

# **ENERGIA SOLAR CONECTADA: POTENCIALIZANDO A SUSTENTABILIDADE ATRAVÉS DA INTERNET DAS COISAS**

## ***SOLAR POWER CONNECTED: ENHANCING SUSTAINABILITY THROUGH THE INTERNET OF THINGS***

### **RESUMO**

Este estudo examina o papel da tecnologia na reconfiguração das fontes de energia para abordar os desafios climáticos e alcançar uma trajetória energética sustentável. A ascensão da Internet das Coisas (IoT) abre novas possibilidades ao convergir com a energia solar, potencialmente revolucionando tanto a geração quanto o consumo de energia renovável. Este estudo tem como objetivo explorar e analisar a integração de tecnologias de IoT com a de energia solar, com o propósito de discernir como essa convergência pode otimizar a eficiência e a administração inteligente dos sistemas solares. Paralelamente, é examinado o impacto dessa simbiose na promoção da sustentabilidade ambiental, abordando a redução das emissões de gases de efeito estufa e a preservação de recursos naturais. A capacidade de conectar dispositivos e partilhar dados em tempo real, inerente à IoT, proporciona uma gestão perspicaz dos sistemas solares, maximizando a eficácia e reduzindo desperdícios. A análise de dados em conjunto com algoritmos avançados capacita a antecipação de demandas futuras e a previsão de necessidades de manutenção, culminando em operações mais confiáveis e eficientes. Esta união de tecnologias abre um horizonte para a sustentabilidade conectada, resultando na mitigação das emissões de gases de efeito estufa e na salvaguarda dos recursos naturais, sem comprometer o fornecimento de energia de forma limpa e ecologicamente responsável.

**Palavras-chave:** IoT (Internet das Coisas). Energia Solar. Sustentabilidade Ambiental. Integração de Tecnologias. Análise de Dados.

### **ABSTRACT**

*This study examines the role of technology in reconfiguring energy sources to address climate challenges and achieve a sustainable energy trajectory. The rise of the Internet of Things (IoT) opens new possibilities by converging with solar energy, potentially revolutionizing both the generation and consumption of renewable energy. This study aims to explore and analyze the integration of IoT technologies with solar energy, with the purpose of discerning how this convergence can optimize efficiency and intelligent management of solar systems. In parallel, the impact of this symbiosis on promoting environmental sustainability is examined, addressing the reduction of greenhouse gas emissions and the preservation of natural resources. The ability to connect devices and share data in real time, inherent to IoT, provides a perceptive management of solar systems, maximizing effectiveness and reducing waste. Data analysis in conjunction with advanced algorithms enables the anticipation of future demands and the prediction of maintenance needs, culminating in more reliable and efficient operations. This union of technologies opens up a horizon for connected sustainability, resulting in*

*the mitigation of greenhouse gas emissions and the safeguarding of natural resources, without compromising the supply of clean and environmentally responsible energy*

**Keywords:** *Internet of Things (IoT). Solar Energy. Environmental Sustainability. Integration Of IoT Technologies. Data Analysis.*

## **1 INTRODUÇÃO**

A capacidade de adaptar-se rapidamente ao ambiente é essencial para o desenvolvimento humano. Nesse contexto, embora a queima de combustíveis fósseis tenha trazido avanços, ela também gerou problemas ambientais, como o efeito estufa, derretimento de gelo e poluição, além de evidenciar a finitude desses recursos (SCHWAB, 2019).

A tecnologia desempenha um papel crucial na transformação e utilização das fontes energéticas na sociedade atual. Os avanços tecnológicos têm sido os pilares da descoberta e do desenvolvimento de fontes de energia mais sustentáveis e ecologicamente saudáveis. Através da inovação tecnológica, tornou-se possível explorar e aproveitar fontes renováveis, como energia solar, eólica, hidrelétrica e geotérmica. Além disso, a tecnologia tem sido fundamental para melhorar a eficiência energética e conservar recursos, reduzindo assim nossa dependência de fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis (PAGANI et al., 2023).

Com o uso de tecnologias avançadas, como inteligência artificial e redes inteligentes, podemos otimizar a geração, distribuição e consumo de energia, tornando todo o sistema mais eficiente e sustentável. A interseção entre tecnologia e fontes energéticas tem o potencial de moldar um futuro em que possamos atender nossas necessidades energéticas de maneira limpa, acessível e ambientalmente responsável (PAGANI et al., 2023).

A integração da Internet das Coisas (IoT) na utilização da energia solar abre um caminho promissor para uma sustentabilidade conectada. A IoT refere-se à interconexão de dispositivos e objetos através da internet, permitindo a troca de dados e a comunicação entre eles. Quando aplicada à energia solar, a IoT pode revolucionar a maneira como coletamos, monitoramos e gerenciamos a produção e o consumo de energia renovável.

Portanto o objetivo deste estudo é investigar e analisar a integração da Internet das Coisas (IoT) na utilização da energia solar, visando compreender como essa tecnologia pode potencializar a eficiência e o gerenciamento inteligente dos sistemas

de energia solar. Além disso, busca-se avaliar o impacto dessa integração na promoção da sustentabilidade ambiental, considerando a redução das emissões de gases de efeito estufa e a preservação dos recursos naturais.

Ao integrar a IoT aos sistemas de energia solar, torna-se possível obter informações em tempo real sobre a geração de energia, o consumo dos dispositivos e até mesmo as condições ambientais que podem afetar o desempenho dos painéis solares. Com sensores e dispositivos conectados, é possível otimizar a utilização da energia solar de acordo com as necessidades específicas de cada momento, maximizando a eficiência e minimizando o desperdício.

Além disso, a IoT permite uma gestão mais inteligente e preditiva dos sistemas de energia solar. Por meio da análise de dados e algoritmos avançados, é possível identificar padrões de consumo, prever demandas futuras e antecipar necessidades de manutenção. Isso resulta em uma operação mais confiável e eficiente, garantindo o fornecimento contínuo de energia limpa.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Na história da energia fotovoltaica, estudos mostram um aumento crescente na implantação dessa tecnologia, segundo dados da *European Association of Photovoltaic Industries (EPIA)*, que mostram que a energia fotovoltaica instalada no mundo em 2000 é de 1.288 MW, um aumento de 40.333 MW em 2010 e aumentou para 138,83 MW em 2013 (OLIVEIRA et al, 2018)

A história da energia fotovoltaica começou no século XIX com a descoberta do efeito voltaico pelo físico Edmond Becquerel. No início do século XX, Albert Einstein explicou o efeito fotoelétrico e, por isso, recebeu o Prêmio Nobel de Física muitos anos depois. Pesquisas mostram o esgotamento das fontes de energia fóssil nos próximos anos.

O uso de fontes renováveis de energia como a luz solar é importante para promover as metas de sustentabilidade propostas, além de outros motivos:

As tecnologias de energia renovável, como a energia solar, oferecem benefícios significativos para o meio ambiente, a saúde pública e o desenvolvimento econômico. Em comparação com combustíveis fósseis, as fontes renováveis apresentam baixas ou quase nulas emissões de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos, contribuindo para a redução dos impactos ambientais negativos. Além disso, essas tecnologias promovem maior segurança energética, reduzindo a

dependência de recursos estrangeiros e diversificando as fontes de energia de muitos países. A aplicação de inovações tecnológicas, como a Internet das Coisas (IoT), também tem o potencial de otimizar a geração, distribuição e consumo de energia solar, tornando todo o sistema mais eficiente e sustentável, além de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a preservação dos recursos naturais (SANTOS, 2023).

Tais tecnologias, têm experimentado um notável crescimento em sua utilização. Com o contínuo avanço da pesquisa e da tecnologia, espera-se que essas tecnologias se tornem ainda mais acessíveis e eficientes, contribuindo para a promoção de um desenvolvimento sustentável e a busca por fontes de energia mais limpas e renováveis (PEREIRA, 2023). O sistema fotovoltaico, composto por matrizes e módulos solares, utilizando semicondutores como o silício, desempenha um papel crucial na captação e conversão eficiente da energia solar em eletricidade, apresentando-se como uma alternativa viável e promissora para a produção de energia elétrica e térmica (CRESESB, 2006). A integração da Internet das Coisas (IoT) nesse contexto oferece oportunidades para otimizar o desempenho e a gestão dos sistemas de energia solar, tornando-os mais inteligentes e eficientes, em consonância com os princípios de sustentabilidade e desenvolvimento econômico (SANTOS, 2023).

A eficiência e o potencial das tecnologias de energia solar são notáveis, com a capacidade de converter a luz solar em eletricidade de forma cada vez mais acessível e eficiente (PEREIRA, 2023). O sistema fotovoltaico é composto por matrizes e módulos solares, que utilizam o silício, material abundante na natureza, para captar e converter a energia solar (SANTOS, 2023). O uso dessas tecnologias renováveis tem crescido significativamente, com taxas de crescimento de cerca de 35% ao ano para energia fotovoltaica, tornando-se uma opção eficaz para eletrificação de comunidades rurais, bombeamento de água e iluminação comunitária (PEREIRA, 2023). Além disso, o Brasil possui condições favoráveis para o desenvolvimento e produção de energia solar, com luz solar abundante durante todo o ano (SANTOS, 2023).

Diante das demandas crescentes por eletricidade e dos impactos ambientais do consumo descontrolado de energia, a adoção de fontes renováveis, como a energia solar, assume um papel cada vez mais crucial na busca por uma produção energética sustentável e ambientalmente responsável (EPE, 2021). A integração da Internet das Coisas (IoT) nesse contexto apresenta oportunidades promissoras para

otimizar o desempenho e a gestão dos sistemas de energia solar, contribuindo para um futuro mais limpo e sustentável (SANTOS, 2023). O Brasil tem altos níveis de radiação solar; Dessa forma, o aproveitamento da energia fornecida pelo Sol tem grande potencial de ser integrado à matriz energética do país, além da série de benefícios da geração distribuída de eletricidade, que aproxima a geração dos centros de uso, reduzindo as perdas das linhas de energia, transmissão e distribuição.

No entanto, deve-se levar em consideração as Normas estabelecidas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), bem como as necessidades das distribuidoras de energia elétrica, quando se trata de novas fontes geradoras que serão conectadas à rede de distribuição de energia elétrica, como a decisão das regras da ANEEL. 482/2012 e 687/2015 e PRODIST. Com os devidos incentivos e lições para a implantação do sistema fotovoltaico, é visto como um método eficaz para uso em grandes instituições como no telhado de casas e prédios, no setor de produção rural e em larga escala na produção de usinas.

## 2.1 ENERGIA SOLAR

A energia solar é obtida através da conversão de luz em eletricidade. Esse fenômeno é chamado de efeito fotovoltaico. “A célula fotovoltaica é um dispositivo feito de material semicondutor, unidade básica desse processo” (OLIVEIRA et al, 2018)

Edmond Becquerel, em 1839, em suas pesquisas viu a diferença de potencial na estrutura final do material semicondutor quando exposto à luz solar, mas somente em 1876 foi inventado o primeiro dispositivo fotovoltaico e, desde então, os esforços foram direcionados para a energia solar como fotovoltaica. uma fonte de energia limpa e renovável, capaz de atender parte da demanda de eletricidade do agronegócio (DACROCE, 2017).

Dacroce (2017) aponta que diante da crise energética ocorrida na década de 1970, o mundo inteiro se depara com a necessidade de buscar fontes sustentáveis de energia. O sistema fotovoltaico parece ser o método mais importante neste processo, até então não chegou ao público com sucesso. A confiabilidade do sistema de energia fotovoltaica pode ser um dos fatores que causaram esse aumento.

Embora as pessoas acreditem que a tecnologia fotovoltaica é uma tecnologia recente, não é verdade, ela já está madura, cerca de 50 anos de desenvolvimento contínuo. Em geral, os fornecedores oferecem garantia de mais de 90% da

capacidade inicial após 10 ou 12 anos de uso e 80% da capacidade inicial após 20 anos para a capacidade mínima de produção dos módulos (JUNIOR; SOUZA, 2018)

Inicialmente, os beneficiários do sistema de energia solar eram os satélites, que substituíam as baterias como fonte de energia. As células fotovoltaicas eram consideradas uma curiosidade e, por isso, a NASA relutava muito em aceitá-las em seus projetos. Em março de 1958, o Vanguard I se tornou o primeiro satélite lançado para uso. O painel fotovoltaico do satélite Vanguarda I tem uma função de backup, no caso de falha de um lote químico e eventual falha de um lote químico. Com essa falha, o painel começou a funcionar e funcionou por 8 anos, deixando todos muito satisfeitos.

Após essa experiência satisfatória, a NASA adotou as células fotovoltaicas como fonte de energia de seus satélites, e ampliou suas pesquisas nesse tipo de energia. Na década de 1970, a crise do petróleo eclodiu, de modo que houve um grande investimento em programas para à redução do custo de produção de células usadas nas placas fotovoltaicas.

As células de silício policristalino, hoje bastante conhecidas, surgiram nesse período (OLIVEIRA et al, 2018). Desde a primeira observação do efeito fotovoltaico, em 1839, por Edmond Becquerel, até a criação da primeira placa fotovoltaica, mais de um século se passou. Em 1954, Calvin Fuller, um químico que trabalhava nos Laboratórios Bell, nos Estados Unidos, e seus colegas Gerald Pearson (físico) e Daryl Chapin (engenheiro), apresentaram a primeira célula solar em uma reunião da Academia Nacional de Ciências. , Washington (JUNIOR; SOUZA, 2018)

O painel, que tinha nove células, foi utilizado para fortalecer a rede telefônica da cidade de Americus. No ano seguinte, o painel foi retirado, mas os resultados foram promissores, mas concluiu-se na época que os custos relacionados à geração fotovoltaica eram muito altos, de modo que sua aplicação era possível apenas em projetos especiais e de grande porte, como a produção de eletricidade no espaço. Segundo dados de 2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica, o Brasil possui 0,126 W per capita de capacidade instalada de produção fotovoltaica, enquanto a Alemanha possui uma média de 436 W per capita de capacidade instalada de produção fotovoltaica (JUNIOR; SOUZA, 2018)

Isso também destaca o enorme potencial do Brasil para a produção de energia solar. Os sistemas fotovoltaicos são comuns na vida das pessoas, com aplicações simples, como calculadoras e relógios, entre outros. Porém, podem ter aplicações mais complexas como geração de energia elétrica com painéis fotovoltaicos. Esses

painéis são formados por várias células fotovoltaicas, geralmente feitas de silício. Por meio de um circuito eletrônico, ao receber a luz solar, ela é convertida em eletricidade, que pode ser utilizada em fábricas, casas e granjas, como fonte de energia elétrica para manter todos os equipamentos funcionando sem a necessidade de energia produzida por usinas elétricas. (JUNIOR; SOUZA, 2018)

Isso gera a necessidade de produzir energia limpa, que cause o menor impacto possível ao meio ambiente e uma das soluções para essa questão é o aproveitamento da energia produzida pela luz solar, utilizando células fotovoltaicas feitas de silício, um material abundante no mundo. A sustentabilidade e a preocupação com a redução da poluição e dos impactos ambientais são questões que afetam a todos: lares, indústrias, cidades e países.

## 2.2 INTERNET DAS COISAS

A *Fieldbus Foundation* resolveu implementar a rede *High Speed Fieldbus* utilizando a rede *High Speed Ethernet* (HSE) 100Mbps com TCP/IP e toda pilha de protocolos Internet, mas conservando a DLL (*Data Link Layer*), utilizada no padrão *Fieldbus* H1. Esta rede irá promover a interligação de um segmento H1 à sala de controle. Por outro lado, o padrão IEEE1451 determina como sensores e atuadores podem ser ligados diretamente a uma rede de controle, incluindo a Ethernet. Este padrão abre uma alternativa para a Ethernet, em aplicações que não requerem segurança intrínseca, ou alimentação através do cabo de rede (GESKE et al., 2022)).

**Sistemas Ciber-Físicos:** a associação entre a computação, rede e processos físicos. Sistemas Ciber-Físicos são a combinação de vários sistemas de natureza diferente, cujo objetivo principal é administrar um processo físico e, através do seu feedback, adequar-se a novas condições, em tempo real (CATALISA. Jr. 2020).

**Internet dos Serviços (IoS):** A IoS é, fundamentalmente, os acompanhamentos dos serviços da Internet das Coisas ou a produção de serviços profundamente ligados à IoT. Partindo basicamente que a IoT abrange a comunicação constante entre máquinas/máquinas e entre máquinas/homem (CATALISA. Jr. 2020).

**Internet das Coisas (IoT):** A IoT é o conceito de conectar algum dispositivo à Internet e a outros dispositivos conectados. É uma rede imensa de coisas e pessoas conectadas, que coletam e compartilham dados sobre a maneira como são utilizadas e sobre o ambiente ao seu redor. Cada vez mais, organizações de diversos setores estão usando a IoT para operar com mais competência, compreender melhor os

clientes para oferecer um serviço aperfeiçoado ao cliente, melhorar a tomada de decisões e aumentar o valor dos negócios (CATALISA. Jr. 2020).

Fábricas inteligentes: tem a capacidade e a autonomia necessárias para agendar manutenções, prever falhas nos processos e se adaptar aos requisitos e mudanças não planejadas na produção (CATALISA. Jr. 2020).

Os processos de automação industrial permitem inclusive uma ampliação do espectro de utilização das tecnologias contemporâneas no processo de controle de qualidade.

A Indústria 4.0 aborda a transformação digital com ênfase na ampliação da produção por meio de automação, robótica e inteligência artificial, agilizando a fabricação de produtos complexos e personalizados. Contudo, é importante ressaltar os benefícios em termos de eficiência, resultando em economia de matéria-prima, água e outros insumos, reduzindo o impacto ambiental. Além disso, os trabalhadores da linha de produção terão melhor qualidade de vida, pois deixarão de desempenhar tarefas exaustivas por longas jornadas e passarão a atuar em atividades administrativas de controle. Com o auxílio da inteligência artificial, análises em tempo real serão realizadas, indicando soluções otimizadas de processo ou materiais alternativos com menor impacto ambiental, garantindo o mesmo resultado na produção final (OKUHARA, 2020).

Com o constante avanço tecnológico e a rápida disseminação das informações, as empresas passaram a buscar por métodos e técnicas mais eficientes para se manterem competitivas no mercado (SILVA, 2017 apud PIERRE; SILVA, 2020).

Para Marrafa (2015 apud PIERRE; SILVA, 2020) a não conformidade refere-se à falta de adequação em relação a uma característica, especificação de produto, parâmetro de processo, registro ou procedimento, resultando em uma qualidade do produto que é inaceitável, indeterminada ou não atende aos requisitos estabelecidos. Pode envolver componentes, materiais de fabricação ou produtos acabados que estão fora das especificações, seja antes ou após a distribuição. Nesse sentido, é evidente que é essencial que todos os produtos ou serviços passem por processos de fabricação. Essa premissa encontra respaldo nas ideias de Gonçalves (2000), que destaca como todo trabalho relevante realizado em empresas está intrinsecamente vinculado a algum processo.

Os sistemas computacionais que operam no mundo real são expostos a fluxos contínuos de informações e, portanto, são obrigados a aprender e lembrar várias



tarefas de distribuições dinâmicas de dados. Por exemplo, um agente autônomo interagindo com o ambiente precisa aprender com suas próprias experiências e deve ser capaz de adquirir progressivamente, ajustar e transferir conhecimento por longos períodos.

A capacidade de aprender continuamente ao longo do tempo, acomodando novos conhecimentos enquanto retém experiências previamente aprendidas, é chamada de aprendizagem contínua ou ao longo da vida. Essa tarefa de aprendizado contínuo representou um desafio de longa data para aprendizado de máquina e redes neurais, conseqüentemente, para o desenvolvimento de sistemas de inteligência artificial (IA) (SANTOS, 2021).

Segundo Dalenogare et al. (2018) a Indústria 4.0 é considerada uma nova etapa industrial em que a integração vertical e horizontal dos processos de fabricação e a conectividade de produtos podem ajudar as empresas a alcançar maior desempenho industrial. No entanto, pouco se sabe sobre como as indústrias enxergam o potencial de contribuição das tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 para o desempenho industrial, principalmente em países emergentes.

Com o objetivo de aumentar a produtividade e a lucratividade, surgiram as redes industriais, que consistem em protocolos utilizados em diferentes partes de um sistema para permitir a troca confiável e rápida de dados entre controladores, sensores e atuadores, com o propósito de supervisionar ou controlar plantas industriais (SANTOS, 2021). Essa troca de dados pode ser realizada de diversas maneiras, dependendo das necessidades específicas da aplicação, como por meio de cabos USB e fibra ótica, ou utilizando tecnologias como NFC, infravermelho, Bluetooth e WiFi. Tanto nas redes de computadores quanto nas redes industriais, o transporte dos dados é feito por meio de protocolos. Alguns dos principais protocolos incluem *Fieldbus*, *Sensorbus*, *Devicebus* e Rede Ethernet, embora novos protocolos surjam à medida que novas tecnologias são desenvolvidas.

A humanidade está imersa na 5ª revolução tecnológica, conhecida como a era da Internet das Coisas (IoT), onde dispositivos conectados à internet oferecem funcionalidades específicas e interconectadas. Essa tecnologia vai além de simples acesso à internet, permitindo a criação de redes inteligentes que facilitam a monitoração de ambientes, como câmeras de segurança que podem ser acessadas remotamente. A IoT tem grande potencial de crescimento e aplicação em diversos setores, como o transporte público, onde aplicativos fornecem informações em tempo

real sobre horários e detalhes dos veículos. Com a expansão contínua dessa rede de dispositivos interconectados, a Internet das Coisas traz consigo inúmeras possibilidades de inovação e benefícios para a sociedade.

O gerenciamento inteligente da energia solar desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade ambiental e no estímulo ao desenvolvimento econômico. Ao adotar tecnologias avançadas de monitoramento e controle, é possível otimizar a produção e o consumo de energia solar, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e preservando os recursos naturais. Além disso, o uso inteligente da energia solar permite a redução dos custos de energia, possibilitando economias significativas a longo prazo, impulsionando o crescimento de negócios e gerando empregos na indústria de energia solar. Essa abordagem alinhada com a sustentabilidade torna-se uma opção energética mais limpa e ecologicamente responsável.

O investimento em infraestrutura de energia solar e o avanço da tecnologia nesse setor impulsionam a inovação e o desenvolvimento de novas soluções sustentáveis. A crescente demanda por sistemas de geração solar e o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e acessíveis contribuem para a expansão do mercado de energia limpa, criando oportunidades para empresas inovadoras e startups que buscam atender às necessidades desse mercado em expansão (LOSEKANN; TAVARES, 2021).

No âmbito social, o acesso à energia solar também pode beneficiar comunidades remotas ou em desenvolvimento, onde a infraestrutura de energia convencional pode ser escassa ou dispendiosa. A energia solar descentralizada permite que essas comunidades tenham acesso a fontes de energia renovável e confiável, melhorando sua qualidade de vida e estimulando o desenvolvimento local (MATEUS et al., 2016).

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A presente pesquisa se utiliza para a formação das conclusões o formato dedutivo, pois parte-se das observações gerais e direciona para o caso particular da investigação. Com relação as características classificam-se em termos de natureza, como uma pesquisa aplicada, de caráter descritiva (GIL, 2002). Essa abordagem foi escolhida para analisar e descrever de forma detalhada a viabilidade de implantação

do sistema de energia solar conectada, levando em consideração diversos aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Quanto a estratégia, duas abordagens foram utilizadas: uma com abstração ampla dos fenômenos da natureza e da sociedade, denominada de “Método de abordagem” e outra de procedimentos, que esclarece acerca dos “Procedimentos técnicos” utilizados (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Em termos de procedimentos técnicos, utilizou-se da pesquisa bibliográfica com base em artigos científicos e acadêmicos disponíveis na plataforma bibliográfica Dimensions.AI. Quanto aos descritores de busca foram definidos para a pesquisa no motor de busca desta plataforma, conforme apresentado no **Quadro 1**. Estes descritores foram adotados após a realização de testes com outros termos com a finalidade de obtenção dos melhores resultados para o trabalho em questão. Outras configurações utilizadas para a delimitação do material bibliográfico, também se apresenta neste mesmo quadro.

**Quadro 1** – Grupo de descritores e suas configurações

Descritores	
Descritores	IoT OR "Internet of Things" AND "Solar energy" OR "Photovoltaic energy" AND sustainability OR "ecosystem sustainability" OR "environmental preservation" OR "environmental conservation" OR "sustainable development"
Delimitações	
Data de Publicação	Últimos 5 anos
Tipo de Material	Artigos
Idioma	Qualquer Língua

Fonte: Elaborado pelos autores

Ficaram definidas as seguintes regras para a seleção do material recuperado neste trabalho: "Alta relevância referente ao tema" e "Documento aborda os assuntos descritos do tema". A segregação do material coletado foi realizada em três etapas. Na primeira etapa, foi realizada uma leitura exploratória e seletiva, com o objetivo de obter uma visão geral do conteúdo e identificar as principais informações. Na segunda etapa, foi realizada uma leitura analítica, com o objetivo de ordenar e resumir as informações, de forma a facilitar a compreensão e a análise. Na terceira etapa, foi realizada uma leitura interpretativa, com o objetivo de estabelecer relações entre o conteúdo das fontes pesquisadas e outros conhecimentos. (GIL, 2002)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do método proposto resultou em dezoito artigos, porém apenas quatro estavam disponíveis para leitura e análise. Abaixo no **Quadro 2** é possível verificar o título e uma breve descrição sobre cada um desses artigos.

**Quadro 2** – Título e descrição dos respectivos artigos encontrados na plataforma “Dimensions”

Descrição dos Artigos	Argumentação
<p><b>Título do artigo 1º:</b> Coleta de energia fotovoltaica com módulos solares estáticos e dinâmicos empregando monitoramento de desempenho habilitado para IoT:</p> <p>Este estudo investiga a eficácia de modelos de módulos fotovoltaicos, comparando abordagens estáticas e dinâmicas para a coleta de energia solar. No primeiro cenário, é utilizado um design estático para o painel solar, enquanto no segundo é adotado um design dinâmico com um rastreador de eixo único. O objetivo central é identificar o modelo mais eficiente na captação de energia solar e sua subsequente conversão em energia elétrica. Para monitorar e coletar dados, o sistema emprega tecnologias da Internet das Coisas (IoT), utilizando sensores para medir variáveis como corrente, tensão, radiação, temperatura e umidade.</p> <p>O controle desses sensores é realizado pelo programa <i>Thingier io</i>, integrado ao Arduino Uno. O conceito de IoT é essencial para avaliar e acompanhar os resultados das medições de parâmetros. A visualização dos dados obtidos é facilitada através do aplicativo <i>Thingier io</i>, permitindo a verificação remota dos resultados em qualquer local. Os resultados dos três testes realizados indicam que sistemas que incorporam abordagens dinâmicas são mais eficientes na captação de energia solar em comparação com sistemas estáticos. A disparidade de desempenho é mais evidente no terceiro teste, onde o sistema dinâmico demonstra uma geração de energia elétrica 14,4% superior à do sistema estático.</p>	<p>A superioridade dos modelos dinâmicos destaca a importância de abordagens sustentáveis na captação de energia solar, contribuindo para a redução da dependência de fontes não renováveis. A visualização remota dos dados via <i>Thingier io</i> não só simplifica o monitoramento como também minimiza impactos ambientais. Olhando para o futuro, o estudo sugere uma tendência na adoção generalizada de tecnologias de rastreamento solar, indicando uma evolução nos projetos de captação de energia solar. A utilização contínua de tecnologias IoT aponta para o desenvolvimento contínuo na monitorização de sistemas de energia renovável. O desempenho superior dos sistemas dinâmicos destaca a necessidade de investimentos contínuos em inovação para atender às crescentes demandas por energia de forma sustentável. Em resumo, o estudo oferece insights sobre eficiência e sustentabilidade na captação de energia solar, destacando a importância da inovação para o futuro energético.</p>
<p><b>Título do artigo 2º:</b> Estudo de parâmetros de intensidade de luz e temperatura para Internet das Coisas movida a energia solar para melhorar a coleta de energia fotovoltaica</p> <p>O estudo concentra-se na otimização da eficiência dos painéis solares, reconhecendo que a variação na intensidade da luz solar pode afetar significativamente o desempenho. O objetivo central é investigar como parâmetros como a intensidade de luz e a temperatura impactam a coleta de energia fotovoltaica. Para medir a intensidade de luz, é utilizado um sensor de resistência dependente da luz (LDR), cuja saída analógica é convertida para uma saída digital pelo microcontrolador. A equação de</p>	<p>O estudo focaliza a otimização da eficiência dos painéis solares, reconhecendo a influência crítica da variação na intensidade da luz solar. Utilizando um sensor de resistência dependente da luz (LDR) e um microcontrolador, a pesquisa busca compreender como parâmetros como intensidade de luz e temperatura afetam a coleta de energia fotovoltaica. A abordagem avançada, com a conversão analógica para digital, destaca a busca constante pela eficiência na tecnologia fotovoltaica. A consideração da variação ambiental não apenas ressalta a importância da adaptação a diferentes condições, mas também sugere uma prática sustentável ao identificar potenciais máximos de saída. Ao apresentar um gráfico de eficiência do painel solar em diferentes</p>

<p>voltagem-resistência-intensidade é empregada para calcular a intensidade luminosa em lux.</p> <p>A eficiência do painel solar em relação à temperatura é calculada com base no coeficiente de temperatura específico do painel utilizado, visando identificar a potência de saída máxima. O estudo apresenta um gráfico de eficiência do painel solar, oferecendo insights sobre a potência máxima gerada em diferentes temperaturas. Em suma, os resultados do estudo indicam que os parâmetros de intensidade de luz e temperatura desempenham um papel crucial na eficiência da coleta de energia fotovoltaica, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada do potencial desses sistemas em ambientes dinâmicos.</p>	<p>temperaturas, a pesquisa oferece insights para uma compreensão mais precisa do desempenho em ambientes dinâmicos. Essa análise detalhada não apenas contribui para prever o comportamento futuro dos painéis solares, mas também orienta melhorias futuras na tecnologia. Para pesquisas sobre IoT e energia solar, este texto é relevante ao evidenciar a aplicação prática da IoT na coleta de dados em tempo real sobre a eficiência dos painéis solares. Além disso, fornece informações valiosas para o desenvolvimento de sistemas mais eficientes e sustentáveis, antecipando desafios futuros e alinhando-se aos objetivos da IoT na eficiência energética. Em resumo, a pesquisa contribui significativamente para a compreensão e aprimoramento contínuo da tecnologia solar, integrando aspectos de desempenho, sustentabilidade e previsibilidade futura.</p>
<p><b>Título do artigo 3º:</b> Circuito de carga aprimorado para energia fotovoltaica interna coleta com ativação rápida e alta eficiência</p> <p>Este estudo aborda uma preocupação significativa relacionada ao uso de baterias em dispositivos de baixa potência da Internet das Coisas (IoT), que é o risco de poluição ambiental. Para contornar esse problema, o estudo propõe a implementação de sistemas de coleta de energia (EH) como alternativa, visando capturar a energia ambiente disponível e carregar supercapacitores. Embora os painéis fotovoltaicos (PV) internos se apresentem como uma fonte promissora de energia, a limitada energia ambiente disponível torna desafiador ativar rapidamente os nós finais (end nodes) da IoT.</p> <p>A contribuição inovadora do estudo reside na proposta de um sistema de EH com circuitaria de carga aprimorada e ativação rápida. Este sistema é capaz de reduzir significativamente o tempo de ativação dos nós finais de IoT para menos de 2 segundos, em comparação com as 19,8 horas tradicionais. Essa melhoria é particularmente notável quando um painel PV interno fornece uma corrente de 28 <math>\mu</math>A para carregar um supercapacitor de 1 F de 0 a 2 V.</p> <p>Além disso, o sistema demonstra eficiência elevada na carga, o que possibilita que supercapacitores substituam as baterias, especialmente durante o processo de carga de 0 a 1,2 V, onde é alcançada uma melhoria de 64% no tempo de carga. Essas descobertas representam avanços significativos na superação de desafios de longa data nos sistemas de energia da IoT e têm o potencial de reduzir a poluição ambiental associada ao uso de baterias em dispositivos de baixa potência.</p>	<p>Este estudo aborda a preocupação ambiental associada ao uso de baterias em dispositivos de baixa potência da IoT. Propõe-se a implementação de sistemas de coleta de energia (EH) como alternativa para mitigar esse risco, visando capturar a energia ambiente e carregar supercapacitores. A contribuição inovadora do estudo está na proposta de um sistema EH com circuitaria aprimorada, capaz de reduzir o tempo de ativação dos nós finais da IoT para menos de 2 segundos, em comparação com as 19,8 horas tradicionais. Além da eficiência notável na carga, o sistema possibilita que supercapacitores substituam as baterias, especialmente durante a carga de 0 a 1,2 V, alcançando uma melhoria de 64% no tempo de carga. Esses avanços representam uma solução sustentável para desafios de longa data nos sistemas de energia da IoT, contribuindo para a redução da poluição ambiental associada ao uso de baterias em dispositivos de baixa potência. Na perspectiva da pesquisa sobre IoT e energia solar, este texto é essencial, pois oferece uma abordagem inovadora e sustentável para alimentar dispositivos IoT. Os insights apresentados têm o potencial de influenciar positivamente o desenvolvimento futuro de sistemas de energia para a IoT, promovendo eficiência e sustentabilidade. A substituição eficiente de baterias por supercapacitores não apenas melhora o desempenho, mas também contribui para a redução do impacto ambiental, alinhando-se aos objetivos de pesquisa que buscam soluções ecológicas na implementação de sistemas IoT.</p>

<p><b>Título do artigo 4º:</b> Estação de carregamento solar para veículos elétricos fora da rede</p> <p>Este estudo aborda o desenvolvimento de estações de carregamento autônomas para veículos elétricos, destacando a importância de enfrentar os desafios relacionados à demanda de energia na rede elétrica convencional. Embora os veículos elétricos sejam conhecidos por sua eficiência e eco amigabilidade, as estações de carregamento podem representar uma carga significativa para a rede elétrica tradicional. Nesse contexto, o estudo propõe a utilização de fontes de energia renovável, especialmente a energia fotovoltaica, como uma solução para aliviar esse estresse na rede.</p> <p>A novidade deste estudo reside na introdução de uma análise e design simplificados para uma estação de carregamento autônoma alimentada por energia fotovoltaica. O trabalho desenvolve equações de design de forma fechada para todos os componentes do sistema, simplificando o processo de implementação dessas estações. O estudo também apresenta cálculos de design para uma estação de carregamento específica como estudo de caso.</p> <p>Além disso, são abordadas outras características importantes de uma estação de carregamento autônoma, como o uso de tecnologia de carregamento inteligente para otimizar a velocidade e a eficiência do carregamento, bem como a capacidade de monitorar e controlar remotamente o sistema. Aspectos de segurança, como proteção contra sobrecarga e aterramento, também são considerados.</p> <p>O estudo destaca a capacidade de visualizar os resultados esperados por meio de software, como o Cayenne, e destaca a possibilidade de controlar a iluminação pública por meio da Internet das Coisas (IoT). Os resultados experimentais indicam que o processo de carregamento da bateria do veículo elétrico é estável mesmo diante de perturbações na insolação fotovoltaica, e a capacidade de carga/descarga da bateria de armazenamento de energia responde eficientemente para armazenar e compensar variações na energia fotovoltaica. Em última análise, esse estudo contribui para avanços no campo das estações de carregamento autônomas, visando a sustentabilidade e a eficiência energética no setor de veículos elétricos.</p>	<p>A proposta destaca a utilização de energia fotovoltaica como solução para aliviar o estresse na rede. A inovação reside na introdução de uma análise simplificada e design para essas estações, com equações de design para todos os componentes do sistema. O texto destaca a relevância da sustentabilidade ao integrar fontes renováveis, simplificando a implementação e tornando a tecnologia mais acessível. A inclusão de tecnologia de carregamento inteligente otimiza a eficiência do carregamento, evidenciando a busca por soluções avançadas. O estudo não apenas considera a geração de energia, mas também a eficiência e o armazenamento, mostrando que o processo de carregamento é estável, mesmo diante de perturbações na insolação fotovoltaica. A capacidade de controlar e monitorar remotamente o sistema, juntamente com a visualização de resultados por meio de software, destaca a orientação futura para o desenvolvimento dessas estações. O estudo contribui significativamente para avanços no setor de veículos elétricos, promovendo sustentabilidade e eficiência energética. É importante para essa pesquisa, pois oferece soluções práticas, inovação e relevância para a expansão da adoção de veículos elétricos.</p>
---	---

**Fonte:** Elaborado pelos autores

## 5 CONCLUSÃO

Os estudos analisados convergem em uma conclusão abrangente, destacando a urgência e a relevância de abordagens sustentáveis e inovadoras no âmbito da energia solar e da Internet das Coisas (IoT). Cada pesquisa oferece perspectivas

valiosas que, quando integradas, proporcionam uma visão holística e promissora para o futuro energético.

A superioridade demonstrada pelos modelos dinâmicos na captação de energia solar não apenas destaca a necessidade contínua de investimentos em inovação para atender às crescentes demandas de maneira sustentável, mas também ressalta a importância da visualização remota de dados via IoT. Esta prática não apenas simplifica o monitoramento, mas também minimiza impactos ambientais, ressaltando a convergência essencial entre tecnologia e sustentabilidade.

Ao otimizar a eficiência dos painéis solares, a segunda pesquisa destaca a busca incessante por práticas sustentáveis e adaptáveis. A abordagem avançada, com conversão analógica para digital, ressalta a relevância de compreender o desempenho em ambientes dinâmicos, fornecendo insights fundamentais para o aprimoramento contínuo da tecnologia fotovoltaica.

A terceira pesquisa propõe uma solução inovadora para dispositivos de baixa potência da IoT, evidenciando a substituição eficiente de baterias por supercapacitores. Essa abordagem não apenas reduz a poluição ambiental, mas também destaca a importância de soluções sustentáveis na implementação de sistemas IoT, alinhando-se à busca por práticas ecológicas.

O desenvolvimento de estações de carregamento autônomas para veículos elétricos, abordado na quarta pesquisa, destaca o papel crucial da energia fotovoltaica para aliviar o estresse na rede elétrica. A inclusão de tecnologia de carregamento inteligente, controle remoto via IoT, e a consideração da eficiência e armazenamento indicam uma abordagem abrangente e orientada para o futuro no setor de veículos elétricos.

Em síntese, essas pesquisas coletivas oferecem uma conclusão robusta, sublinhando a importância de investir em soluções inovadoras, sustentáveis e eficientes. A convergência desses estudos não apenas aprimora a compreensão da tecnologia solar e IoT, mas também orienta práticas futuras para atender às demandas crescentes de energia de maneira responsável e adaptável. O caminho para um futuro energético mais sustentável e eficiente é pavimentado por esses avanços interligados, impulsionando-nos na direção de uma transformação significativa no panorama energético global.

## REFERÊNCIAS

CATALISA Jr. Por que e como se preparar para a indústria 4.0? 26 de outubro de 2020. Disponível em: [www.catalisajr.com.br/industria-4-0/](http://www.catalisajr.com.br/industria-4-0/). Acesso em: 12 out. 2023.

CHEW, K.-M.; CHIANG, S.; TAN, W. Light Intensity and Temperature Parameters Study for Solar-powered Internet of Things to Improve Photovoltaic Energy Harvest. **Borneo Journal of Sciences & Technology**, v. 4, n. 1, p. 37–43, 2018.

DALENOGARE, Lucas Santos et al. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of production economics*, v. 204, p. 383-394, 2018.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4a ed. São Paulo: Atlas, 2002. GRUPO WEB OF SCIENCE. A Pesquisa no Brasil: Promovendo a excelência Sumário Executivo. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://anpoll.org.br/anpoll2019/wpcontent/uploads/2019/09/Pesquisa-no-Brasil.pdf>. Acesso em junho de 2020.

JUNIOR, C. C; SOUZA, I. M; CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: O FUTURO DA ENERGIA ALTERNATIVA; Goiás. 2018

KRISMADINATA, K. et al. Photovoltaic Energy Harvesting with Static and Dynamic Solar Modules Employing IoT-Enabled Performance Monitoring. **TEM Journal**, v. 12, n. 3, p. 1354–1363, 1 ago. 2023.

LOSEKANN, Luciano; TAVARES, Amanda. Transição energética e potencial de cooperação nos brics em energias renováveis e gás natural. 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

OKUHARA, Pedro Automação industrial e sustentabilidade: tecnologia a serviço do Ecosistema. Mitsubishi News. 13/08/2020. Disponível em: <https://revista-automacao.com/news/30210-automa%C3%A7%C3%A3o-industrial-e-sustentabilidade-tecnologia-a-servi%C3%A7o-do-ecossistema>.

OLIVEIRA, D. C., SOUZA, R. E., SILVA, G. S. Análise da Implantação de energia solar fotovoltaica em uma residência da zona rural. Minas Gerais. 2018

PAGANI, Amanda V. et al. Brainstorming Empresarial: Empresa Luz. Projeto Integrado, 2023.

PEREIRA, Ana Isabel Marques Diniz. Estudo do impacto da tecnologia no transporte sustentável de mercadorias. 2022. Tese de Doutorado.

PIERRE, Fernanda Cristina; DA SILVA, Felipe Aparecido. Utilização de ferramentas de qualidade para análise de não conformidades em um processo de produção em uma indústria metalúrgica. *Tekhne e Logos*, v. 11, n. 2, p. 66-81, 2020.



REDDY, H. et al. Solar Off-Grid Electric Vehicle Charging Station. **International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology**, v. 11, n. 4, p. 3859–3862, 30 abr. 2023.

SANTOS, Alan Lucas dos. Uso de rede neural para desenvolvimento de sistema especialista para diagnose de doenças foliares em eucalipto. 2021. GESKE, Guilherme Adami et al. Implementação de uma Bancada Experimental de um Sistema de Dois Tanques. 2022.

SANTOS, Michelle de Araújo. Cogeração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar: estudo de caso na Usina Monte Alegre/PB. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

SCHWAB, Klaus. A quarta revolução industrial. Edipro, 2019.

WANG, C. H.; HUANG, K. H.; WU, C. Y. Enhanced charge circuitry for indoor photovoltaic energy harvesting with fast activation and high efficiency. **IET Power Electronics**, v. 16, n. 13, p. 2228–2237, 14 out. 2023.