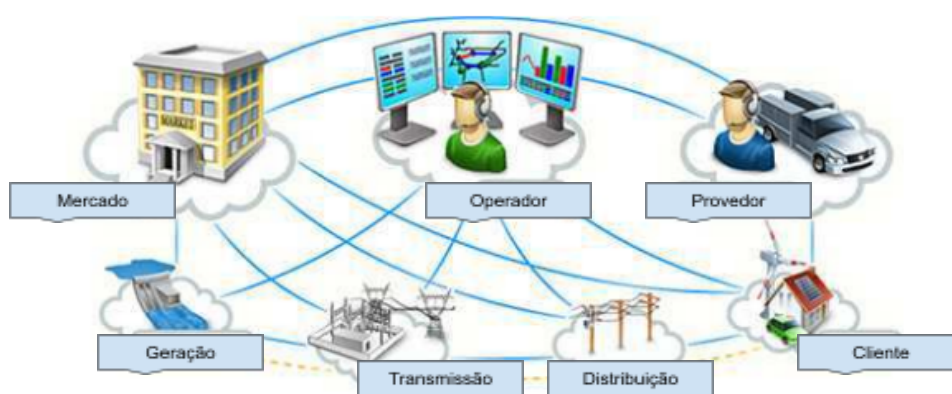
Existem também outros fatores influenciadores, como climático, no qual a energia é diretamente relacionada à emissões de carbono - usinas térmicas e a dependência da sociedade em combustíveis fósseis – que seriam reduzidas a partir de uma aumento da eficiência do uso energético, e com tecnologias menos dependentes de tais combustíveis (GERALDI, 2018).

Com uso das RI, utiliza-se medidores eletrônicos os quais analisam o fluxo de energia que está sendo utilizado, de modo que apresente quais os momentos em que os equipamentos são utilizados, assim torna-se possível que o consumidor

consiga monitorar os horários de maiores consumos de energia e se planejar quanto a esse valor. Outro fato importante dos medidores de fluxo é que aparece na tarifa do consumidor final se a energia que passou pelo medidor foi proveniente da rede ou gerada por um gerador próprio, de modo que o consumidor possa ser ressarcido em formas de desconto nas suas tarifas de energia posteriores (MANDELMAN, 2011).

Entende-se então que o sistema de RI consiste num grande sistema o qual toda a rede elétrica encontra-se integrada como é possível visualizar na Figura 3, há comunicação entre as diversas áreas dos processos de geração, transmissão e distribuição, em que é monitorado e salvo em bancos de dados para análises posteriores, partes essenciais para possibilitar o funcionamento dos processos de auto-recuperação e auto-deteção.

Figura 3 - Sistema de Redes Inteligentes



Fonte: (MANDELMAN, 2011)

As RI funcionam concomitantemente com a rede, porém, com a rede tradicional, havia a Medição Eletrônica Analógica chamada de “*Automated Meter Reading (AMR)*” ou “Leitura Automática do Medidor” que com a RI passa por melhorias e se

encontra sendo uma medição avançada chamada de “*Advanced Metering Management*” (AMM). Suas diferenças ficam explícitas na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação rede atual com RI

REDE EXISTENTE	REDES INTELIGENTES
Eletro-mecânica	Digital
Comunicação em um sentido	Comunicação bidirecional
Geração centralizada	Geração Distribuída
Hierárquica	Não-hierárquica
Poucos Sensores	Muitos sensores
Sem monitoramento	Automonitoramento constante
Restauração manual	Auto-restauração
Falhas e <i>blackouts</i>	Adaptativa
Controle Manual	Controle remoto
Controle limitado	Controle ilimitado

Fonte: Adaptada de (MANDELMAN, 2011)

Essa revolução no setor elétrico, em especial no segmento de distribuição, permite uma série de possibilidades: participação mais ativa dos consumidores, disponibilização de mais informações, prestação de novos serviços, aperfeiçoamento da gestão de ativos, eficiência energética, melhoria da qualidade da energia e o combate de alguns problemas vivenciados no Brasil como, por exemplo, perdas não técnicas. Os benefícios das redes inteligentes espalham-se por

toda a sociedade e abrangem tanto as empresas distribuidoras quanto os consumidores, além de possibilitar ganhos fora do setor elétrico (LAMIN, 2013).

Há dados sobre benefícios econômicos advindos da implementação das RI ao longo de outros países, nos EUA o mercado de tecnologias passará por uma taxa de crescimento anual de mais de 10%, de US\$ 33 bilhões anuais em 2012 para US\$ 73 bilhões até o final de 2020, um total de US\$ 494 bilhões em receita acumulada durante esse período. Para automação doméstica, pode-se estimar gastos de US\$ 613 milhões em 2012 para US\$34,9 bilhões em 2020. Na Europa desde 2005 há diretrizes para melhorar o sistema de distribuição e o conceito de RI é bem instaurado em tais diretrizes. Há um plano conhecido como Plano 20-20-20, o qual diz que a União Europeia deve até 2020 reduzir em 20% as emissões de gases com efeito estufa, elevar para 20% a quota de fontes renováveis no consumo de energia e aumentar em 20% a eficiência energética até 2020 (LAMIN, 2013).

No Brasil, por meio da Análise de Impacto Regulatório - AIR, busca-se mensurar as dificuldades, impactos positivos e negativos, mapear os objetivos e definir quais são os resultados esperados (LAMIN, 2013).

Pela OCDE, será por meio da AIR que tornar-se-á viável mapear o cálculo dos impactos causados por um regulamento. Seu procedimento é feito pela seguinte sequência:

- (1) Diagnóstico do problema a ser enfrentado;
- (2) Levantamento dos objetivos;
- (3) Levantamento dos resultados que espera-se obter;
- (4) Avaliação dos custos e dos benefícios das alternativas de implantação do objeto do regulamento;
- (5) Verificar se dentre as opções, a ação em questão será aquela a qual maximizará os ganhos líquidos para a sociedade (OCDE, 2008).

As principais metodologias em análises de impacto são: custo-benefício, custo-efetividade e multi-critério. Outras possibilidades são análise fiscal ou

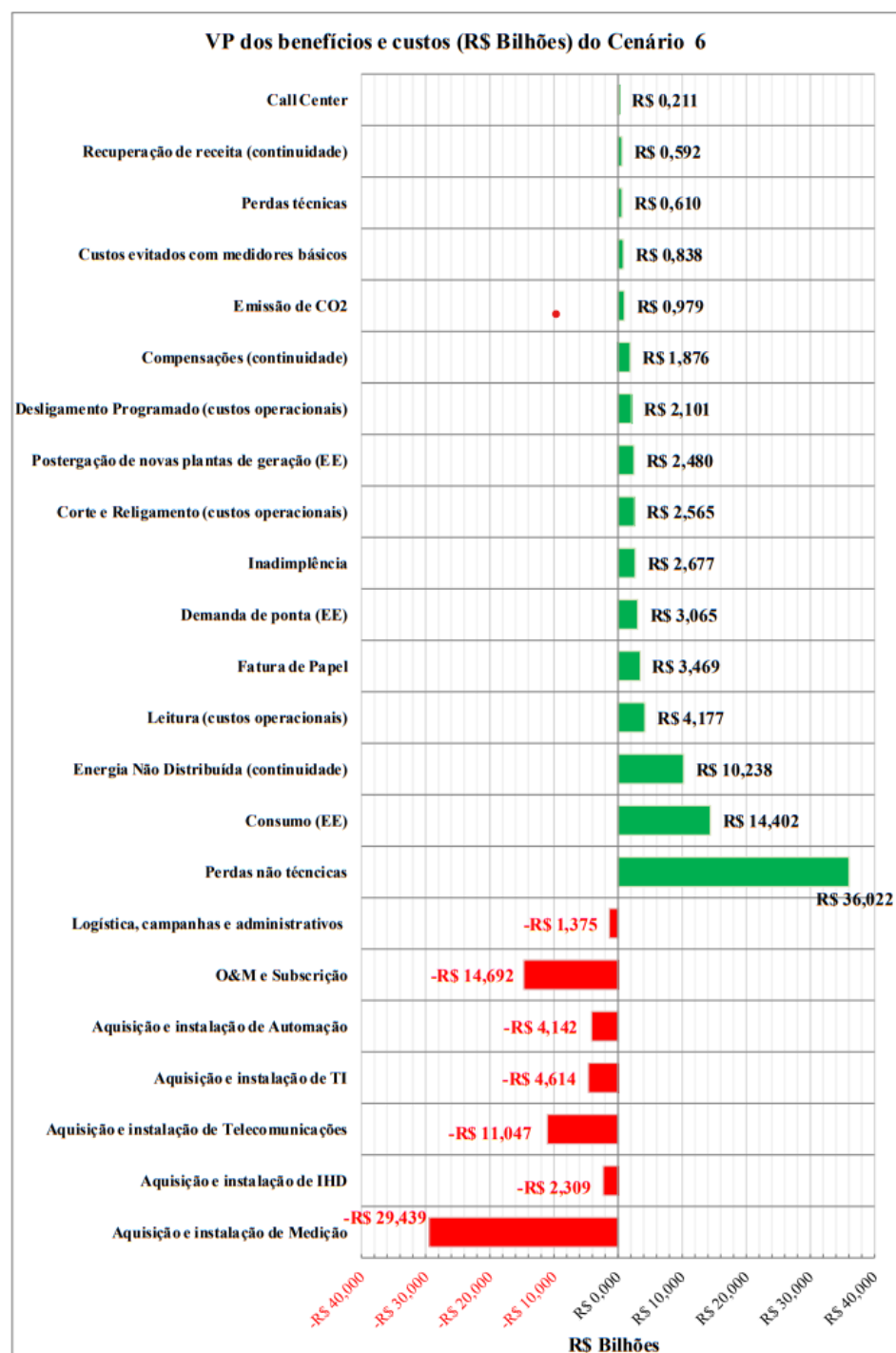
orçamentária, análise de consequência ou efeito e análise de custo de conformidade. Por considerar uma técnica mais completa e mais clara, as referências nacionais e internacionais sugerem que análises de impacto devem aplicar a metodologia de custo-benefício para todas as decisões regulatórias/políticas (PRO-REG, 2010; Aneel, 2011).

Para estimar gastos os quais poderiam ser economizados, bem como o valor que poderia ser ganho, caso não houvesse falhas ou problemas técnicos na rede, levou-se em questão alguns indicadores para serem analisados. Tais indicadores são:

- (1) Redução de Energia não Distribuída (END), levando em consideração a energia que seria distribuída e consumida caso não houvesse apagões;
- (2) Redução de compensações por violação dos limites dos indicadores de continuidade individuais (DIC, FIC, DMIC e DICRI);
- (3) Recuperação de receita, considerando que, se não houvesse um apagão haveria uma cobrança de receita (LAMIN, 2013).

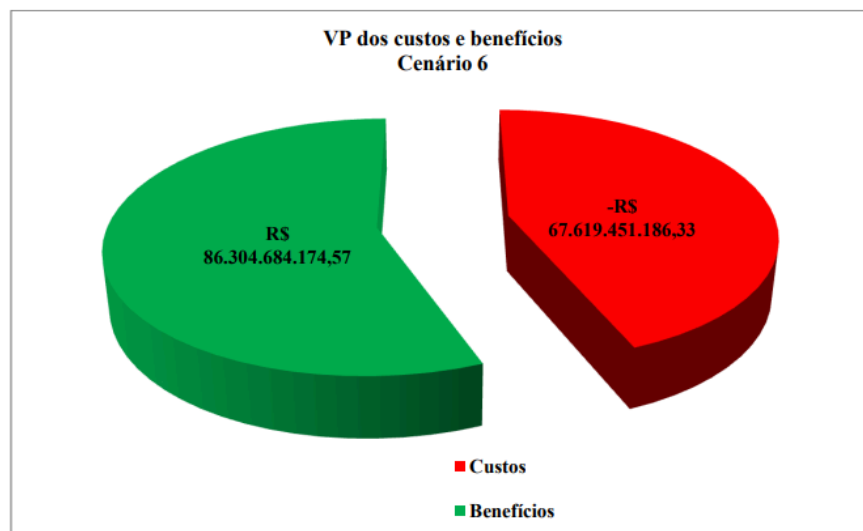
Segundo o caso analisado, considerados 30 anos de tempo de análise, fica discriminado como os custos foram aplicados e como os benefícios são apresentados, tais dados estão presentes nas Figuras 4, 5 e 6.

Figura 4 - Valor presente dos benefícios e custos (R\$ Bilhões) do cenário considerado adequado (6).



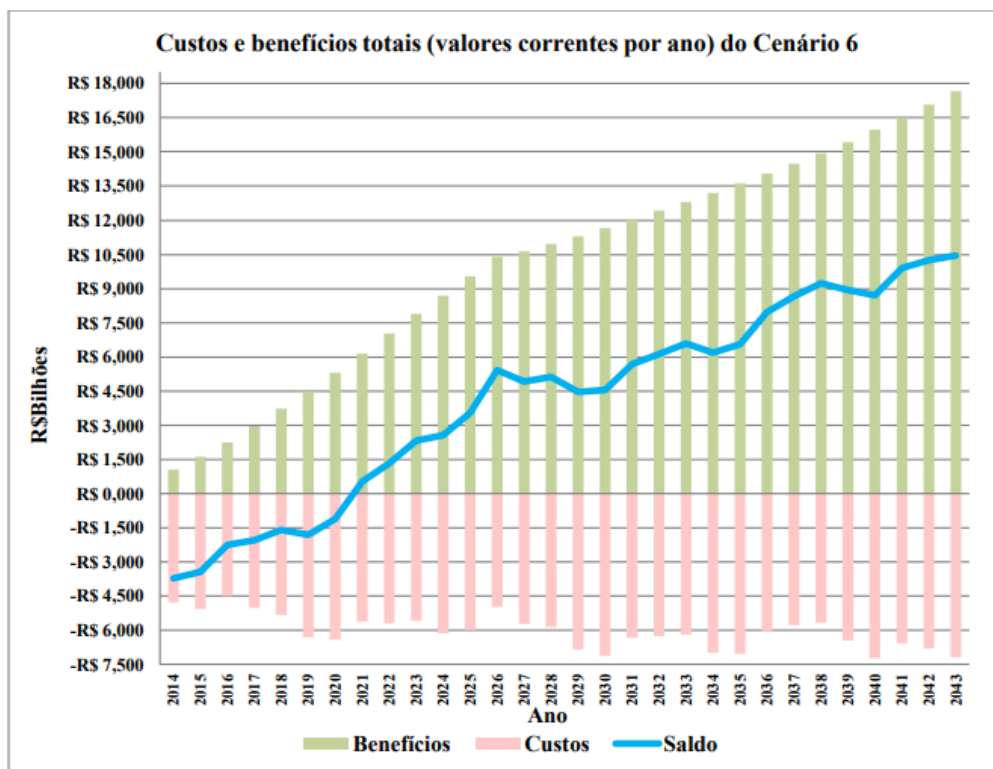
Fonte: (LAMIN, 2013)

Figura 5 - Valor Presente total dos custos e dos benefícios do cenário considerado adequado (6)



Fonte: (LAMIN, 2013)

Figura 6 - Saldo anual custos e benefícios anuais totais do cenário considerado adequado (6)



Fonte: (LAMIN, 2013)

Pela Figura 4, é evidente que os custos significativos estão associados à aquisição dos medidores, operação, manutenção, e à aquisição e instalação dos equipamentos de telecomunicações. Por outro lado, os maiores benefícios estão relacionados às perdas não técnicas, ao consumo de energia elétrica e à continuidade do serviço. Estes dados indicam que os investimentos nessas áreas resultam em receitas e benefícios que superam os custos, conforme ilustrado na Figura 5. Com relação a Figura 6, nota-se que o *Payback*, valor que indica quanto tempo o investimento é pago, é de 7 anos, mas mantém uma tendência de crescimento em benefícios.

2.4 - USO DE IOT EM REDES INTELIGENTES

As empresas gestoras de ativos de energia elétrica, com o intuito de otimizar a organização e acesso a todas as informações do sistema sob sua responsabilidade,

reduzir custos, monitorar perdas e aumentar a eficiência das operações, estão adotando cada vez mais a implantação da tecnologia de IoT. Com ela é possível realizar a conexão entre os diversos sensores, equipamentos, ferramentas, *gateways*, *dataloggers*, sistemas e plataformas em nuvem para monitorar todos os pontos dos processos de geração, distribuição e consumo de energia elétrica.

A integração da IoT nas Smart Grids cria um ambiente interconectado e inteligente, onde sensores em equipamentos de geração, distribuição e consumo coletam e transmitem dados precisos e preciosos para auxiliar na tomada de decisões.

CAPÍTULO 3 - CONCEITO DE CLEANTECHS

O aumento da população global e o consequente crescimento da demanda por recursos naturais têm gerado preocupações significativas sobre o impacto das atividades humanas no meio ambiente. Nesse contexto, a busca por soluções sustentáveis tornou-se uma prioridade urgente. As *cleantechs* surgem como uma resposta promissora para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos, oferecendo tecnologias inovadoras e ambientalmente amigáveis para mitigar os impactos negativos das atividades humanas no ecossistema.(NORONHA, 2022)

O termo "*cleantechs*" é derivado da combinação das palavras "*clean*" (limpo) e "*technology*" (tecnologia). Refere-se a um amplo espectro de tecnologias e práticas projetadas para reduzir o consumo de recursos naturais, minimizar a geração de resíduos e mitigar a poluição. Essas tecnologias abrangem áreas como energia renovável, eficiência energética, gestão de resíduos, transporte sustentável, agricultura de precisão e conservação de recursos hídricos. O objetivo central das *cleantechs* é promover o desenvolvimento econômico sustentável enquanto protege e preserva o meio ambiente. (NORONHA, 2022)

A relevância das *cleantechs* na busca por soluções sustentáveis é indiscutível. Essas tecnologias desempenham um papel crucial na transição para uma economia de baixo carbono e na redução das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, oferecem oportunidades significativas para a criação de empregos verdes, impulsionando a inovação e a competitividade econômica. Ao priorizar a eficiência e a sustentabilidade, as *cleantechs* contribuem para a resiliência das comunidades frente às mudanças climáticas e promovem um desenvolvimento mais equitativo e inclusivo. (SABOURIN, 2018)

No entanto, apesar de seu potencial transformador, as *cleantechs* enfrentam desafios significativos. Barreiras regulatórias, financeiras e tecnológicas podem dificultar sua adoção e implementação em larga escala. Além disso, a falta de conscientização e o ceticismo em relação à eficácia dessas tecnologias também representam obstáculos para sua disseminação.

Para maximizar o potencial das *cleantechs*, é crucial o engajamento colaborativo de governos, empresas e sociedade civil. É necessário criar políticas e regulamentações que incentivem a adoção e o investimento em *cleantechs*, bem como promover a conscientização e a educação sobre sua importância e benefícios. Além disso, é fundamental apoiar o desenvolvimento e a comercialização de tecnologias limpas, bem como investir em pesquisa e desenvolvimento para impulsionar a inovação nesse campo.

O setor energético está em constante expansão e desenvolvimento no Brasil. De acordo com o Mapeamento do Ecossistema de Startups de *Cleantech*, foram identificadas 136 *cleantechs* em atividade. A maioria dessas empresas estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste, tendo como destaque o estado de São Paulo que abriga 43% dessas empresas.

Em suma, as *cleantechs* representam uma abordagem promissora para enfrentar os desafios ambientais globais e promover um desenvolvimento sustentável. No entanto, para alcançar seu pleno potencial, é necessário um compromisso coletivo com a adoção e a promoção dessas tecnologias inovadoras. A colaboração entre diversos atores, juntamente com políticas e investimentos adequados, é essencial para criar um futuro mais sustentável e resiliente para as gerações futuras.

3.1 - PRINCIPAIS RAMOS E EXEMPLOS DE CLEANTECHS

As *cleantechs* abrangem uma ampla gama de ramos de atividade, cada um focado em resolver desafios ambientais específicos. Abaixo estão alguns dos principais ramos de atividade em que as *cleantechs* operam, juntamente com exemplos de empresas que são reconhecidas como *cleantechs* em cada setor:

1. Energia Renovável:

Empresas neste setor desenvolvem e implementam tecnologias para a geração de energia a partir de fontes renováveis, como solar, eólica, hidrelétrica, biomassa e geotérmica. A Tesla é conhecida por seus veículos elétricos, baterias de armazenamento e sistemas de energia solar.

2. Eficiência Energética:

Cleantechs neste segmento estão focadas em desenvolver soluções para otimizar o uso de energia em edifícios, indústrias e infra estruturas. A *Nest Labs* é conhecida por seus termostatos inteligentes e sistemas de gerenciamento de energia residencial.

3. Gestão de Resíduos:

Empresas nesta área desenvolvem tecnologias e serviços para otimizar a coleta, reciclagem e disposição final de resíduos sólidos. A *Rubicon Global* é uma empresa de tecnologia de gestão de resíduos que utiliza dados e análises para melhorar a eficiência e a sustentabilidade dos serviços de resíduos.

4. Transporte Sustentável:

Cleantechs neste setor estão focadas em desenvolver veículos e sistemas de transporte que reduzem as emissões de gases de efeito estufa e minimizam o impacto ambiental. A BYD é uma empresa chinesa que fabrica veículos elétricos, ônibus elétricos e sistemas de armazenamento de energia.

5. Agricultura Sustentável:

Empresas neste segmento desenvolvem tecnologias para promover a produção de alimentos de forma mais eficiente e sustentável, reduzindo o consumo de água, energia e insumos agrícolas. A *AeroFarms* é uma empresa de agricultura vertical que utiliza técnicas de cultivo indoor para produzir alimentos de forma mais eficiente e sustentável.

6. Conservação de Recursos Hídricos:

Cleantechs neste setor desenvolvem tecnologias para monitoramento, tratamento e conservação de recursos hídricos, incluindo sistemas de purificação de água, monitoramento de qualidade da água e gestão de redes de distribuição de água. A Xylem é uma empresa global de tecnologia de água que fornece soluções

inovadoras para ajudar a resolver os desafios relacionados à água em todo o mundo. Empresa Exemplo: Xylem Inc.

Esses exemplos ilustram a diversidade de setores em que as cleantechs operam e demonstram como essas empresas estão trabalhando para promover soluções sustentáveis em diferentes aspectos da sociedade.

3.2 - IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS

As cleantechs desempenham um papel fundamental na redução dos impactos ambientais e na criação de oportunidades econômicas significativas. Abaixo está uma análise detalhada de como essas tecnologias contribuem para ambos os aspectos:

3.2.1 - REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS:

(1) Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE): Cleantechs, especialmente aquelas voltadas para energia renovável e transporte sustentável, ajudam a reduzir as emissões de GEE ao substituir fontes de energia fósseis por fontes renováveis e ao promover o uso de veículos elétricos. Isso contribui diretamente para mitigar as mudanças climáticas e seus efeitos adversos.

(2) Conservação de Recursos Naturais: Tecnologias de eficiência energética e gestão de recursos, como sistemas de iluminação LED, monitoramento de consumo de água e otimização de processos industriais, permitem um uso mais eficiente de recursos naturais, como energia e água, reduzindo assim a pressão sobre os ecossistemas.

(3) Minimização de Resíduos e Poluição: Cleantechs voltadas para gestão de resíduos e processos de produção mais limpos ajudam a minimizar a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, bem como a poluição do ar, água e solo. Isso contribui para a preservação da biodiversidade e da saúde humana.

(4) Promoção da Economia Circular: Tecnologias de reciclagem, reutilização e remanufatura ajudam a fechar o ciclo de materiais, reduzindo a dependência de

recursos virgens e minimizando a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários ou incinerados.

3.2.2 - CRIAÇÃO DE OPORTUNIDADES ECONÔMICAS:

(1) Criação de Empregos Verdes: A expansão das cleantechs cria uma demanda por trabalhadores qualificados em áreas como engenharia ambiental, energia renovável, gestão de resíduos, tecnologia da informação e agricultura sustentável, gerando assim empregos verdes e oportunidades de crescimento profissional.

(2) Estímulo à Inovação e Competitividade: O investimento em cleantechs impulsiona a inovação tecnológica e o desenvolvimento de novas soluções, tornando as empresas mais competitivas em mercados emergentes e fomentando um ambiente propício à criatividade e ao empreendedorismo.

(3) Redução de custos operacionais: Tecnologias de eficiência energética e gestão de recursos ajudam as empresas a reduzir seus custos operacionais a longo prazo, através da diminuição do consumo de energia, água e matérias-primas, bem como da minimização de despesas relacionadas à gestão de resíduos e conformidade regulatória.

(4) Acesso a Novos Mercados e Oportunidades de Exportação: Empresas que desenvolvem e implementam cleantechs podem expandir seus mercados para além das fronteiras nacionais, aproveitando as oportunidades de exportação e colaboração internacional em projetos de sustentabilidade

3.3 CONCLUSÃO SOBRE CLEANTECHS

Em resumo, as cleantechs não apenas contribuem para a redução dos impactos ambientais negativos, mas também oferecem oportunidades econômicas significativas, impulsionando o crescimento sustentável e a resiliência das economias locais e globais. O investimento contínuo nessas tecnologias é essencial para enfrentar os desafios ambientais e econômicos do século XXI.

CAPÍTULO 4 - COMUNICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO EM SISTEMAS DE GERAÇÃO

Comunicação em sistemas de geração trata-se de como será o sistema pela o qual dados serão transmitidos entre dispositivos. Para que isso seja possível é necessária uma arquitetura a qual viabiliza a implementação.

4.1 - ARQUITETURA DA IOT APLICADA À GERAÇÃO E GESTÃO DE ENERGIA

A arquitetura de IoT representa o modelo como serão relacionados os dispositivos de medição, sistemas de aquisição de dados, sistemas de comunicação e a interface homem-máquina, essa que diz respeito a como os operadores lidam com as informações fornecidas pelos sistemas.

Pode-se notar 4 unidades na estrutura de atuação de dispositivos inteligentes, sendo estas compostas pela unidade de aquisição (sensores), processamento (controlador ou microcontrolador), armazenamento dos dados (manter o registro dos dados "log") e por fim a comunicação com a rede de internet (com ou sem fio) (Santos et al, 2016)

4.2 - PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS IOT

Como sistemas de IoT em sua grande maioria utilizam sistemas computacionais com poder restrito, geralmente são utilizados protocolos de comunicação de modelo *publish/subscribe*, no qual os dispositivos registram (*subscribe*) seus dados no *broker* (servidor o qual recebe e envia os dados para os correspondentes), de modo que tais dados ficam disponíveis para consulta, a qual ocorre por meio de uma publicação (*publish*) (Santos et al, 2016).

A título de supervisionamento e monitoramento, também deve-se contar com os sistemas supervisórios, também chamados de SCADA, estes sistemas são interfaces das quais ocorre a interação entre operador e máquina (IHM) e por meio deste, é possível que um sistema automatizado possa ser supervisionado e/ou controlado, a fim de reduzir custos de desenvolvimento e manutenção (DE MELO et al, 2020)

4.3 - SEGURANÇA E PRIVACIDADE NA INTEGRAÇÃO DA IOT

A digitalização das redes possibilitou trocas de informações de modo rápido, com um grande volume de dados, seja de natureza financeira, desempenho, ou até de operações. No entanto, gerou uma certa maleabilidade no que tange a segurança dessas informações, pois pode apresentar alguns riscos, como fraudes eletrônicas, espionagem, sabotagem, vandalismo, blackouts, códigos maliciosos, hackers, entre outros. (FROTA, 2015)

Para entender alguns dos possíveis riscos e ameaças de ataques cibernéticos pode-se olhar a Tabela 2:

Tabela 2 - Riscos e ameaças de ataques cibernéticos

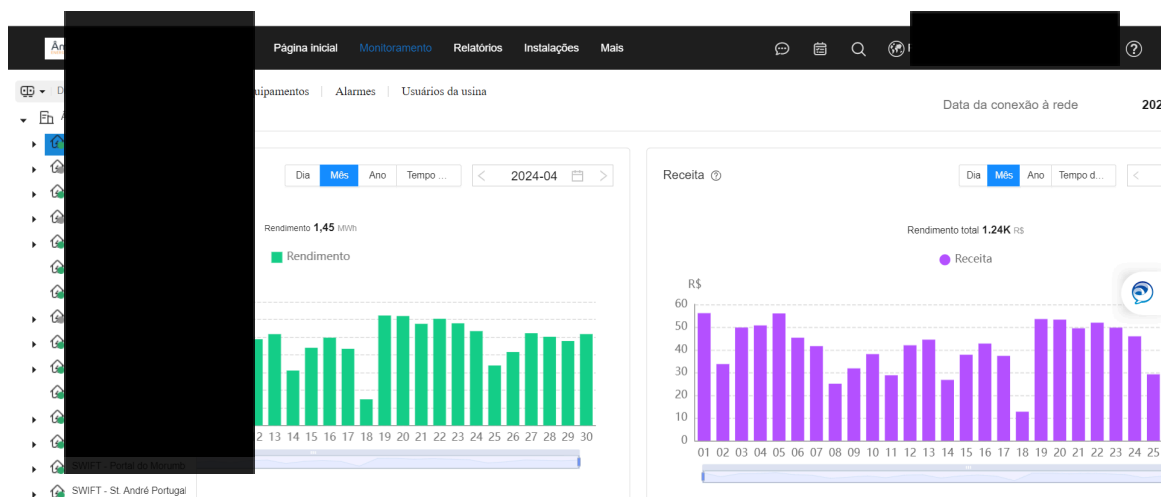
Fontes de ameaça	Motivação	Possíveis Consequências
Hacker, Cracker	Desafio Egocentrismo Protesto Rebeldia Status Dinheiro	Hacking; Engenharia social; Negação de serviço; Pichação de sites; Invasão de sistemas, infiltrações; Acesso não autorizado.
Criminosos digitais	Destruição de informações Acesso a dados sigilosos Divulgação ilegal de informações Ganho monetário Alterações não autorizadas de dados	Atos virtuais fraudulentos(interceptação de dados, ataque homem-no-meio, IP spoofing, etc); Intrusão de sistemas. Suborno por informação; Ataques a sistemas (negação de serviço);
Terroristas	Chantagem Destruição Vingança Exploração Ganho político Cobertura da mídia	Ataques com bombas; Guerra de informação; Ataques a sistemas; Invasão e dominação de sistemas
Espiões	Vantagem competitiva Espionagem competitiva	Garantir vantagem de um posicionamento defensivo; Garantir uma vantagem política; Exploração econômica; Furto de informações; Violação da privacidade das pessoas;

Fonte: Adaptada de (FROTA, 2015).

CAPÍTULO 5 - ESTUDO DE CASO: USO DA PLATAFORMA PV OPERATION PARA ACOMPANHAR OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS

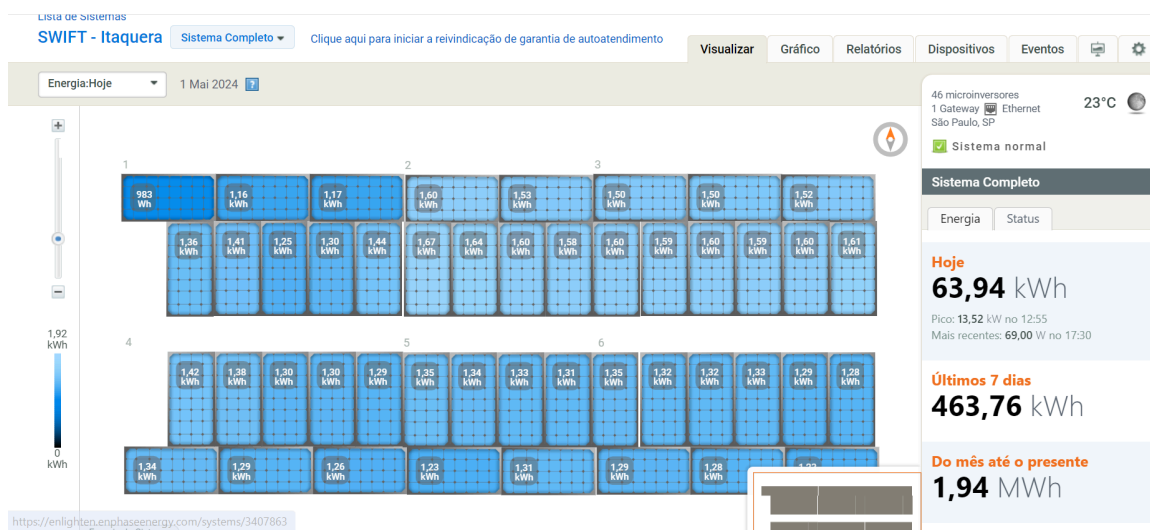
Conforme visto no capítulo 2, a geração distribuída é uma forma de descentralizar a geração de energia, de modo que muitos clientes possam gerar energia para diminuir suas faturas ou até injetar energia na rede e assim conseguir créditos com as concessionárias de energia elétrica. Há casos onde o número de UFV (Usinas Fotovoltaicas) a serem monitoradas é muito expressivo. Tem-se ainda que há uma vasta variedade de inversores no mercado, sendo esses os dispositivos que registram qual foi a potência gerada e os responsáveis por atualizar uma plataforma para que seja realizado o monitoramento, o que implica num difícil processo, dado que há muitas plataformas para serem monitoradas simultaneamente. Para exemplificar tal situação, pode-se observar nas Figuras 7, 8, e 9 diferentes plataformas de monitoramento de UFVs.

Figura 7 - Plataforma Fusion para monitoramento de UFV



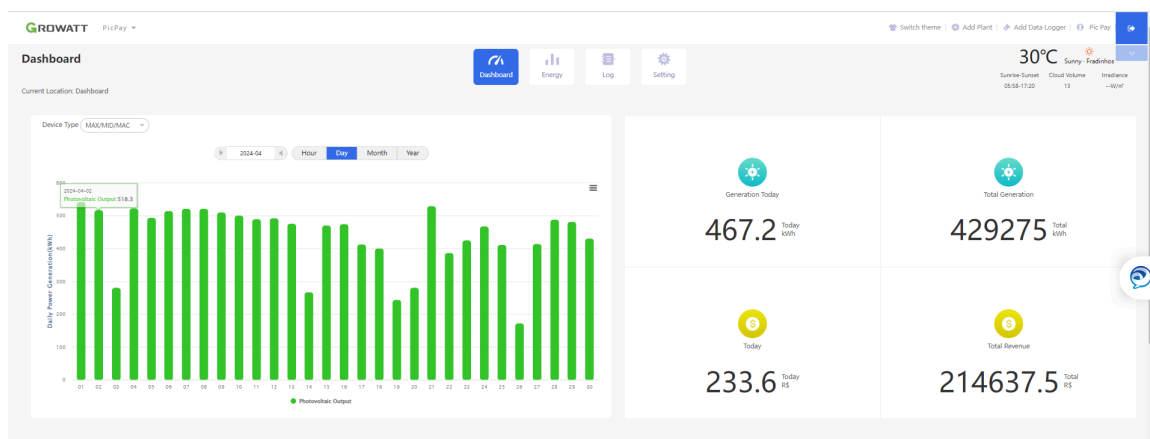
Fonte: O próprio autor.

Figura 8 - Plataforma Enphase para monitoramento de UFV.



Fonte: O próprio autor.

Figura 9 - Plataforma Growatt para monitoramento de UFV.



Fonte: O próprio autor.

A fim de melhorar a forma de monitorar UFVs, busca-se maneiras nas quais utiliza-se IoT para possibilitar melhorias na operação de tais sistemas. Para o caso em questão será analisada a plataforma *PV Operation*, a qual é responsável por realizar monitoramento de UFVs com diferentes tipos de inversores, pois extrai suas

informações de diferentes plataformas, conforme visto nas Figuras 7, 8 e 9. Na Figura 10 pode-se ver um primeiro *dashboard*, ou seja, um painel o qual indica quais UFV estão em manutenção. Na cor roxa, do lado esquerdo, estão situadas quais apresentam alguma falha com o título “Em atendimento”. Na cor vermelha, no centro da página com o título “Falha identificada”, bem como quais sua operação está dentro do desejado, na cor verde, à direita da figura com o título “Conectada”.

Figura 10 - *Dashboard* de monitoramento de UFV



Fonte: Próprio Autor

Nesse painel de operação, pode-se notar alguns elementos de IoT, primeiro que não se trata de um software, instalado em um único computador, onde existiria uma limitação física, pois só seria possível de realizar o monitoramento caso estivesse no local onde o computador estivesse instalado, mas sim de uma plataforma que pode ser acessada de qualquer computador desde que haja conexão com a internet, usuário e senhas de conta para que acesse a plataforma. Além disso, o monitoramento não se restringe ao site, uma vez que é possível utilizar o aplicativo nos celulares com sistema operacional Android e iOS. Nas Figura 11 e 12 vê-se a interface do aplicativo.

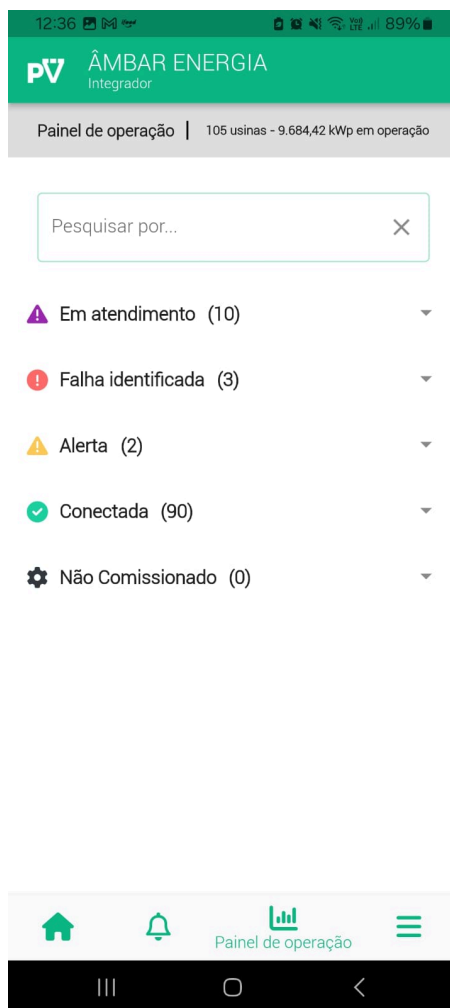
Figura 11 - Interface do aplicativo PV Operation para Android



Fonte: O próprio Autor

Pode-se observar pela Figura 11 os valores financeiros que foram economizados devido a geração, valores de potência referente a 105 usinas, com 9.684,42 kWp e ainda valores referentes a emissão de CO2 evitado, bem como o equivalente de árvores plantadas.

Figura 12 - Interface do aplicativo PV Operation para Android no painel de operação



Fonte: O próprio autor.

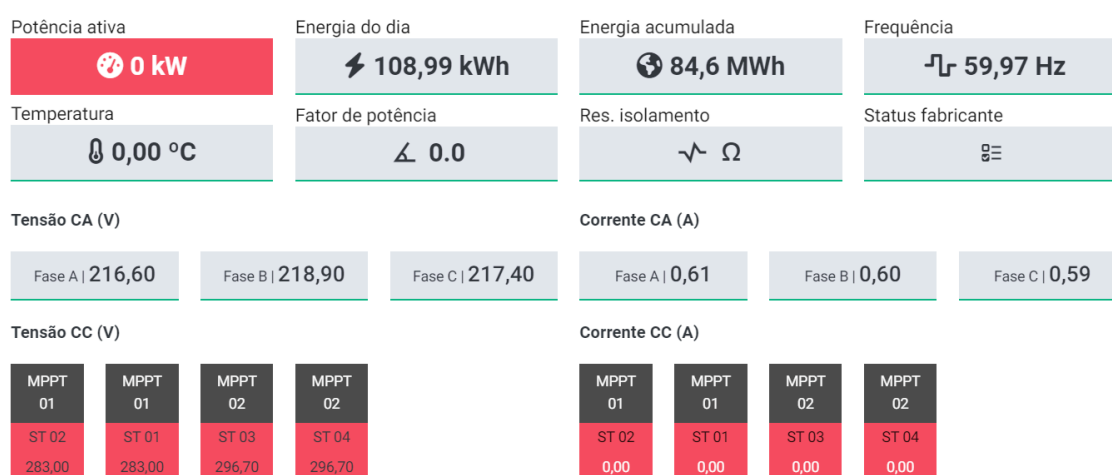
Pode-se detalhar mais o funcionamento da plataforma do *PV Operation*, para que seja compreendida sua efetividade e como o uso de *IoT* é benéfico ao sistema de geração de energia elétrica. Em primeiro momento deve-se entender que o *PV Operation* é responsável por monitorar UFV, dessa forma seu funcionamento dá-se da seguinte maneira:

- (1) O local onde as UFV estão situadas contém inversores, os quais registram a potência de pico em um dado período de tempo. Também registram as falhas e se foi disparado algum alarme.

- (2) Esses registros são gravados em um *data logger*, que seria um registro de ocorrências.
- (3) Esses registros de ocorrências são apresentados no *PV Operation*, de modo que fiquem expostas no *dashboard*

Na Figura 13 são apresentados detalhes de quando um inversor encontra-se operando com falha.

Figura 13 - Inversor com falha em uma UFV



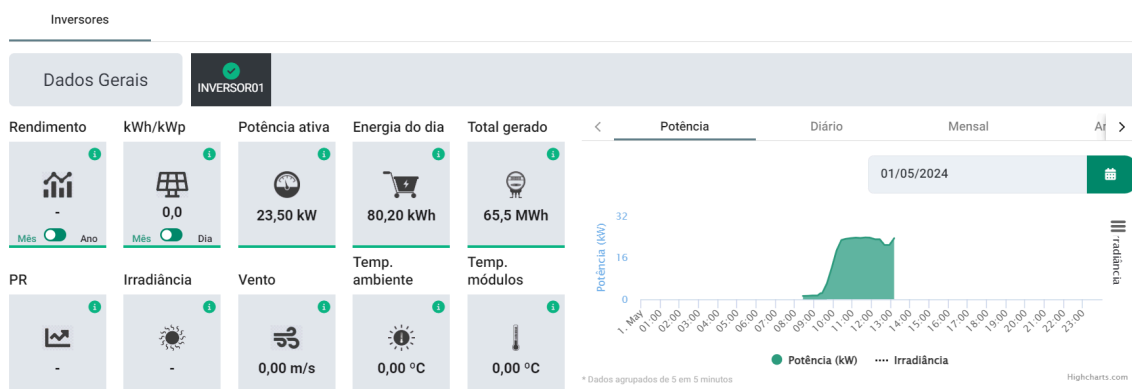
Fonte: O próprio autor.

Como pode-se observar sua potência ativa encontra-se em 0kW, de modo que há uma perda de geração no quadro de 105 usinas analisadas. Assim, é utilizado esse tipo de alerta para que a equipe de O&M (Operação e Manutenção) consiga saber em quais unidades necessitam de manutenção com mais urgência, de modo que seja possível traçar rotas de manutenção mais direcionadas, tornando o itinerário mais direto e fazendo com que os serviços de manutenção melhorem a qualidade do que foi proposto aos clientes, nesse caso uma geração maior ou igual ao que foi proposto na fase de projeto, dadas condições climáticas esperadas.

Para uma análise de uma UFV que esteja operando corretamente analisa-se a Figura 14.

Figura 14 - Operação de uma UFV que está funcionando corretamente

Painel de operação | Usina Botucatu



Fonte: O próprio autor

Observa-se na Figura 14 informações como a potência ativa, energia do dia, energia total gerada no inversor, bem como um gráfico de geração da potência diária em cada hora do dia. Nota-se também a possibilidade de uma análise de PR (*Performance Ratio*) ou Taxa de Desempenho, irradiância, vento e temperatura ambiente e dos módulos, porém para que fosse medidas tais grandezas seria necessário que uma estação solarimétrica com seus sensores devidamente instalados fizesse esse tipo de monitoramento para que fosse comunicado com o PV Operation.

O que fica explícito é que além do fato de ser possível acompanhar o funcionamento de cada usina, há um lugar unificado para que sejam monitoradas todas as usinas de interesse, sendo 10, 100 ou um número desejado de usinas. Tal plataforma possibilita diversas funções, conforme listado abaixo:

- Centralização de informações: Permite visualizar as informações de todas as UFV em um único lugar.
- Relatórios de informações: Registra informações de geração no intervalo mínimo de até 15 minutos de modo que possam ser feitas análises posteriores, sobre taxa de desempenho, energia esperada, rendimento e demais KPIs - *Key Performance Index* ou Indicadores chave de performance.

- Relatório de falhas: Informa quais são as falhas em cada inversor e como isso pode prejudicar o funcionamento da operação.
- Organização das atividades de O&M: Possibilita que a equipe de O&M consiga organizar itinerários mais direcionados de modo a otimizar o tempo de serviço.
- Análises de dados: Possibilita análises preditivas para saber de quanto em quanto tempo deve ser feita manutenção de cada UFV.
- Acessibilidade remota: Torna viável o monitoramento de qualquer lugar do mundo desde que tenha acesso a um celular com sistema operacional Android iOS ou um computador, com conexão à internet e acesso liberado à plataforma.

CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

A aplicação conjunta de Smart Grids e IoT na geração, distribuição e gestão de energia elétrica renovável oferece diversas vantagens. Em termos econômicos, essa abordagem permite o uso eficiente de recursos energéticos, evitando desperdícios e otimizando a alocação de geração em tempo real. Isso resulta em redução de custos operacionais e melhoria da qualidade do serviço, já que os sistemas podem se adaptar às variações na demanda e nas condições de geração.

Além disso, a introdução de fontes de energia renovável, como solar e eólica, é facilitada pela implementação dessas tecnologias. A IoT possibilita o monitoramento preciso da produção e disponibilidade dessas fontes, contribuindo para a estabilidade da rede e aumentando a participação dessas energias no mix energético. Isso, por sua vez, reduz as emissões de gases de efeito estufa, promovendo a sustentabilidade ambiental e o cumprimento de metas de redução de carbono.

Apesar das inúmeras vantagens, a adoção em larga escala da Smart Grid com IoT no Brasil ainda enfrenta desafios significativos. Primeiramente, a infraestrutura de comunicação precisa ser expandida para garantir a conectividade eficiente entre os dispositivos. Isso requer investimentos em redes de alta velocidade e alta confiabilidade, especialmente em áreas remotas.

Outro desafio é a segurança cibernética. A interconexão de dispositivos cria um cenário propício a ataques cibernéticos, representando uma ameaça potencial à estabilidade da rede e à privacidade dos usuários. Portanto, é crucial implementar medidas robustas de segurança para proteger os dados e sistemas envolvidos.

No âmbito da regulamentação dessas novas tecnologias no Brasil, ainda há ausência de regulamentações claras e políticas públicas voltadas para a implantação da Smart Grid e IoT, registrando-se como mais um ponto que pode conter ou desacelerar seu desenvolvimento. É necessário que se estabeleça diálogo político e com outras entidades da sociedade para que sejam estabelecidas diretrizes que incentivem a modernização das redes elétricas, promovendo

investimentos e parcerias público-privadas que arrojam a implantação no território nacional.

Ainda no que tange a regulamentação, deve-se destacar que a integração de diferentes dispositivos e sistemas em uma rede inteligente exige a padronização e interoperabilidade de protocolos de comunicação. A falta de padrões universais pode dificultar a comunicação entre os dispositivos e limitar o potencial de otimização, o que torna crucial a adoção de padrões pré-estabelecidos em órgãos competentes.

É notório reconhecer também que, para haver essa implementação de tecnologias Smart Grid e IoT, serão necessários investimentos significativos em infraestrutura e tecnologia, na formação de profissionais qualificados para trabalhar neste nicho e no fomento à pesquisa contínua voltada ao aprimoramento de tecnologias Smart Grids e IoT. A obtenção de financiamento adequado, tanto por parte do setor público quanto privado, é fundamental para viabilizar projetos de grande escala.

Outra questão significativa para que se concretizem avanços na adoção das tecnologias Smart Grid com IoT, está na disseminação das vantagens que elas apresentam para a sociedade em geral, para o meio ambiente e para os profissionais e empresas do setor elétrico. Programas de conscientização e educação devem ser confeccionados e implementados em escolas, em cursos técnicos e universidades, e na mídia em geral, para que todos compreendam os benefícios e se sintam motivados a apoiar essa transformação.

Apesar dos desafios, as perspectivas futuras para a aplicação da Smart Grid com IoT na geração, distribuição e gestão de energia elétrica renovável no Brasil são promissoras. O nosso país possui um enorme potencial para aproveitar fontes de energia renovável, como solar, eólica e biomassa.

Nesse contexto, a combinação dessas fontes com tecnologias inteligentes pode resultar em uma matriz energética mais limpa e sustentável nos próximos anos e décadas.

No contexto da geração de energia solar fotovoltaica, é fundamental considerar a eficiência e a confiabilidade das usinas. Nesse sentido, propõe-se a implementação de um sistema de monitoramento e controle mais abrangente, visando otimizar o desempenho e minimizar as falhas operacionais. A seguir, apresento algumas sugestões para estudos futuros:

1. Banco de Dados para Análise de Indicadores de Rendimento:

Sugere-se a criação de um banco de dados centralizado para armazenar informações relevantes sobre o funcionamento das usinas. Esse banco de dados poderia conter dados como a produção diária de energia, a eficiência dos painéis solares, a temperatura ambiente e outras variáveis relevantes.

Com base nesses dados, seria possível realizar análises mais detalhadas, identificando padrões sazonais, correlações entre variáveis e oportunidades de melhoria.

2. Previsão de Geração de Energia:

A utilização de algoritmos de previsão poderia ser incorporada ao sistema. Esses algoritmos poderiam estimar a quantidade de energia que será gerada nos próximos dias com base em dados históricos e nas condições climáticas previstas.

Essa previsão permitiria um planejamento mais eficiente da operação das usinas, evitando desperdícios ou falta de energia.

3. Registro de Falhas e Manutenção Remota:

O sistema poderia ser configurado para detectar automaticamente falhas operacionais, como pane em inversores ou problemas nos painéis solares. Quando uma falha é detectada, o sistema deve registrar detalhes relevantes, como horário, localização e natureza da falha.

Além disso, a manutenção remota poderia ser implementada. Por meio de conexões seguras, técnicos especializados poderiam acessar os inversores e outros

componentes para diagnóstico e correção de problemas sem a necessidade de deslocamento físico.

4. Automatização do Religamento de Inversores:

Em caso de falha em um inversor, o sistema poderia tentar religá-lo automaticamente após um período de espera. Se o religamento for bem-sucedido, a usina continuaria operando normalmente.

Caso contrário, o sistema notificará a equipe de manutenção para que medidas corretivas sejam tomadas.

5. Integração com Novas Tecnologias:

À medida que novas tecnologias venham a ser desenvolvidas, o sistema de monitoramento e controle deve ser adaptável. Por exemplo, se novos inversores com recursos avançados forem adotados, o sistema deve ser capaz de se comunicar com esses dispositivos e aproveitar suas funcionalidades.

A utilização de inteligência artificial e aprendizado de máquina também pode ser explorada para aprimorar a eficiência do sistema.

Em resumo, a proposta visa aprimorar a gestão das usinas fotovoltaicas, tornando-as mais eficientes, confiáveis e automatizadas. Essas sugestões podem ser a base para futuras pesquisas e desenvolvimento na área de IoT aplicada à energia solar.

Também propõe-se uma inovação na área de logística com o objetivo de aprimorar a eficiência da equipe de O&M em usinas fotovoltaicas, sugere-se a criação de um método inteligente para traçar itinerários otimizados. Esse método deve considerar diversos fatores para garantir que as rotas sejam mais direcionadas e eficazes. A seguir, detalho as melhorias propostas:

1. Priorização de Manutenção:

A plataforma deve analisar o estado dos inversores e das Unidades de Geração de Energia Fotovoltaica (UFVs). Com base em dados como histórico de

manutenções, desempenho e falhas anteriores, é possível identificar quais equipamentos necessitam de atenção imediata.

Os inversores com maior probabilidade de falha ou com desempenho abaixo do esperado devem ser priorizados nas rotas de manutenção.

2. Proximidade Geográfica:

O sistema deve calcular a distância entre as usinas e os inversores que precisam de manutenção. Priorize os locais mais próximos uns dos outros para minimizar o tempo de deslocamento da equipe.

Além disso, considere a localização da equipe de O&M para otimizar a distribuição das tarefas ao longo do dia.

3. Potencial de Geração:

Avalie o potencial de geração de cada UFV. Inversores em usinas com maior capacidade de produção devem receber atenção especial.

Priorize a manutenção em inversores que impactam significativamente a geração total de energia.

4. Urgência das Intervenções:

Classifique as manutenções com base na urgência. Por exemplo, falhas críticas que afetam a operação da usina devem ser tratadas imediatamente. O sistema pode gerar alertas para a equipe de O&M, indicando quais intervenções são urgentes.

5. Sistema de Logística Integrado:

Crie um sistema de logística que leve em consideração todas as informações acima. Esse sistema deve gerar itinerários otimizados para a equipe, considerando múltiplas paradas e prioridades.

A integração com aplicativos de navegação, como o Google Maps, pode facilitar o acompanhamento das rotas em tempo real.

Concluindo, como sugestões para futuros trabalhos, indica-se a continuidade dos estudos feitos por autores anos atrás e se tais fatos se confirmaram, bem como entender se não, quais foram os motivos de tais fatos e como a IoT e a geração distribuída podem continuar contribuindo no desempenho da geração de energia elétrica no Brasil e no mundo.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, G. B. **Recursos Naturais Renováveis e Produção de Energia**. Revista Política Hoje, Vol. 23, N.º 1. p. 193-215. Agosto de 2014. Recife - PE.

CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE - FGVCS. **Mapeamento do Ecossistema de Startups de Cleantech no Brasil**. FGV EAESP. Rio de Janeiro – RJ. 2019.

CARVALHO, J. F. **Energia e Sociedade**. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142014000300003>> Acesso em: 26 mai. 2023.

DE MELO, Anderson Rodrigues et al. **Desenvolvimento e aplicação de um sistema supervisor baseado em IoT em uma usina solar fotovoltaica**. In: Congresso Brasileiro de Automática-CBA. 2020.

DIGITEUM. **The Role of Internet of Things (IoT) in Smart Grid Technology and Applications**. 2021. Disponível em: <<https://www.digiteum.com/iot-smart-grid-technology/>> Acesso em: 3 jun. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional – Ano Base 2021**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro: EPE, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Decenal de Energia 2030**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro: EPE, 2020.

FROTA, Maurício Nogueira. **Automação da medição e segurança de dados em redes inteligentes: estudo da experiência brasileira**. 2012. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

FACCIONI, M. F. **IoT : Smart Grid, Energia e Sistemas de Infraestrutura**. Unisul. Palhoça – SC. 2019.

IOT ALL KNOW. **Rede Inteligente: A Revolução da Modernização da Rede**. 2022. Disponível em: <<https://www.iotallknow.com/pt/smart-grid/>> Acessado em: 2 jun. 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília-DF. 2022.

MORAIS, B. C; BARREIROS, I. Z. **A Gestão da Matriz Energética no Brasil: Uma Análise dos Últimos 20 Anos**. UFF/ICHS. Volta Redonda - RJ. 2018.

NORONHA, M. E. S; HAYASHI, V. T; SILVA, L. O. E; LIMA, M. N. **A Vantagem Competitiva das Empresas Cleantechs e o Desenvolvimento de Capacidades**

Dinâmicas Utilizando Internet das Coisas. Revista Eletrônica de Administração (REAd), Vol. 28, N.º 2. p. 455-486. Agosto de 2022. Porto Alegre - RS.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT -
OECD. **Glossary of Environment Statistics.** 2020. Disponível em:
<<http://stats.oecd.org/glossary/>> Acessado em: 29 mai. 2023.

PAGEL, U. R; CAMPOS, A. F; CAROLINO, J. **Análise dos Principais Desafios ao Desenvolvimento das Energias Renováveis no Brasil.** in Anais do XI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Cuiabá: MT, p. 1–13. 2018.

PEREIRA, A; ALMEIDA, C. **Internet das Coisas e sua Contribuição para a Modernização do Setor Elétrico.** Anais do Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro - RJ. 2019.

PINOTTI, M. R. **Como IA e IoT vem Transformando o Setor de Energia.** 2023.
Disponível em: <
<https://www.canalenergia.com.br/artigos/53243270/como-ia-e-iot-vem-transformando-o-setor-de-energia>> Acessado em: 3 jun. 2023.

RODIGUES, F. C; WODIHY, J; GONÇALVES, A. **Energias Renováveis: Buscando por uma Matriz Energética Sustentável.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Vol. 13. p.167-180. Janeiro de 2017.

SIMABUKULO, L. A. N; CORREA, L. F. S; SANTOS, M. M. O; MARTINS, M.
Energia, Industrialização e Modernidade – História Social. USP. São Paulo – SP. 2017.

SILVA, J; SANTOS, M. **Aplicação de Smart Grids e IoT na Gestão de Energia Elétrica Renovável.** Revista de Tecnologia e Sustentabilidade. Vol. 3, n. 2. p.45-58. 2020.

LAMIN, HUGO. (2013). **Análise de Impacto Regulatório da implantação de redes inteligentes no Brasil.** Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.TD-076/13, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 300p.

ALVES, Levi Maia. **Desenvolvimento e implantação de um protótipo de uma plataforma IoT para monitoramento de uma central de geração fotovoltaica.** 2022. 81 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022

MARTINS, Joice Machado. **Sistema de monitoramento de dados provenientes da energia fotovoltaica através de uma plataforma IOT de aquisição e controle.** Orientador: José Felipe Souza de Almeida. 2019. 81 f. Trabalho de Conclusão de

Curso (Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2019

OLIVEIRA, S. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2017. 240 p

Santos, B.P., Silva, L.A., Celes, C., Borges, J.B., Neto, B.S.P., Vieira, M.A.M., Vieira, L.F.M., Goussevskaia, O.N., and Loureiro, A. (2016). **Internet das coisas: da teoria à prática. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, 31.

Sarinda, J.L., Iqbal, T., and Mann, G. (2017). **Low-cost and open source scada options for remote control and monitoring of inverters**. In 2017 IEEE 30th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), 1–4. IEEE.

SOUZA, Gustavo Vinicius Pelisser de. **Desenvolvimento de um sistema de comunicação IoT para gerenciamento energético de casas inteligentes**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TOVAR, Livia Goulart; PIZZOLATO, Nélío D.; ROMANEL, Celso. **O veículo conectado: perspectivas sobre aplicações da internet das coisas no transporte de carga rodoviário**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). Rio de Janeiro. Disponível em: <https://files.antp.org.br/2019/10/9/o-veiculo-conectado-perspectivas-sobre-aplicacoes.pdf>. Acesso em, v. 29, n. 10, p. 2023, 2019.

DA SILVEIRA, Rodrigo Silvério et al. **APLICAÇÃO DO PROTOCOLO MQTT PARA INTEGRAÇÃO DE DISPOSITIVOS IOT A SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL EM UM AMBIENTE DE TESTES**. Revista Brasileira de Mecatrônica, v. 4, n. 2, p. 01-15, 2021.

DOS SANTOS, Izaias Batista et al. **Projeto e implementação de um gateway de internet das coisas (IoT) para otimização e monitoramento de processos do agronegócio**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 1, p. 344-369, 2020.

NORONHA, Matheus Eurico Soares et al. **A vantagem competitiva das empresas cleantechs e o desenvolvimento de capacidades dinâmicas utilizando internet das coisas**. REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre), v. 28, p. 455-486, 2022.