



Energia Renovável Fotovoltaica

Bruno Roberto de Souza Couto, Italo Maurício Munoz Ibarra

(bruno.roberto.1310@gmail.com, italomunoz13@gmail.com)

Professora orientadora: Adriana Aparecida dos Santos Izidoro

Coordenação de curso de Engenharia Elétrica

Resumo

O alto custo que a poluição causada pelo uso de energias de fontes não renováveis, traz para a sobrevivência do planeta e indivíduos, elevado grau de comprometimento, e neste sentido pode destruir o que a natureza levou milhares de anos para construir. O entendimento que há por volta do uso das energias não renováveis, ou “sujas”, pode corresponder as praticas inconscientes de degradação e falta de comprometimento com o próximo. Com isso, a integração de formas de equalizar a sustentabilidade e métodos conscientes traz a energia solar fotovoltaica, como fonte promissora, no qual é obtida através da conversão da luz solar em eletricidade utilizando uma tecnologia baseada no efeito fotoelétrico. Assim podendo ser utilizada como fonte continua de energia tanto para uso domestico, como para uso em escala industrial, tornando mais eficaz na sustentabilidade e para manutenção dos recursos naturais do planeta.

Palavras-chave: Custo. Sobrevivência. Tecnologia.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da civilização ao longo da história tem sido marcada por processos contínuos de transformação. Segundo Oliveira (2013), uma mudança de proporções significativas desencadeada pela Revolução Industrial provocou alterações profundas, onde houve uma transformação notável nos sistemas produtivos, impulsionando as atividades de manufatura e gerando impactos substanciais na economia, nos padrões sociais e, inevitavelmente, no meio ambiente.

A preocupação com as consequências desse modelo de crescimento cresceu em escala internacional, levando a Organização das Nações Unidas (ONU) a introduzir a questão na agenda mundial, com o objetivo de buscar um desenvolvimento que minimizasse os efeitos negativos. Assim, surgiu a proposta do Desenvolvimento Sustentável, lançada em 1987 a partir do Relatório Brundtland. Esse modelo de desenvolvimento visa equilibrar as necessidades sociais, econômicas e ambientais, com o intuito de garantir a sustentabilidade dos recursos naturais e do planeta.

Nesse contexto, as empresas, indústrias e diversos setores produtivos são convocados a se adaptarem, seja por imposições legais, pela pressão das demandas da sociedade ou pela consciência dos consumidores.

Contudo, também ao delimitar a questão ética que envolve um negócio, podendo estar ligada aos princípios morais, das empresas, neste sentido atuado como diretrizes de como uma empresa se conduz em suas operações. De muitas maneiras, as mesmas diretrizes que os indivíduos usam para se comportar de maneira aceitável em ambientes pessoais e profissionais também se aplicam às empresas. Ao agir eticamente, seja de modo a determinar o que é “certo” e o que é “errado”.

No entanto, com a industrialização, urbanização, aumento populacional e a ascensão do capitalismo, essa dependência se transformou em uma exploração desenfreada dos recursos naturais. Essa exploração desenfreada resultou em impactos ambientais de proporções gigantescas, desencadeando um desequilíbrio entre a velocidade de esgotamento dos recursos naturais e sua capacidade de regeneração.

As rápidas mudanças no mundo atual estão forçando instituições e unidades produtivas a se adaptarem à nova ordem da globalização ou enfrentarem a ameaça da intensa competição nos diversos mercados. No entanto, esse crescimento econômico muitas vezes resulta em desequilíbrios insustentáveis. Portanto, a utilização de alternativas sustentáveis se torna essencial, senão a estratégia mais eficaz para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental, com um crescimento econômico verdadeiramente sustentável.

A justificativa para o objetivo geral proposto é embasada na crescente importância da eficiência energética e na transição para uma fonte de energia mais sustentável e limpa.

O objetivo de pesquisa busca uma compreensão aprofundada sobre a Eficiência Energética, a fonte de Energia Renovável fotovoltaica e os Sistemas de Gestão de Energia de forma Inteligente, explorando estratégias, tecnologias e impactos, a fim de contribuir para a redução do consumo de energia em edifícios e indústrias, promovendo a sustentabilidade e a conscientização energética.

O problema central a ser abordado nesta pesquisa é como promover a eficiência energética, sob a ótica do uso da energia solar fotovoltaica e a implementação de sistemas de gestão de energia inteligente em edifícios e indústrias de forma a reduzir significativamente o consumo de energia e os impactos ambientais associados. Isso requer uma análise aprofundada das estratégias, tecnologias e práticas necessárias, bem como a identificação de obstáculos e desafios que impedem a adoção generalizada dessas soluções

2. DESENVOLVIMENTO

A Indústria 4.0, com sua ênfase na automação, conectividade e eficiência, abre novos horizontes para a busca de práticas industriais mais sustentáveis. Nesse contexto, a integração das energias renováveis desempenha um papel fundamental. À medida que as empresas adotam as tecnologias da Indústria 4.0, há uma oportunidade significativa de avançar em direção a um modelo de produção mais verde e responsável (SOARES, 2022).

A utilização de energias renováveis, como a solar e a eólica, pode reduzir consideravelmente a pegada de carbono das operações industriais. A geração distribuída de energia, por meio de painéis solares instalados nas instalações industriais, não apenas fornece eletricidade limpa, mas também contribui para a resiliência do suprimento energético (SANTOS, 2020). Isso não só reduz os custos operacionais a longo prazo, mas também alinha as empresas com as metas de sustentabilidade e responsabilidade ambiental.

Na Indústria para Barbosa e Rodrigues (2019) através de um gerenciamento mais eficaz da energia. Sensores e sistemas de monitoramento em tempo real podem rastrear o consumo de energia em toda a fábrica e identificar áreas de desperdício. Isso permite ajustes precisos nos processos para otimizar o uso de energia, reduzindo assim os custos e o impacto ambiental. A análise de dados em grande escala também pode identificar tendências de uso de energia, permitindo a implementação de medidas proativas de eficiência energética.

De acordo com Batista (2013), a gestão eficiente de energia elétrica é de vital importância para organizações em todo o mundo, pois pode resultar em economias significativas e redução do impacto ambiental. Uma das estratégias-chave para otimizar os custos de energia é a melhoria do fator de carga. O fator de carga mede a eficiência na utilização da energia e, ao aumentá-lo, as organizações podem diminuir o valor médio pago pela energia consumida. Essa melhoria pode ser alcançada por meio de práticas como o agendamento de

equipamentos para operar durante períodos de menor tarifação e a redistribuição do consumo ao longo do dia.

Segundo Soares (2022) a automação inteligente desempenha um papel crucial na otimização dos recursos. A produção sob demanda, habilitada pela Indústria 4.0, significa que os produtos são fabricados apenas quando necessário, minimizando o desperdício de matérias-primas e energia. Além disso, a manutenção preditiva, possível graças à análise de dados em tempo real, reduz as paralisações não programadas das máquinas, melhorando a eficiência geral da produção e economizando recursos.

A energia desempenha um papel fundamental em nossas vidas diárias, se manifestando de diversas formas. Desde o funcionamento de motores até o simples ato de acender um queimador de fogão ou ligar a televisão, a energia está presente em inúmeras atividades cotidianas. A diversidade de suas aplicações torna o campo dos estudos energéticos bastante abrangente, abordando desde a utilização de recursos naturais até os aspectos relacionados ao desempenho das tecnologias modernas. Isso permite uma abordagem que pode se concentrar apenas em questões técnicas ou pode abranger aspectos socioeconômicos e ambientais mais amplos (VIANA, 2012).

Segundo Paula e Paes (2021) a gestão de empresas voltadas para a produção de energia renovável requer uma abordagem estratégica que abrace tanto os princípios de sustentabilidade quanto as normas de gestão reconhecidas internacionalmente. Um modelo eficaz começa com a adoção de um compromisso claro com a sustentabilidade, incorporando a missão de fornecer energia limpa e renovável para contribuir para a redução das emissões de carbono e a mitigação das mudanças climáticas.

No cerne desse modelo de gestão está a aplicação das normas ISO, como a ISO 14001 para gestão ambiental e a ISO 50001 para gestão de energia. A ISO 14001 permite a identificação e controle de impactos ambientais, garantindo que todas as operações estejam em conformidade com regulamentações ambientais e promovam a conservação de recursos naturais. A ISO 50001, por sua vez, ajuda a estabelecer metas e estratégias para a eficiência energética, assegurando que a produção de energia renovável seja realizada com o máximo de eficiência e uso responsável dos recursos.

Desenvolvimento da Norma: A ABNT NBR ISO 50001 foi desenvolvida pelo ISO Technical Committee (TC) 242 - Energy Management. Essa norma é fundamental para estabelecer diretrizes e requisitos para a gestão de energia em organizações em todo o mundo. No Brasil, o Comitê Brasileiro de Gestão e Economia de Energia (CB 116) foi pioneiro na tradução da norma para o português, tornando-a disponível no mesmo dia de sua publicação internacional.

Normas Complementares: Para facilitar a aplicação da ABNT NBR ISO 50001 em diferentes setores e segmentos de mercado, a comunidade internacional concordou em desenvolver normas técnicas complementares que fornecem detalhes e orientações específicas. No Brasil, de acordo com Fossa et al. (2023), destacam cinco normas técnicas complementares estão disponíveis:

ABNT NBR ISO 50002: Esta norma trata de diagnósticos energéticos, estabelecendo requisitos e orientações para sua utilização.

ABNT NBR ISO 50003: Foca nos requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia, estabelecendo diretrizes para garantir a conformidade.

ABNT NBR ISO 50004: Oferece um guia abrangente para a implementação, manutenção e melhoria de sistemas de gestão de energia.

ABNT NBR ISO 50006: Aborda a medição do desempenho energético usando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) com princípios gerais e orientações.

ABNT NBR ISO 50015: Embora ainda esteja em fase de desenvolvimento, essa norma trata da medição e verificação do desempenho energético das organizações, fornecendo princípios gerais e orientações.

Essas normas complementares são importantes para a implementação eficaz de sistemas de gestão de energia e para avaliar o desempenho energético das organizações de maneira abrangente. Elas ajudam a garantir a conformidade com a ABNT NBR ISO 50001 e a maximizar os benefícios da gestão de energia.

Um aspecto crucial desse modelo de gestão segundo Paula e Paes (2021), é o compromisso com a inovação. A pesquisa e o desenvolvimento contínuos de tecnologias de energia renovável são fundamentais para melhorar a eficiência e a confiabilidade das fontes de energia limpa. Além disso, a busca por métodos de produção mais sustentáveis e a exploração de novos recursos renováveis, como a energia solar, eólica e hidrelétrica, são essenciais para manter a competitividade e a relevância no mercado.

De acordo com Oliveira et al. (2021) com uma prática de gerenciar riscos desempenha um papel importante no modelo, pois a indústria de energia renovável está sujeita a desafios específicos, como variações climáticas e flutuações no mercado de energia. A adoção de estratégias de gerenciamento de riscos, como a diversificação das fontes de energia e a criação de reservas estratégicas, ajuda a mitigar esses desafios e a garantir a estabilidade operacional.

Para Paula e Paes (2021), a transparência e a prestação de contas são valores fundamentais em um modelo de gestão de energia renovável. Isso inclui a divulgação regular de relatórios de sustentabilidade que detalhem o desempenho ambiental e social da empresa, bem como o compromisso com a responsabilidade corporativa. A colaboração com partes interessadas, como comunidades locais e governos, também é essencial para construir relacionamentos sólidos e promover o desenvolvimento sustentável nas regiões onde as empresas operam.

Segundo Losekann e Hallack (2018), a capacitação e o desenvolvimento de pessoal são fundamentais para o sucesso deste modelo de gestão. Treinamentos em segurança no trabalho, conscientização ambiental e habilidades técnicas específicas são essenciais para garantir que os colaboradores estejam alinhados com os valores da empresa e possam operar com segurança e eficiência nas instalações de energia renovável.

Diante desses aspectos, genericamente como uma gestão responsável na indústria de energia renovável desempenha um papel crucial na busca por um desenvolvimento sustentável. Para atingir esse objetivo, as empresas do setor podem se beneficiar da aplicação de normas específicas que promovem a responsabilidade social, ambiental e econômica. Dentre essas normas, destacam-se a ISO 26000:2010, que oferece diretrizes abrangentes de responsabilidade social, e a ISO 9001:2015, que estabelece padrões de qualidade para os processos organizacionais.

A norma ISO 26000 é um guia completo que abrange uma ampla gama de aspectos relacionados à responsabilidade social das organizações. Ela engloba temas que vão desde a gestão ambiental até a preocupação com as partes interessadas, proporcionando uma estrutura sólida para a tomada de decisões éticas e sustentáveis. Por outro lado, a ISO 9001 é referência na garantia da qualidade dos produtos e serviços, essencial para a credibilidade e competitividade das empresas de energia renovável.

Neste contexto, a integração dessas normas em um Sistema de Gestão Integrada (SGI) pode ser um passo fundamental para que as empresas do setor atuem de forma eficaz e responsável, considerando não apenas a qualidade dos produtos, mas também os impactos ambientais e o compromisso social.

Os padrões nacionais e internacionais desempenham um papel fundamental ao definir critérios para facilitar a implementação de sistemas de gestão energética em organizações (LASKURAIN; HERAS-SAZARBITORIA; CASADESÚS, 2015).

Esses padrões internacionais são, inicialmente, de natureza voluntária e podem ser adotados por organizações públicas e privadas em todo o mundo. No entanto, em muitos casos, eles são incorporados à legislação e se tornam obrigatórios. Isso ocorre com o objetivo de promover a igualdade de requisitos seguidos globalmente, facilitando o comércio de bens, serviços e tecnologia entre países (DU PLESSIS, 2015).

A contribuição do sistema de gestão na indústria de energia renovável desempenha um papel fundamental na otimização do aproveitamento dessas fontes limpas e na garantia de sua confiabilidade. Como mencionado no contexto anterior, a energia renovável, em particular a solar e a eólica, é altamente dependente das condições climáticas. Nesse sentido, a implementação de um sistema de gestão eficiente se torna essencial para lidar com as variabilidades dessas fontes de energia (OLIVEIRA, 2020).

Para Silva et al (2022), o sistema de gestão permite a integração suave de diferentes fontes de energia renovável em uma única rede. Isso significa que, quando as condições climáticas não são ideais para uma fonte, o sistema pode alternar automaticamente para outra fonte disponível, garantindo um fornecimento contínuo de energia. A IA Inteligência Artificial, desempenha um papel crítico nesse processo, avaliando constantemente as condições e tomando decisões em tempo real.

Neste sentido, segundo Cruz et al (2023) o sistema de gestão também desempenha um papel importante na previsão de energia. A IA pode analisar dados meteorológicos, padrões de consumo e outros fatores para prever com precisão quanto energia será gerada a partir de fontes renováveis em um determinado período. Isso ajuda as operadoras a planejar adequadamente a distribuição de energia e a evitar picos de demanda.

A eficiência energética é outra área em que o sistema de gestão se destaca na indústria de energia renovável. Ele pode monitorar o consumo de energia em edifícios e instalações, identificar áreas de desperdício e sugerir melhorias para reduzir o consumo. Isso é crucial para garantir que a energia renovável seja usada de maneira eficiente (SANTOS, 2020).

Santos (2020) ainda destaca, que a gestão de recursos de energia renovável, como painéis solares e turbinas eólicas, é simplificada por meio de sistemas de monitoramento e controle. A IA pode detectar problemas em equipamentos e alertar os operadores para manutenção preventiva, reduzindo o tempo de inatividade e os custos de reparo.

De acordo com Santos (2018), com a produção fotovoltaica de energia, a produção de células e módulos fotovoltaicos, destacando o uso predominante de materiais semicondutores, com o silício sendo o material mais comum. O silício é preferido devido à sua abundância na Terra e à sua não toxicidade.

O autor também menciona que, em condições ideais de laboratório ou condições de teste padrão (STC), as células de silício podem atingir eficiências superiores a 24%, com um potencial teórico de eficiência de até 30%.

Segundo Almeida et al. (2016), a eficiência das células é influenciada por diversos fatores, incluindo o fator de empacotamento, a eficiência ótica de cobertura do módulo e perdas nas interconexões elétricas das células, resultando em uma eficiência global mais baixa para os módulos do que para as células individuais.

Santos (2018), sinaliza que como a eficiência dos geradores fotovoltaicos é afetada pela inclinação e orientação dos painéis solares. Isso depende da relação entre a radiação solar direta e difusa local, bem como da fração de albedo (reflexão dos arredores), que varia de acordo com o ambiente circundante da instalação. Em geral, a inclinação ideal em relação à horizontal para a máxima incidência solar anual é determinada pela latitude local, enquanto a orientação ótima aponta para uma superfície voltada para o equador, com o norte geográfico para instalações no hemisfério sul e o sul geográfico para instalações no hemisfério norte.

A segurança é outra consideração importante na indústria de energia renovável. Os sistemas de gestão podem incluir medidas de segurança cibernética para proteger contra ataques

e interrupções no fornecimento de energia. A IA pode detectar anomalias no sistema e tomar medidas para mitigar ameaças.

Com isso, a implementação de um sistema de gestão eficiente na indústria de energia renovável contribui diretamente para o desenvolvimento sustentável. A otimização do uso de fontes limpas de energia reduz a dependência de combustíveis fósseis, diminuindo as emissões de gases de efeito estufa e combatendo as mudanças climáticas (OLIVEIRA, 2020).

Segundo Barros (2016), a gestão eficiente de energia elétrica requer uma abordagem holística que inclui o aumento do fator de carga, a escolha do ambiente de contratação de energia e a consideração da implementação de geração distribuída. Essas medidas são essenciais para otimizar os custos de energia, reduzir o impacto ambiental e promover a sustentabilidade nas operações organizacionais.

3. METODOLOGIA

A metodologia do trabalho foi feita por meio de publicações analisadas pela pesquisa bibliográfica, que teve intuito de buscar diante das possibilidades de uma gestão energética eficiente.

A base da pesquisa e a formulação de elementos que consigam direcionar o conteúdo pesquisado ao foco do tema, e diante deste aspecto, foram delimitadas palavras-chave que incidirão na consulta, tais quais se relacionam: : indústria inovadora; gestão ambiental na indústria; inovação na indústria 4.0; inteligência artificial na indústria sustentável; gestão inovadora; sistema de gestão na indústria 4.0; sistema de gestão inovadora; Energia Fotovoltaica; Geração de Energia Fotovoltaica; Energia solar; e demais elementos que possam melhor quantificar dados relevantes para o contexto abordado.

Neste sentido, os dados são quantificados em 3 pilares de entendimento, como forma de orientar diante do que possa relacionar a eficiência energética no Brasil.

A consulta será feita via digital na internet, pesquisando em sites como Google Acadêmico, Scielo, e demais locais que contenham conteúdo voltado ao tema.

Os dados serão inicialmente pesquisados e filtrados por temática, diante de um período entre suas publicações que podem variar entre os anos 1992 até 2023. E neste contexto, como forma de expressar uma “evolução histórica”, como forma também de favorecer o diálogo entre os contextos a serem explorados.

Tabela 1. Pilares da Gestão de Energia Elétrica e Energia Renovável

Temática de pesquisa	Autores
Integração de Energias Renováveis e Tecnologias Inteligentes	- Santos (2020): Integração de energias renováveis (solar e eólica) e geração distribuída de energia. - Soares (2022): Automação inteligente e manutenção preditiva para otimização dos recursos.
Gestão Eficiente de Energia Elétrica	- Batista (2013): Melhoria do fator de carga e estratégias para otimizar os custos de energia. - Barbosa e Rodrigues (2019): Uso de sistemas de monitoramento em tempo real, análise de dados e práticas de eficiência energética.

Normas e Sistemas de Gestão	- Paula e Paes (2021): Adoção de normas internacionais, como ISO 14001 e ISO 50001, para promover a sustentabilidade e eficiência. - Frozza et al. (2023): Desenvolvimento de normas técnicas complementares para aplicação da ABNT NBR ISO 50001 e implementação de um Sistema de Gestão Integrada (SGI).
-----------------------------	--

Ao dividir os autores em três pilares da gestão de energia elétrica e energia renovável, podemos identificar várias tendências e áreas de foco no campo da eficiência energética e na integração de energias renováveis em práticas industrial. E diante deste aspectos, tais abordagens visam não apenas a moldar a construção textual, mas também de modo a evidenciar a contribuição para a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental, considerando a relevância das questões que podem emergir da eficácia no sistema de energia ao utilizar tais ferramentas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os painéis solares, que são a peça central dos sistemas fotovoltaicos, são compostos por células solares feitas de silício. Essas células são responsáveis por capturar a luz solar e gerar eletricidade. O silício pode ser classificado em dois tipos: silício cristalino e silício amorfo. O silício cristalino é o mais comumente utilizado devido à sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade. Já o silício amorfo é usado em aplicações de menor escala, como relógios solares e calculadoras (SENAI, 2016).

Dentro das células solares, o silício é dopado com impurezas para criar camadas com diferentes propriedades elétricas. O processo de dopagem adiciona átomos de outros elementos, como o fósforo e o boro, criando camadas do tipo N e do tipo P, respectivamente. Essas camadas N e P formam uma junção PN, que é essencial para o funcionamento das células solares. Quando a luz solar incide sobre a célula, os fótons energéticos excitam os elétrons no silício, gerando uma corrente elétrica (SENAI, 2016).

A implementação de sistemas de energia solar residencial no Brasil requer a observância de normas e regulamentações específicas para garantir a segurança, a eficiência e a conformidade com os padrões estabelecidos. Existem vários requisitos a serem considerados antes da instalação de um sistema de energia solar em uma residência (EDICASE, 2022).

O uso adequado de energia é muito vital para atender a necessidade de demanda de energia. Especialistas de todo o mundo são de opinião para utilizar fontes de energia renováveis para geração de energia.

No Brasil, a energia solar é regulamentada por diversas normas e regulamentos que estabelecem diretrizes e requisitos para a instalação e operação de sistemas fotovoltaicos. Abaixo, destaco alguns desses principais regulamentos:

Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL: Essa resolução estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Ela define as regras para a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica, o processo de compensação de energia e a possibilidade de venda de excedentes de energia para a distribuidora.

Norma ABNT NBR 16690:2018 - Sistemas Fotovoltaicos: Esta norma estabelece os requisitos técnicos mínimos para o projeto, instalação, operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Ela aborda aspectos como o dimensionamento adequado do sistema, proteção contra descargas atmosféricas, proteção contra choques elétricos, e requisitos para a qualidade da energia gerada.

Norma ABNT NBR 5410:2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Essa norma é amplamente utilizada no Brasil para estabelecer as condições necessárias para as instalações elétricas de baixa tensão, incluindo as instalações de sistemas fotovoltaicos residenciais. Ela aborda aspectos como a proteção contra sobrecorrente, proteção contra sobretensão, aterramento adequado, entre outros.

Norma ABNT NBR 15569:2015 - Sistemas Fotovoltaicos - Requisitos de segurança: Essa norma estabelece os requisitos de segurança específicos para sistemas fotovoltaicos. Ela abrange aspectos como a segurança contra incêndios, riscos elétricos, curto-circuito, raios solares concentrados e outros riscos associados à instalação e operação dos sistemas.

Instrução Normativa RFB nº 1.900/2019: Essa instrução normativa define as regras e procedimentos para a compensação de energia elétrica gerada por sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Ela estabelece diretrizes para a contabilização dos créditos de energia e a forma de utilização desses créditos para abater o consumo de energia da unidade consumidora.

Essas normas e regulamentos são fundamentais para assegurar a qualidade, segurança e conformidade dos sistemas fotovoltaicos no Brasil. É importante que os instaladores, projetistas e consumidores estejam cientes e sigam as diretrizes estabelecidas para garantir o bom funcionamento e a integração adequada desses sistemas na rede elétrica nacional.

O uso da energia solar nas residências brasileiras tem demonstrado impactos financeiros e ambientais positivos, de acordo com estudos realizados no país. Um estudo conduzido pela BEM em 2022 mostrou que a energia solar fotovoltaica pode contribuir para a redução dos custos de energia elétrica dos consumidores, principalmente devido à queda nos preços dos equipamentos e à implementação de políticas de incentivo. A análise também apontou que o retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos residenciais pode ocorrer em um período relativamente curto, geralmente entre 5 e 7 anos.

Segundo o portal Neoenergia (2021) outro estudo realizado avaliou o impacto financeiro da energia solar em residências brasileiras. Os resultados indicaram que a instalação de sistemas fotovoltaicos pode levar a uma economia significativa nas contas de eletricidade, com potencial de redução de até 95% nos gastos com energia ao longo de sua vida útil.

No que diz respeito ao impacto ambiental, um estudo publicado em 2020 pelo Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) analisou o potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa com a expansão da energia solar residencial no Brasil. O estudo concluiu que, até 2050, a energia solar poderia evitar a emissão de aproximadamente 2,6 milhões de toneladas de CO₂ por ano no país, contribuindo significativamente para a mitigação das mudanças climáticas.

Além disso, uma pesquisa conduzida pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) em 2019 destacou o papel da energia solar no contexto da matriz energética brasileira. O estudo apontou que a geração distribuída, incluindo a energia solar residencial, pode reduzir a necessidade de investimentos em infraestrutura de geração e transmissão, trazendo benefícios financeiros tanto para os consumidores como para o setor elétrico como um todo.

No aspecto da valorização imobiliária, estudos também demonstram impactos positivos do uso da energia solar nas residências. Uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) em 2018 indicou que imóveis com sistemas fotovoltaicos tendem a ter uma valorização média de 8% a 15%, dependendo da localização e das características do imóvel.

Uma análise realizada pela Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) em 2020 destacou que a energia solar é uma fonte de energia de baixo impacto ambiental, uma vez que não emite poluentes atmosféricos nem gera resíduos durante sua operação. Essa característica contribui para a preservação da qualidade do ar e a redução da poluição.

A energia fotovoltaica tem uma série de vantagens: O consumo primário total (nuclear, carvão, óleo, gás, renováveis etc.) de energia no mundo no ano de 2018 foi de 13,9 BTE (bilhões

de toneladas de óleo equivalente) (BP, 2019) ou 161.000 TWh (TeraWatt.hora, 1 BTE = 11.600 TWh). A potência solar que atinge a superfície terrestre (excluindo-se a parte que é refletida na atmosfera e nuvens) é da ordem 90.000 TW. Assim, se toda essa radiação solar pudesse ser convertida em energia para uso, com 2 horas de insolação a energia incidente seria de 180.000 TWh, ou seja, maior que todo o consumo de energia do mundo em 1 ano (FIRJAN, 2016).

CONCLUSÕES

De acordo com o referencial teórico e adotando a análise das discussões, a adoção da geração de energia solar representa um passo importante para promover a sustentabilidade e reduzir a dependência de fontes não renováveis de energia. No entanto, é necessário um esforço contínuo para conscientizar as pessoas sobre a importância e os benefícios dessa tecnologia. Programas de conscientização devem ser implementados para informar e educar a população sobre as vantagens das fontes renováveis de energia, incentivando a adoção de sistemas fotovoltaicos residenciais.

A implementação de um sistema de energia solar residencial transcende os benefícios financeiros, estendendo-se ao compromisso com a sustentabilidade ambiental. Ao reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis e diminuir as emissões de carbono, os proprietários estão contribuindo diretamente para a preservação do meio ambiente para as gerações futuras.

Em suma, a implementação de um sistema de energia solar residencial é uma escolha que alia eficiência energética, responsabilidade ambiental e benefícios financeiros. Ao tomar essa iniciativa, os proprietários de residências não apenas colhem os frutos da economia de custos, mas também desempenham um papel ativo na promoção de um futuro mais sustentável e resiliente em termos energéticos.

As fontes alternativas de energia, como a energia solar, são cada vez mais reconhecidas como parte essencial do portfólio energético. Seu objetivo é reduzir os impactos ambientais negativos associados às fontes de energia não renováveis, como os combustíveis fósseis. Além de proporcionar economia de custos a longo prazo, a escolha de energia renovável contribui para a proteção do meio ambiente, evitando as emissões de gases de efeito estufa.

5.AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos professores e a universidade .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. CHAMADA Nº. 001/2016 - PROJETO PRIORITÁRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ESTRATÉGICO DE P&D: “EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MINIGERAÇÃO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR”, Brasília, 2016.

NBR ISO 50.001, Sistemas de Gestão da Energia - Requisitos com orientação para uso, 31 de agosto de 2018.

ANEEL. **Resolução 482/2012**. 17 de abril de 2012.

ANEEL. **Resolução 687/2015**. 24 de novembro de 2015.

ANEEL. Resolução 687/2015. 24 de novembro de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução Normativa no 482**, de 17 de abril de 2012.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, Informações Gerenciais, 4º Trimestre de 2018.

BEM, Relatório Síntese 2023 ano base 2022. Ministério de Minas e Energia, 2023.

EDICASE, Manual do construtor-especial energia solar para gerar eletricidade e aquecimento. São Paulo: Edicase Publicações, 2022.

FIRJAN, Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil, julho de 2016.

NEOENERGIA, Energia solar gera economia de até 95%. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/pt/w/energia-solar-gera-economia-de-ate-95-na-conta-de-luz-e-valoriza-imoveis>. Acesso em: 11/2023.

SENAI, Instalação de sistema de microgeração solar fotovoltaica. São Paulo: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2016.

VILLALVA, M.G. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações: São Paulo, Editora Erica, 2012

ALMEIDA, E.; ROSA, A. C.; DIAS, F. C. L. S.; BRAZ, K. T. M.; LANA, L. T. C.; SANTO, O. C. E.; SACRAMENTO, T. C. B. **Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica**. Universidade FUMEC, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil – **Infográfico Absolar**, n.7, 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 414**, 09 de setembro de 2010. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>

BATISTA, Oureste Elias. **Gestão energética industrial: uma abordagem frente à inteligência empresarial**. 2011. TCC - Curso de Engenharia Elétrica Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

BATISTA, M. L. **Manual de eficiência energética: estratégias para redução de custos na indústria**. Senai-SP. 2013.

BARBOSA, G.F., RODRIGUES, W. Perspectivas para o desenvolvimento da indústria baseada em matérias-primas renováveis no Brasil: uma análise regionalizada. **Informe GEPEC**, 23(2), 2019.

BEN. **Balço Energético Nacional**, 2020. Disponível em: Acesso em: 04 de nov de 2023.
CÂMARA, C. F. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. Monografia Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2011.

CARVALHO, K. J. S. **Sistemas fotovoltaicos distribuídos e integrados à rede elétrica: Condições de operação e seus impactos**. Dissertação de Mestrado, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2012.

CASARO, M. M; MARTINS, D. C. Processamento eletrônico da Energia Solar Fotovoltaica em Sistemas conectados à Rede Elétrica. **Revista Controle & Automação**, vol. 21, n.2, p. 159-84 177, 2010.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia. **Manual de Eficiência Energética na Indústria**. Curitiba: COPEL. 2021.

CRUZ, H.L.DA. et al. Contribuições da simbiose industrial na gestão de recursos materiais, água e energia em um parque industrial e logístico. **Revista Jatoba**, Goiania, 2023.

FOSSA, A.J. et al. **Guia para aplicação da norma ABNT ISSO 50001-Gestao de energia**. International CooperAssociation Brazil. 2023.

GONÇALVES, H. LEÃO, T.P.DE. **Fórum energias renováveis Portugal 2020**. Lisboa: Lneg, 2020.

LOSEKANN, L., HALLACK, M.C.M. Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades. **Repositório do Conhecimento do IPEA**, 2018.

OLIVEIRA, A.C.DE. **Comunidades de energia renovável como mecanismo de mitigação ambiental no setor industrial**. Dissertação Engenharia e Gestão Ambiental da FEUP Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2020.

OLIVEIRA, José Antônio Puppim de. **Empresas na sociedade: sustentabilidade e responsabilidade social**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

OLIVEIRA, A.P.B.DE. et al. Inovação e mudanças de paradigmas através da gestão 4.0 na busca do diferencial competitivo nas organizações. **Revista Metropolitana** nº5, 2021.

PAULA, A.P.DE., PAES, K.D. Fordismo, pós-fordismo e ciberfordismo: os (des) caminhos da indústria 4.0. **Cad. EBAPE**. 19(4), Rio de Janeiro, 2021.

SANTOS, E.P.DOS. **Mercado no Brasil para o uso de energias renováveis e ações de eficiência energética**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Nuclear do Instituto de Pesquisas Energéticas e NuclearesIPEN, São Paulo, 2020.

SILVA, M.DA.V.C. et al. Contribuição da inteligência artificial no desenvolvimento de energias renováveis: uma revisao bibliometrica de literatura. **Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade -Resiliência Ambiental**, 4(3), 2022.

SOUZA, M.C.I.DE. Energias renováveis e suas alternativas: a energia solar na indústria. **Rev. Univer. Bras.**, 1(2), 2023.

SOARES, J.M.P.C. **Contribuição da indústria 4.0 em edifícios NZEB**. TCC de Engenharia Mecânica do Insituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2022.

SANTOS, L. M. et al. Technical analysis of the application of water in the improvement of the electrical efficiency in photovoltaic panels. **In: IEEE Chilecon**, 2017.

SANTOS, L. M. **Estudos de melhoria da eficiência energética em painéis fotovoltaicos pela aplicação de água**. Dissertação de Mestrado Profissional, Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG, Goiânia, 2018.

SANTOS, A. H. M, et al. **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos**. Itajubá: FUPAI, 2006.

VIEIRA, Mateus Coelho. **Controlador de demanda de energia utilizando inteligência computacional**. (Graduação) - Curso de Engenharia de Sistemas e Automação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

VIANA, A. N. C.; BORTONI, E. C.; NOGUEIRA, F. J. H.; HADDAD, J.; NOGUEIRA, L. A. H.; VENTURINI, O. J.; YAMACHITA, R. A. Elektro - **Eletricidade e Serviços S. A. Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. Campinas-SP, 2012.