

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS LITORAL NORTE
DEPARTAMENTO INTERDISCIPLINAR
ENGENHARIA DE GESTÃO DE ENERGIA

MARIANA RÖNNAU

**INDICADORES DE DESEMPENHO PARA A QUALIFICAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO DE EMPRESAS INTEGRADORAS DE
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL**

Tramandaí

2023

MARIANA RÖNNAU

INDICADORES DE DESEMPENHO PARA A QUALIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE EMPRESAS INTEGRADORAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Este trabalho foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da atividade de ensino “Trabalho de Conclusão de Curso”, do Departamento Interdisciplinar e aprovado em sua forma final pelo(a) Orientador(a) e pela Banca Examinadora.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Juliana Klas, UFRGS.

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brasil.

Co-Orientadora: Profa. Dr^ª. Aline Cristiane Pan, UFRGS.

Doutora pela Universidade Politécnica de Madri – Madri, Espanha.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fernando Soares dos Reis, UFRGS.

Doutor pela Universidad Politécnica de Madrid – Madri, Espanha.

Prof. Dr. Néstor Fabián Ayala, UFRGS.

Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brasil.

Coordenadora COMGRAD-EGE: _____

Prof^ª. Dr^ª. Gabriela Pereira da Silva Maciel

Tramandaí-RS, 13 de abril de 2023.

INDICADORES DE DESEMPENHO PARA A QUALIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE EMPRESAS INTEGRADORAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Mariana Rönnau¹ – marianaronnau27@gmail.com

Juliana Klas¹ – juliana.klas@ufrgs.br

Aline Cristiane Pan¹ – aline.pan@ufrgs.br

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento Interdisciplinar - Engenharia de Gestão de Energia.

Resumo. *Empresas integradoras de sistemas de energia solar fotovoltaica são os agentes da cadeia produtiva do segmento responsáveis por fazer a interface entre as distribuidoras de equipamentos e os clientes interessados na tecnologia, provendo serviços de instalação, operação e manutenção. O setor de energia solar fotovoltaica tem especial contribuição para a mitigação de mudanças climáticas, e os agentes de integração, contribuem para a geração de renda e empregos de forma destacada frente a outras opções tecnológicas do setor energético. Agendas globais como a 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) e políticas nacionais como a que estabelece as regras de micro e minigeração distribuída (MMGD) a partir da Lei nº 14.300/2022 têm impacto no mercado, exigindo estratégias de gestão dos tomadores de decisão das integradoras fotovoltaicas. Nesse contexto, indicadores de desempenho têm papel fundamental para acompanhamento de decisões. Algumas entidades realizam estudos com indicadores correlacionados com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU voltados a empresas de todos os setores. Outras realizam estudos e pesquisas especializadas no setor de energia solar fotovoltaica. Porém, há uma lacuna de pesquisa referente a indicadores de gestão sustentável para auxiliar integradoras fotovoltaicas no Brasil. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é elaborar indicadores de desempenho para nortear a qualificação e desenvolvimento de empresas integradoras de energia solar fotovoltaica no Brasil com princípios alinhados aos ODS propostos na Agenda 2030. Com base na metodologia, foram propostos nove indicadores de desempenho, com três deles específicos para o setor, abrangendo temas que contribuem com a potencial melhoria na gestão de empresas integradoras de sistemas de energia solar fotovoltaica.*

Palavras-chave: *Energia Solar, Indicadores de Desempenho, Desenvolvimento Sustentável.*

Abstract. *Photovoltaic solar energy system integrators are the part of the production chain responsible for making the interface between equipment distributors and customers interested in the technology, providing installation, operation and maintenance services. The photovoltaic solar energy sector has a special contribution to the mitigation of climate change, and the system integrators contribute to the generation of income and jobs in a prominent way compared to other technological options in the energy sector. Global agendas such as the United Nations' 2030 Agenda and national policies such as the one that establishes the rules for micro and mini distributed generation (MMGD) under Law No. 14.300/2022 have an impact on the market, requiring management strategies by the system integrators' decision makers. In this context, performance indicators play a fundamental role in monitoring decisions. Some entities carry out studies with indicators correlated with the UN Sustainable Development Goals (SDGs) aimed at companies of all segments. Others conduct specialized studies and research in the photovoltaic solar energy sector. However, there is a research gap regarding sustainable management indicators to assist photovoltaic integrators in Brazil. Therefore, the objective of this work is to develop performance indicators to guide the qualification and development of photovoltaic solar energy integrator companies in Brazil with principles aligned with the SDGs proposed in the 2030 Agenda. Based on the methodology, nine performance indicators were proposed, with three of them specific to the sector, covering topics that contribute to the potential improvement in the management of companies that integrate photovoltaic solar energy systems.*

Keywords: *Solar Energy, Performance Indicators, Sustainable Development.*

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de buscar a paz mundial com ampla liberdade, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs a Agenda 2030, um plano global com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), para que os 193 países signatários contribuam para o desenvolvimento sustentável, equilibrando as dimensões econômicas, sociais e ambientais, até o ano de 2030 (UNITED NATIONS, 2015). Este é considerado uma referência global, alinhando ações de entidades de todo o mundo em direção a objetivos comuns. O Brasil foi um dos países que se comprometeu a alcançar as metas traçadas nos ODS através de acompanhamento e devidas adaptações, tarefa que a Comissão Nacional dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (CNODS) atribuiu ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

O IPEA é uma instituição pública federal, vinculada ao Ministério da Economia, que possui o propósito de melhorar as políticas públicas, cruciais para o progresso do Brasil, por meio da produção e divulgação de conhecimentos, e também através da prestação de assessoria ao Estado em suas escolhas estratégicas. O instituto coordena, desde 2018, a publicação de Cadernos ODS, visando divulgar estudos, pesquisas e uma série de análises para determinar as linhas de base dos indicadores de monitoramento das metas da Agenda 2030, juntamente com uma avaliação breve dos principais desafios que o país deve superar para implementar ao máximo os ODS dentro do prazo previsto (IPEA, 2019a).

O ODS nº 7 aborda questões ambientais e socioeconômicas, com vistas ao desenvolvimento sustentável, ao focar na garantia de energia renovável e acessível (UNITED NATIONS, 2015). Conforme cita o relatório da Nações Unidas *UN-Energy Plan of Action towards 2025* (UNITED NATIONS, 2022) o ODS nº 7 apresenta um duplo imperativo, que é acabar com a pobreza energética e resolver as mudanças climáticas. Isto porque o investimento em energia limpa, acessível e sustentável cria oportunidades de transformação ao passo que as soluções energéticas estimulam a inovação, fazem crescer mercados de trilhões de dólares, geram milhões de empregos verdes e desenvolvem cidades e comunidades sustentáveis, criando um futuro mais justo (UNITED NATIONS, 2022).

Na busca de resolução das mudanças climáticas, o cenário mundial aponta, a cada ano, para a transição energética através da diversificação e descarbonização da matriz elétrica com novas fontes de energia capazes de atender ao acelerado aumento do consumo de forma sustentável (CATTELAN, 2019). Em 2021, o investimento global em novas instalações para produção de energia foi de 69% em fontes renováveis (REN21, 2022). Nesse cenário, a energia solar fotovoltaica desempenha um papel estratégico de fomento a energias renováveis, tendo em vista que pode ser entendida como uma tecnologia que deriva do recurso energético mais abundante da Terra, pois a potência solar instantânea total que incide sobre a Terra é da ordem de $1,75 \times 10^{17}$ W (RUTHER, 2004).

Ao final de 2021, a instalação mundial de unidades geradoras de energia solar fotovoltaica, geração distribuída e centralizada totalizou 3,064 GW, representando um aumento de 9,1% em relação a 2020 (IRENA, 2021). O avanço na participação da geração distribuída para a produção de energia elétrica pode representar benefícios na esfera socioeconômica, visto que dentre todas as fontes de energias renováveis, o setor solar fotovoltaico é o que mais gerou empregos no mundo, com aproximadamente 4,3 milhões de pessoas empregadas em 2021 (IRENA, 2022). Com isso, a fonte solar fotovoltaica corrobora com outro pilar da transição energética que é a descentralização.

No Brasil, o Ministério de Minas e Energia (MME), por meio da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), enfatiza que o aumento da atividade econômica gera uma necessidade cada vez maior de energia (EPE, 2022). Ao longo da próxima década, a tecnologia fotovoltaica tem um potencial significativo de se expandir ainda mais devido à sua capacidade de instalação modular, à previsão de redução de custos e ao aumento da sua adoção pela sociedade (PDE, 2030). Em 2022, a energia solar fotovoltaica atingiu a representatividade de 11,6% da matriz elétrica brasileira, expressando um aumento de 68% em relação ao ano de 2021, e tornando-se a segunda maior fonte de energia elétrica do País (ABSOLAR, 2023). Os preços dos sistemas fotovoltaicos apresentaram redução média de 12% para o consumidor final, sendo as classes residencial e comercial as que mais se destacaram, representando, respectivamente, 49% e 29% da potência instalada acumulada durante o ano de 2022 (GREENER, 2023).

Nesse contexto, as empresas integradoras de energia solar fotovoltaica representam um dos agentes da cadeia produtiva do setor que desempenham um papel importante na promoção do mercado fotovoltaico, visto que elas comercializam e propagam o conceito de geração distribuída e do sistema solar fotovoltaico ao consumidor final (DINIZ, 2017). Todavia, o recente aumento no número de empresas no mercado de integração fotovoltaico brasileiro pode representar um desafio para o consumidor final no momento da contratação dos serviços e produtos. O processo de escolha envolve a análise de diversos fatores, como o investimento inicial, o tempo necessário para recuperar o investimento, o intervalo entre a contratação e a operação do sistema, a qualidade dos equipamentos fornecidos, a confiabilidade da empresa responsável pela integração e a disponibilidade de serviços de pós-venda. Como resultado, essa é uma escolha complexa e, muitas vezes, as pessoas enfrentam dificuldades para obter informações completas e confiáveis que possam ajudá-las a tomar a melhor decisão (GARLET *et al.*, 2021).

Para auxiliar seus clientes, pessoas físicas e jurídicas, no processo de escolha de empresas integradoras, o Banco do Estado do Rio Grande do Sul (Barrisul) desenvolveu um convênio de cooperação técnica e financeira com a Universidade Federal do Rio Grande Sul. O Projeto Selo + Energia Sustentável tem o objetivo de oportunizar aos integradores do setor fotovoltaico do mercado gaúcho a chance de aprimorar sua gestão e capacitar seus colaboradores a fim de impulsionar a economia do estado e incentivar o uso de fontes de energia limpa através do desenvolvimento de uma metodologia para reconhecimento de qualificação das empresas no nível ouro, prata ou bronze a partir de um sistema de avaliação com indicadores de desempenho (KLEIN, 2022).

A pesquisa do presente trabalho está inserida no Projeto Selo + Energia Sustentável e tem como objetivo elaborar indicadores de desempenho para a qualificação e desenvolvimento de empresas integradoras de energia solar fotovoltaica no Brasil, com princípios alinhados aos ODS propostos na Agenda 2030. Os indicadores são construídos a partir de uma revisão bibliográfica centrada na identificação de fontes de análise que abordam aspectos de gestão, crescimento econômico, energia, meio ambiente, responsabilidade social e inovação. A estrutura se dará em 5 capítulos que contemplam a introdução, o referencial teórico, os procedimentos metodológicos, a proposta e análise dos indicadores, sob uma ótica de sustentabilidade na gestão e desenvolvimento de empresas integradoras de Energia Solar Fotovoltaica, e as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico são abordados os principais tópicos dos assuntos pesquisados e utilizados como base de conhecimento para o entendimento do trabalho proposto. Inicia-se com a contextualização dos conceitos de micro e minigeração distribuída (MMGD), seguido pela contextualização de empresas integradoras na cadeia produtiva do segmento fotovoltaico no mercado brasileiro. Na sequência, é exposta a importância da sustentabilidade aplicada às empresas, e por fim, indicadores de desempenho relacionados à sustentabilidade.

2.1 Micro e Minigeração Distribuída com o Aproveitamento Solar Fotovoltaico no Brasil

Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica, a MMGD são sistemas de produção de energia elétrica a partir de pequenas centrais geradoras que utilizam fontes renováveis ou cogeração qualificada e estão conectadas à rede de distribuição através de unidades consumidoras (ANEEL, 2022). A reestruturação do setor elétrico teve origem em 2012, quando a ANEEL lançou a Resolução Normativa (REN nº 482), que viabilizou o cidadão a gerar sua própria energia e obrigou as concessionárias de distribuição de energia elétrica a desenvolver mecanismos que permitam ao consumidor final gerar sua própria energia, seja em suas residências ou empresas.

Em 2022, foi instituído o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída por meio da Lei nº 14300, estabelecendo segurança jurídica para esse mercado no Brasil. A nova legislação estabelece os procedimentos para conexão e cobrança de centrais de MMGD em sistemas de distribuição, e aprimora as diretrizes para a compensação dos créditos de energia produzidos por essas centrais para aqueles que solicitarem orçamento de conexão à rede elétrica da concessionária de energia após 7 de janeiro de 2023 (ANEEL, 2023). É válido destacar que o setor elétrico brasileiro é diferenciado em relação ao restante do mundo, com especificidades próprias do país, que possui uma matriz elétrica baseada em fontes renováveis, uma legislação de MMGD iminente e uma forte relação do cidadão e empresas com as concessionárias de energia.

Dentre as tecnologias de MMGD, destaca-se a baseada no aproveitamento solar fotovoltaico, cuja implementação pode ser realizada por meio de usinas de pequeno e médio porte instaladas em edifícios residenciais e comerciais, que produzem eletricidade para consumo próprio e fornecem o excesso de energia para a rede elétrica. A geração distribuída de energia ajuda a diminuir as perdas no Sistema Interligado Nacional (SIN), que ocorrem devido à distância entre as usinas geradoras e os centros de consumo. A qualidade dos recursos energéticos nacionais, as elevadas tarifas de eletricidade e um modelo de compensação de créditos extremamente favorável, tornaram o investimento em geração própria bastante rentável no país (CATTELAN, 2019).

A diferenciação entre MMGD é estabelecida de acordo com a potência instalada das centrais geradoras: a microgeração distribuída é aplicada a centrais geradoras com potência instalada de até 75 quilowatts (kW), enquanto a minigeração distribuída é aplicada a centrais geradoras com potência instalada entre 75 kW e 3 megawatts (MW) no caso de fonte não despachável ou até 5 MW em fontes despacháveis. São consideradas fontes despacháveis aquelas que possuem viabilidade de controle variável de sua geração de energia, como é o caso de termelétricas, biomassa, eólica e solar com sistema de armazenamento, dentre outras (BRASIL, 2022).

Nesse contexto, há um conjunto de normas técnicas e procedimentos operacionais para garantir a qualidade e segurança da distribuição de energia elétrica no Brasil. Para que os projetos de MMGD tenham acesso à rede de distribuição de energia elétrica, algumas etapas devem ser seguidas, de acordo com a Resolução Normativa (REN) nº 1000/2021 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). As etapas envolvem responsabilidades da concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica e do acessante, além dos respectivos prazos a serem cumpridos (ANEEL, 2021).

Como exemplo dessas etapas, pode-se destacar a solicitação de acesso, que é o pedido feito à distribuidora, através de envio de documentação do projeto da micro ou minigeração, pelo consumidor interessado em se conectar à rede elétrica como acessante. Se a documentação apresentada estiver incompleta, a distribuidora é obrigada a recusar o pedido de acesso e notificar o acessante sobre todas as informações em falta. O acessante deve então providenciar as informações pendentes e fazer uma nova solicitação de acesso assim que todas as pendências forem regularizadas. Após receber a solicitação de acesso, a distribuidora deve emitir um parecer de acesso que apresente as condições e os requisitos técnicos necessários para permitir a conexão das instalações do acessante à rede elétrica, juntamente com os prazos estabelecidos para cumprimento dessas condições (ANEEL, 2021).

No contexto de sistemas fotovoltaicos e de promoção à energia limpa, pesquisas recentes têm buscado investigar como esses sistemas podem contribuir para o desenvolvimento sustentável em diferentes regiões. De acordo com o estudo de OBAIDEEN *et al.* (2021), a maioria dos impactos positivos voltados à energia solar fotovoltaica são baseados nos ODS, de forma a integrar qualidade e sustentabilidade, de maneira intrínseca.

Importante destacar que conforme ilustrado na Fig. 1 do relatório produzido pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) em parceria com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), intitulado “Indicadores de desempenho associados a tecnologias energéticas de baixo carbono no Brasil: evidências para um grande impulso energético”, a operação e manutenção (O&M) de MMGD de energia solar fotovoltaica é a maior fonte de empregos dentre todas as opções tecnológicas do setor energético, evidenciando que o setor possui forte potencial de estimular a economia dos municípios brasileiros através de serviços de empresas integradoras ao gerar renda de forma mais democratizada em relação às demais fontes de energia. Conforme o relatório, um dos aspectos importantes da atividade é sua característica

geograficamente difusa, ou seja, é uma fonte que pode ser aproveitada de modo eficiente em todas as regiões do Brasil pela disponibilidade do recurso solar (CEPAL, 2020a).

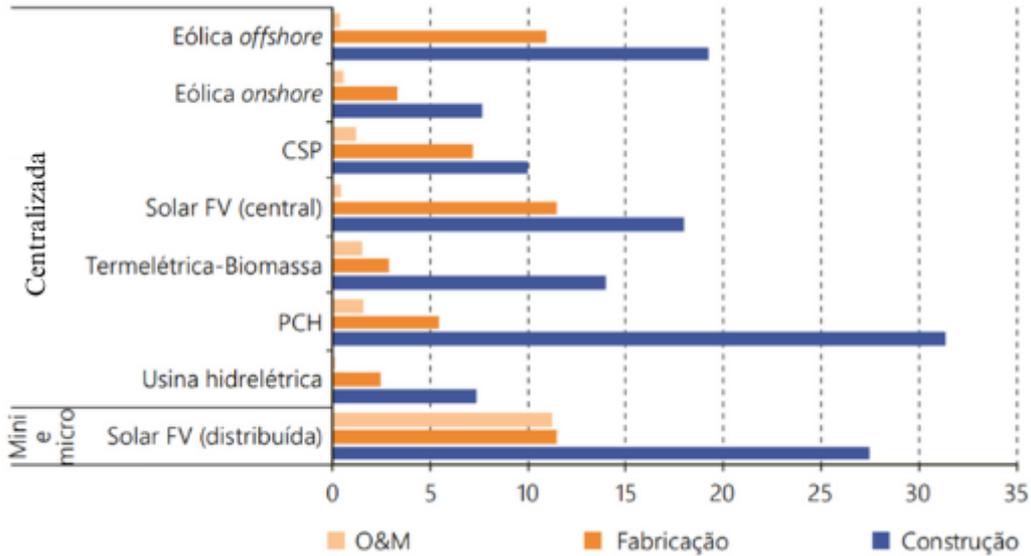


Figura 1- Criação de emprego (empregos/MW ou empregos/MW/ano) para tecnologias de produção de eletricidade (CEPAL, 2020).

2.2 Empresas Integradoras na Cadeia Produtiva de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

Uma série de atividades econômicas compõem a cadeia produtiva do setor solar fotovoltaico, conforme ilustra a Fig. 2. As atividades *upstream* designam a parte da cadeia produtiva da energia solar fotovoltaica que abrange as atividades de extração da matéria-prima, produção e fornecimento de componentes aos fabricantes para beneficiamento de módulos fotovoltaicos. No Brasil, essas atividades são inexistentes em escala comercial, e o setor é atendido através de empresas importadoras de equipamentos. As atividades *downstream* referem-se ao estágio final do processo de produção e instalação sendo uma etapa fundamental, visto que ela é responsável por assegurar a instalação, operação e manutenção adequadas dos sistemas fotovoltaicos (ALMARSHOUD E ADAM, 2022).



Figura 2- Cadeia produtiva do setor de energia solar fotovoltaica (Adaptada de ALMARSHOUD E ADAM, 2022).

Destacam-se no Brasil as atividades de planejamento de projetos, instalação, conexão na rede elétrica (ANEEL, 2021) e operação e manutenção representadas na Fig. 2, realizadas por empresas reconhecidas como empresas integradoras de

energia solar fotovoltaica, as responsáveis por fazer a interface entre as distribuidoras de equipamentos fotovoltaicos e os clientes interessados na fonte de energia.

Um agente que contribui para o mapeamento dessas atividades é a Greener. Especializada no setor fotovoltaico brasileiro, atua em consultoria, assessorias e pesquisa a partir da aplicação de questionários às empresas integradoras e às distribuidoras de equipamentos fotovoltaicos. No segmento de geração distribuída, a entidade possui ferramentas digitais e realiza a publicação de relatórios estratégicos semestralmente, com o objetivo de mostrar a realidade do mercado.

Conforme ilustra a Fig. 3, a prestação de serviços envolve a elaboração do projeto, a compra de materiais, a realização da instalação, a conexão do sistema à rede da concessionária local e a manutenção do sistema instalado. Segundo pesquisa realizada pela GREENER (2023), estima-se, em 2022, a existência de mais de 31,5 mil integradoras fotovoltaicas ativas no Brasil. Esse número, quando comparado ao encontrado no mesmo período do ano anterior apresenta um acréscimo de aproximadamente 10,3 mil integradores, indicando um mercado mais aquecido



Figura 3- Serviços de empresas integradoras de energia solar fotovoltaica no Brasil (Adaptada de GREENER, 2022).

Das 3475 empresas integradoras do setor fotovoltaico brasileiro que tiveram respostas validadas no questionário aplicado pela GREENER, 84% contam com até 9 colaboradores (GREENER, 2023), o que indica que o mercado de integração é pulverizado no país e permite a entrada de novos empreendedores no setor, sendo que o porte mais comum das empresas integradoras é micro ou pequenas empresas. Entende-se por micro e pequenas empresas a definição trazida pela Lei Geral das Microempresas e Empresas de Pequeno Porte (Lei Complementar nº 123/2006), que considera a receita bruta anual (BRASIL, 2006).

Conforme o Relatório Trimestral Solarmap, publicado por pesquisadores do Laboratório de Gestão em Negócios de Energia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a realidade do cenário das empresas integradoras do setor fotovoltaico brasileiro apresenta uma gestão inadequada, na qual algumas empresas integradoras oferecem serviços de pós-venda e manutenção negligenciados ou de baixa qualidade, resultando em insatisfação dos clientes. Além disso, o problema se agrava com a instalação de sistemas fotovoltaicos por pessoas inexperientes e que visam apenas lucrar com o produto. Por esse motivo, é fundamental que as empresas forneçam serviços funcionais de monitoramento e manutenção para os sistemas fotovoltaicos instalados, garantindo a confiabilidade, qualidade e segurança (GARLET *et al.*, 2021).

2.3 Importância da sustentabilidade aplicada às empresas

A publicação “Indicadores para Negócios Sustentáveis e Responsáveis” do Instituto Ethos, afirma que o modelo de desenvolvimento empresarial atual é insustentável e apresenta uma ameaça real à sobrevivência da espécie humana. Hoje, além da empresa ser saudável financeiramente, ela precisa agir, cada vez mais, em direção aos princípios de sustentabilidade e incorporá-los como parte integrante das estratégias de negócios. Por isso, a utilização de indicadores de desempenho que permitam mensurações acuradas em negócios é essencial para a construção de uma sociedade evoluída e justa (INSTITUTO ETHOS, 2019).

Atualmente, 98% das empresas que adotam rotinas sustentáveis relatam benefícios relacionados a vendas e marketing. Além disso, 60% dessas empresas relatam que ações sustentáveis agregam valor para o aprimoramento na sua reputação, 53% apontam crescimento na lucratividade, 30% apresentam redução de custos, enquanto que 30% citam aumento na sua

produtividade. Ao assumir os princípios, comportamentos e objetivos de desenvolvimento sustentável a empresa tende a adotar uma gestão consciente e clara de seu propósito. Incluindo um ambiente de trabalho com comprometimento de seus empregados, com relações consistentes com seus fornecedores e clientes, e com uma imagem confiável na comunidade (ISEAL ALLIANCE, 2022).

Investimentos em inovação através de incentivos à pesquisa e desenvolvimento (P&D) também é um tema fundamental para alcançar a sustentabilidade nas empresas. O relatório do projeto Energy Big Push (EBP) Brasil, intitulado “Mecanismos de incentivo à inovação em energias limpas no Brasil: caminhos para um grande impulso energético” (CEPAL, 2020b), vincula inovação em energia limpa no país à P&D através da identificação de diretrizes estratégicas e instrumentos de políticas para acelerar a transição energética nacional. De acordo com o estudo, é essencial que haja mecanismos de incentivo à P&D de longo prazo para a construção de capacidades tecnológicas e de inovação em energias de baixo carbono, concentrando-se em sistemas tecnológicos estratégicos que buscam equilibrar lacunas e oportunidades em termos de novos modelos de negócios, posição no mercado nacional e global, segurança energética e desenvolvimento sustentável (CEPAL, 2020b).

Outro aspecto relevante, é trazido pela NBR ISO 37000 (ABNT, 2022) que traz orientações para estabelecer a governança em organizações. Governança é um conjunto de práticas e processos gerenciais que envolvem a liderança, a supervisão e a prestação de contas de uma organização na busca por alcançar seu propósito organizacional previamente definido. O órgão de governança estabelece e mantém uma estrutura organizacional de forma que se realize um desempenho efetivo, uma administração responsável, um comportamento ético e também contribui para o desenvolvimento sustentável por meio das ODS da ONU (UNITED NATIONS, 2015). A norma estabelece que convém que o órgão de governança assegure que o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade sejam considerados fundamentais ao gerir uma organização (ABNT, 2022).

2.4 Indicadores de Desempenho relacionados à sustentabilidade

Os indicadores de desempenho são uma importante medida de acompanhamento das decisões tomadas no desenvolvimento de projetos, informando a respeito do atendimento ao objetivo a ser alcançado (DIZDAROGLU, 2015). Além disso, possibilita a comparação entre possíveis soluções (HIREMATH *et al.*, 2013). Em outras palavras, são ferramentas de tomada de decisão. Como ferramentas, podem servir para diversas finalidades, tais como avaliar fornecedores (AWAYSHAH & KLASSEN, 2010), promover a comunicação pública (SINGH *et al.*, 2009), educar o negócio e promover a aprendizagem organizacional sobre produção sustentável, apoiar a gestão do negócio por meio de referência de mercado ou *benchmarking* interno e externo e promover uma ferramenta para incentivar a participação de partes interessadas ou *stakeholders* na tomada de decisões (VELEVA & ELLENBECKER, 2001).

Em seu trabalho, HARDI & ZDAN (1997) desenvolveram 10 princípios para a avaliação prática de desenvolvimento sustentável, chamados de Princípios de Bellagio, com a utilização de indicadores de desempenho. Esses princípios englobam quatro grandes temas de recomendações: (i) desenvolvimento de visão e metas de sustentabilidade; (ii) foco nas questões consideradas como prioritárias no processo decisório; (iii) transparência e comunicação nas medições; e (iv) necessidade de rotina de avaliações. De forma complementar, AO *et al.* (2022) compreendem que os indicadores devem integrar dimensões ambientais, técnicas, sociais e econômicas, considerando a melhoria de aspectos operacionais, de confiabilidade, de segurança e de eficiência.

O Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social é uma organização não-governamental, que desenvolve ferramentas para auxiliar as empresas a analisar suas práticas de gestão e aprofundar seu compromisso com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável. Em 2010, a organização iniciou um processo de criação de indicadores que fossem além da responsabilidade social empresarial (RSE), de modo a integrar a sustentabilidade aos negócios, visto que os conceitos de sustentabilidade e RSE são considerados interdependentes pela instituição. Para isso, o Instituto lançou a ferramenta de gestão “Indicadores Ethos-Sebrae para Micro e Pequenas Empresas – Diagnóstico de RSE/Sustentabilidade para pequenos negócios” (INSTITUTO ETHOS, 2019), com 12 indicadores para negócios sustentáveis e responsáveis, com orientações gerais para que empresas de qualquer porte possam gerenciar e desenvolver a sustentabilidade em sua cadeia de valor, apontados por uma correlação com os ODS e dividido em 4 dimensões: a) Visão e Estratégia; b) Governança e Gestão; c) Social; e d) Ambiental.

A NBR ISO 50001 (ABNT, 2018) traz orientações que permitem o estabelecimento de sistemas e processos necessários para melhorar continuamente o desempenho energético de organizações, especificando os requisitos de um sistema de gestão da energia (SGE). A norma traz definições importantes de gestão através de indicadores. É o caso de indicadores de desempenho energético (IDE), que são uma medida ou unidade de desempenho energético. Os IDE podem ser apresentados de diferentes formas, desde uma métrica simples, como uma razão, até um modelo mais complexo, dependendo da natureza das atividades que estão sendo avaliadas. Outra definição trazida pela norma é a linha de base energética (LBE), uma referência quantitativa que fornece uma base para comparação do desempenho energético, baseada em dados de um período de tempo e/ou condições estabelecidas pela organização com o objetivo de demonstrar melhorias mensuráveis. O uso significativo de Energia (USE) é o responsável pelo substancial consumo da energia e que oferece potencial considerável para melhoria do desempenho energético. A meta energética é o objetivo quantificável da melhoria do desempenho energético (ABNT, 2018).

De acordo com a ABNT NBR ISO 14031:2015 (ABNT, 2015), que traz diretrizes de Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA), indicadores são selecionados para avaliar o alcance de objetivos mensuráveis. “Mensurável” significa

que é possível o uso de métodos quantitativo ou qualitativo em relação a uma escala específica, para determinar se o objetivo foi alcançado. Desta forma, na área ambiental, os indicadores da norma foram classificados nos seguintes grupos distintos: Indicador de Desempenho Gerencial (IDG), Indicador de Desempenho Operacional (IDO) ou Indicador de Desempenho Ambiental (IDA).

As informações fornecidas pelo IDG dizem respeito às estratégias gerenciais adotadas para melhorar o desempenho ambiental de uma organização, incluindo a implementação de políticas e programas, conformidade com requisitos e expectativas, desempenho financeiro e relações com a comunidade. As informações apresentadas pelos IDO fornecem detalhes sobre o desempenho ambiental das operações de uma organização, sendo possível categorizá-las com base nas entradas e saídas das instalações físicas e equipamentos da organização, bem como em relação ao fornecimento e distribuição (ABNT, 2015).

Essa classificação é utilizada por ALMEIDA (2014) para sugerir indicadores a partir da obediência aos requisitos da Norma ISO 14001:2004 e realizar a avaliação de desempenho de Segurança e Saúde no Trabalho de Empresas do ramo de engenharia consultiva, conforme apresentado na Fig. 4. Dessa forma, é viável identificar problemas nos itens e sugerir medidas para evitar não conformidades, garantindo o comprometimento da empresa com a excelência dos sistemas de gestão.

Nº	NORMA NBR ISO 14001:2004	INDICADOR PROPOSTO	UNIDADE/PERÍODO	CLASSIFICAÇÃO DO INDICADOR
1	4.2 Política Ambiental	Índice de metas atingidas do SGA	%/Ano	IDG*
2	4.3 Planejamento 4.3.1 Aspectos Ambientais	Consumo de energia elétrica	kWh/ funcionário. mês**	IDO***
3	4 Implementação e operação 4.4.6 Controle operacional	Reciclagem de papel	%/Mês	IDO
4	4.5 Verificação 4.5.1 Monitoramento e medição	Reciclagem de cartucho e toner	%/Mês	IDO
5	4.3 Planejamento 4.3.3 Objetivos, metas e programa(s)	Índice de objetivos atingidos do SGA	%/Ano	IDG
6	4.4 Implementação e operação 4.4.1 Recursos, funções, responsabilidades, autoridades	Custos com os programas de reciclagem/Nº de Funcionários**	R\$/Ano	IDG
7	4.3 Planejamento 4.3.2 Requisitos legais e outros 4.4 Implementação e operação 4.4.1 Recursos, funções, responsabilidades, autoridades 4.5 Verificação 4.5.2 Avaliação do atendimento a requisitos legais e outros	Índice de Custos totais com o SGA/Nº de Funcionários**	R\$/Ano	IDG
8	4.4 Implementação e operação 4.4.1 Recursos, funções, responsabilidades, autoridades 4.4.3 Comunicação 4.4.7 Preparação e resposta a emergências	Índice de treinamentos ambientais	(Horas de treinamento/ funcionário)/Ano	IDG

Figura 4 - Tabela com Proposta de Indicadores de Desempenho Ambiental de ALMEIDA (2014) a partir da ISO 14001:2004.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atingir o objetivo proposto, o presente trabalho divide-se nas seguintes etapas sequenciais: revisão bibliográfica, definição das fontes de análise, proposta e análise de indicadores e considerações finais, como consta na Fig. 5.

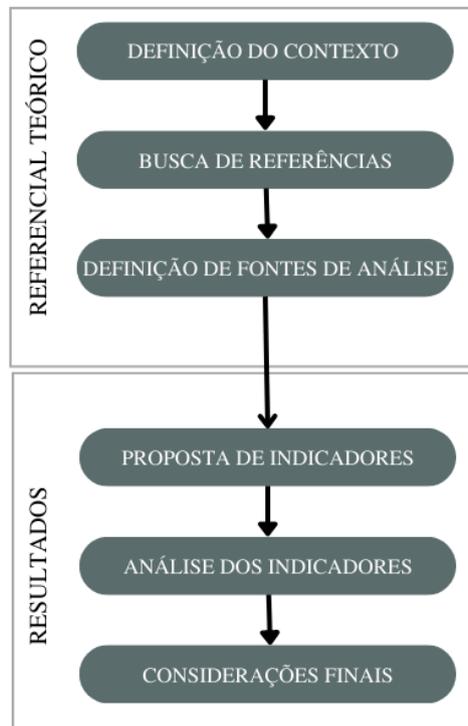


Figura 5 - Procedimento Metodológico (Elaborada pela autora, 2023).

O desenvolvimento do presente estudo conta com algumas fronteiras fundamentais, conforme ilustra a Fig. 6: o setor de empresas integradoras de energia solar fotovoltaica no contexto econômico e regional brasileiro, com foco em indicadores de desenvolvimento sustentável para o tomador de decisão, visando a melhoria contínua e assertividade dos processos.

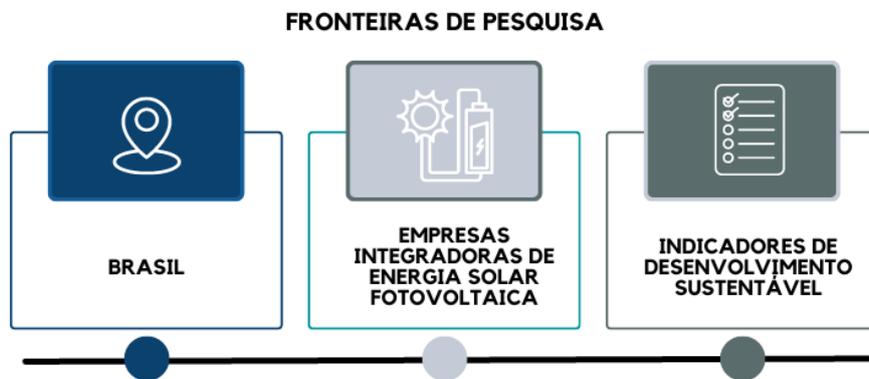


Figura 6 - Fronteiras da pesquisa (Elaborada pela autora, 2023).

Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica com uso das plataformas de pesquisa Scielo e Google Acadêmico, com as palavras-chave no idioma português: "indicadores de desempenho organizacional", "empresas integradoras de energia fotovoltaica" e "energia solar fotovoltaica". Observou-se a existência de estudos com indicadores técnicos para usinas fotovoltaicas, porém a inexistência de estudos que abordam a temática de indicadores de desempenho na perspectiva do tomador de decisão de uma empresa integradora fotovoltaica brasileira. Adicionalmente foram feitas pesquisas na plataforma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). É importante ressaltar a busca de bibliografias que trouxessem referência brasileira devido às especificidades do setor no país, conforme definido na fronteira da pesquisa do presente estudo.

A Fig. 7 demonstra a contribuição do trabalho a partir das fontes de análise apresentadas ao longo do referencial teórico e a partir das quais são propostos os indicadores que contribuem com a gestão sustentável de empresas integradoras de energia solar fotovoltaica no Brasil. São elas: i) Indicadores de gestão da ABNT NBR ISO 50001/2018 e ABNT NBR ISO 14031/2015; ii) Dados de relatórios estratégicos elaborados a partir de estudos realizados por agentes de consultoria e pesquisa especializada no setor fotovoltaico brasileiro, como é o caso da Greener; e iii) Indicadores do Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social relacionados aos ODS, bem como a análise de metas da Agenda 2030 adaptadas

ao contexto brasileiro, trazidas pelo IPEA. Dessa forma, os indicadores propostos na presente pesquisa se darão de acordo com a disponibilidade e facilidade de acesso aos dados na perspectiva brasileira.



Figura 7- Fontes de análise para a proposição de Indicadores para empresas integradoras de energia solar fotovoltaica no Brasil (Elaborada pela autora, 2023).

4. PROPOSTA E ANÁLISE DOS INDICADORES

Os ODS listados pela ONU (UNITED NATIONS, 2015) impulsionam o mundo a pensar nos desafios e soluções impostas à sociedade de forma coletiva e estão no centro do presente estudo. A Fig. 8. mostra os ODS que os indicadores de desempenho propostos visam contribuir a fim de construir uma rede qualificada de empresas integradoras de energia solar fotovoltaica no Brasil.

 <p>4 EDUCAÇÃO DE QUALIDADE</p>	<p>EDUCAÇÃO DE QUALIDADE</p>	 <p>8 TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO</p>	<p>TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO</p>
 <p>5 IGUALDADE DE GÊNERO</p>	<p>IGUALDADE DE GÊNERO</p>	 <p>9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA</p>	<p>INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA</p>
 <p>7 ENERGIA ACESSÍVEL E LIMPA</p>	<p>ENERGIA ACESSÍVEL E LIMPA</p>	 <p>12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS</p>	<p>CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS</p>
 <p>13 AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA</p>		<p>AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA</p>	

Figura 8 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável do estudo (Elaborada pela autora, 2023).

Os indicadores propostos neste trabalho são exibidos na Tab. 1. Esta apresentação foi inspirada na categorização proposta por ALMEIDA (2014) com o acréscimo das colunas que indicam qual ODS está relacionado ao indicador, sua unidade ou período e sua fonte de análise. Foram escolhidos ao menos um indicador que contribua com cada ODS representado na Fig. 8. O ODS de nº 8 está representado em mais indicadores devido sua abrangência de temas relacionados e por tratar de crescimento econômico, fator de extrema relevância do ponto de vista de gestores de empresas integradoras, aos quais os indicadores são voltados. Ainda, vale destacar que os indicadores foram propostos de acordo com as diferentes fontes de análise da Fig. 7, sendo alguns deles já existentes e outros criados de acordo com características e dados específicos do setor de empresas integradoras da fonte fotovoltaica.

Tabela 1 - Proposta de Indicadores de Desempenho para Empresas Integradoras do Setor de Energia Solar Fotovoltaica (Elaborado pela autora, 2023).

Nº	ODS Nº	INDICADOR PROPOSTO	UNIDADE/PERÍODO	FONTE DE ANÁLISE
1	8	Índice de Metas Atingidas de Padronização de Processos	%/ano	GREENER, 2022 ETHOS, 2019 IPEA, 2019d
2	4 - 8	Índice de Compromisso com o Desenvolvimento Profissional	(Horas de treinamento/funcionário)/ano	ALMEIDA, 2014 ETHOS, 2019 IPEA, 2019a
3	8	Índice de Comprometimento com a Saúde e Segurança dos Funcionários	%/ano	ETHOS, 2019 ALMEIDA, 2014 IPEA, 2019d
4	5	Índice de Equidade de Gênero	%/ano	ETHOS, 2019 IPEA, 2019b GREENER, 2023
5	7 - 13	Contribuição com a Produção de Energia Renovável	kW _p /ano	GREENER, 2023 IPEA, 2019c IPEA, 2019g
6	12	Consumo de Energia Elétrica	kWh/funcionário/mês	NBR ISO 50.001 ALMEIDA, 2014 ETHOS, 2019 IPEA, 2019f
7	9	Índice de Dispendio em P&D em Relação ao Faturamento	%/ano	IPEA, 2019e
8	12	Índice de Redução de Geração de Resíduos	%/ano	IPEA, 2019f
9	8	Índice de Eficácia na Aprovação de Projetos Junto à Concessionária	%/ano	IPEA, 2019d

A seguir é apresentada a análise dos indicadores, a partir da aplicação da metodologia proposta, com a discussão dos resultados obtidos.

4.1 Índice de Metas Atingidas de Padronização de Processos

O indicador Índice de Metas Atingidas de Padronização de Processos (%/ano) mede a extensão em que os processos são executados da mesma maneira em diferentes áreas da empresa e ao longo do tempo. Para calculá-lo, são identificados quais processos são críticos para a organização e, em seguida, é feita uma avaliação da aderência dos processos. No diagnóstico da GREENER (2022) respondido por gestores de empresas integradoras do setor fotovoltaico, são apresentadas questões relacionadas ao uso de softwares e/ou ferramentas de automação para:

- i) Geração de propostas e de contratos;
- ii) Gestão e comunicação com clientes;
- iii) Marketing;
- iv) Compra de equipamentos;

- v) Gestão financeira;
- vi) Dimensionamento de projetos;
- vii) Monitoramento e pós-venda.

Nota-se que esses processos estão contemplados na Fig. 3, que apresenta os serviços que as empresas integradoras devem atentar-se ao realizar uma gestão capaz de entregar um serviço de qualidade ao cliente final. De modo complementar, alguns desses processos também são mencionados como indicadores da dimensão Governança e Gestão por ETHOS, 2019. São eles os de número: 3 (Gestão Financeira e Administração do Negócio), 5 (Relacionamento e Gestão de Fornecedores) e 6 (Relacionamento com clientes).

Assim, propõe-se que o Indicador nº 1 tenha como meta o atingimento da padronização dos seis processos listados acima e seja calculado de acordo com a Eq. (1).

$$\text{Índice de Metas Atingidas de Padronização de Processos} = \left(\frac{\text{Número de Processos Padronizados no ano}}{\text{Número Total de Processos}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Um alto índice de padronização de processos indica que a organização está operando de forma consistente e uniforme, o que pode levar a uma maior eficiência, qualidade e redução de custos. Por outro lado, um baixo índice de padronização de processos indica que a organização pode estar enfrentando problemas de ineficiência, falta de qualidade e inconsistência na execução de processos.

A meta 8.3 do ODS nº 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) é definida por “Promover o desenvolvimento com a geração de trabalho digno; a formalização; o crescimento das micro, pequenas e médias empresas; o empreendedorismo e a inovação” (IPEA, 2019d). A adoção de processos padronizados permite que micro, pequenas e médias empresas aumentem a qualidade na sua prestação de serviços e permaneçam no mercado de trabalho.

4.2 Índice de Compromisso com o Desenvolvimento Profissional

O indicador Índice de Compromisso com o Desenvolvimento Profissional ((Horas de treinamento/funcionário)/ano) é uma métrica utilizada para avaliar o grau de engajamento do gestor da empresa com o seu próprio desenvolvimento e o de seus funcionários. Ele mede a extensão em horas de treinamento ou capacitação por colaborador, bem como o grau de apoio da organização a esse processo. Um índice de compromisso com o desenvolvimento profissional elevado pode contribuir para a imagem positiva da empresa, tornando-a mais atraente para talentos em potencial que procuram por organizações comprometidas com o desenvolvimento de seus funcionários.

Para calcular o compromisso com o desenvolvimento profissional, conforme a Eq. (2), é necessário identificar quais são as atividades e iniciativas que contribuem para o desenvolvimento profissional dos funcionários, como treinamentos, cursos, entre outros. Alguns exemplos de cursos relevantes para o setor são os relacionados com atualizações de regulação, como é o caso da Lei nº 14300/2021, bem como cursos de projetista e instalações de sistemas fotovoltaicos. Em seguida, é feita uma avaliação da participação dos funcionários nessas atividades e iniciativas, bem como do apoio oferecido pela organização.

$$\text{Índice de Compromisso com o Desenvolvimento profissional} = \left(\frac{\text{Horas de treinamento no ano}}{\text{Número Total de funcionários}} \right) \quad (2)$$

O indicador tem relação com a responsabilidade social da empresa e contribui com o ODS nº 4 (Educação de Qualidade), que visa promover oportunidade de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos, e com o ODS nº 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), visto que uma educação de qualidade proporciona o trabalho decente aos colaboradores da empresa. Em ETHOS (2019) esse tema é tratado na dimensão Social com o indicador 9 (Compromisso com o Desenvolvimento Profissional). Em ALMEIDA (2014) é apresentado o indicador Índice de Treinamentos Ambientais, com a mesma unidade de medida.

4.3 Índice de Comprometimento com a Saúde e Segurança dos Funcionários

Em ETHOS (2019), esse tema é tratado na dimensão Social com o indicador 10 (Saúde e Segurança dos Empregados). Esse indicador mede o nível de comprometimento que a empresa tem com a saúde e segurança dos seus funcionários (%/ano). Esse índice é calculado a partir do cumprimento de ações consideradas cruciais para desenvolver o serviço prestado por empresas integradoras de energia solar fotovoltaica com saúde e segurança, sendo elas:

- i) Fornecer e utilizar Equipamento de Proteção Individual (EPI);
- ii) Fornecer e utilizar Equipamento de Proteção Coletiva (EPC);
- iii) Possuir Certificado de Curso da Norma Regulamentadora NR 10 (Serviços em Eletricidade) atualizado para todos os funcionários que trabalham com a instalação de sistemas fotovoltaicos;
- iv) Possuir Certificado de Curso da Norma Regulamentadora NR 35 (Trabalho em Altura) atualizado para todos os funcionários que trabalham com a instalação de sistemas fotovoltaicos;

Assim, propõe-se que o Indicador nº 3 tenha como meta o atingimento da padronização dos quatro aspectos listados acima e seja calculado de acordo com a Eq. (3).

$$\text{Índice de Comprometimento com a Saúde e Segurança} = \left(\frac{\text{Número de ações cumpridas no ano}}{\text{Número Total de Ações}} \right) \times 100 \quad (3)$$

É de suma importância que empresas integradoras cumpram as normas de saúde e segurança no trabalho a fim de evitar acidentes e por estar de acordo com a meta 8.8 do ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), definida por “Reduzir o grau de descumprimento da legislação trabalhista, no que diz respeito ao registro, às condições de trabalho, às normas de saúde e segurança no trabalho, com ênfase nos trabalhadores em situação de vulnerabilidade” (IPEA, 2019d).

4.4 Índice de Equidade de Gênero

O indicador nº 4 mede a proporção de mulheres funcionárias na empresa em relação ao total de funcionários (%/ano) e tem relação direta com o ODS nº 5 (Igualdade de Gênero). A Meta 5.5 é definida por “Garantir a participação plena e efetiva das mulheres e a igualdade de oportunidades para a liderança em todos os níveis de tomada de decisão na vida política, econômica e pública” (IPEA, 2019b).

Em ETHOS (2019), esse tema é tratado na dimensão Social com o indicador 8 (Relação com Empregados). A GREENER, (2023) pesquisa a presença feminina no mercado de integração fotovoltaica. O indicador é calculado de acordo com a Eq. (4).

$$\text{Índice de Equidade de Gênero} = \left(\frac{\text{Total de mulheres empregadas na empresa no ano}}{\text{Total de empregados na empresa no ano}} \right) \times 100 \quad (4)$$

4.5 Contribuição com a Produção de Energia Renovável

A meta 7.2 do ODS nº 7 (Energia Acessível e Limpa) é definida por “Até 2030, manter elevada a participação de energias renováveis na matriz energética nacional” (IPEA, 2019c). Ao manter uma participação elevada de energias renováveis na matriz energética nacional até 2030, o Brasil poderá reduzir sua dependência de fontes de energia fósseis e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, contribuindo também com o ODS nº 13, que trata da urgência de medidas para combater a mudança do clima e seus impactos. Nesse cenário, o papel das empresas integradoras de energia solar fotovoltaica é de suma importância, visto que as mesmas prestam um serviço que contribui para a mitigação das mudanças climáticas ao instalar sistemas de energia que não emitem gases que aceleram o efeito estufa.

O indicador Contribuição com a Produção de Energia Renovável (kW_p/ano) tem a unidade de potência anual instalada, em kW_p , pela empresa integradora de energia solar fotovoltaica e refere-se à capacidade total de geração do conjunto de instalações entregues pela empresa no período de um ano. É uma medida importante para avaliar a capacidade de energia solar fotovoltaica adicionada à rede elétrica nacional. A potência adicionada é uma métrica útil para avaliar o progresso em direção a objetivos de expansão da capacidade de geração de energia renovável ou para acompanhar o ritmo de crescimento do setor de energia em uma região ou país. Ademais, o estudo estratégico da GREENER (2023) traz esse indicador em escala nacional como volume de vendas das empresas, em kW_p .

4.6 Consumo de Energia Elétrica

O indicador Consumo de Energia Elétrica da empresa integradora é apresentado por ALMEIDA (2014) e em ETHOS (2019) na dimensão Ambiental com o indicador 12 (Uso Sustentável de Recursos Naturais e Insumos de Produção). A meta 12.6 do ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) indica o incentivo às empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios. Considerando o pequeno porte da maioria das empresas integradoras, a prática do acompanhamento de redução desse indicador proposto já indica a prática sustentável.

Outro aspecto do indicador Consumo de Energia Elétrica ($\text{kWh}/\text{funcionário}/\text{mês}$) é seu alinhamento com a NBR ISO 50001/2018, que auxilia as organizações a estabelecer metas para reduzir o consumo de energia, com base em uma análise do desempenho energético e do uso de energia em suas operações. Ao implementar um sistema de gestão de energia de acordo com a norma, as organizações obtêm uma melhor compreensão de seu consumo de energia e identificar oportunidades para reduzir o consumo, incluindo o consumo de energia elétrica por funcionário. O Indicador nº 6 é calculado de acordo com a Eq. (5).

$$\text{Consumo de Energia Elétrica} = \left(\frac{\text{Total de energia consumida em kWh na empresa no mês}}{\text{Total de empregados na empresa no mês}} \right) \quad (5)$$

4.7 Índice de Dispendio em Pesquisa e Desenvolvimento em Relação ao Faturamento

A inovação está inserida no ODS nº 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e para alcançá-la são necessários incentivos à pesquisa e desenvolvimento. A meta 9.5 do ODS nº 9 é definida por “Fortalecer a pesquisa científica e melhorar as capacidades tecnológicas das empresas, incentivando, até 2030, a inovação, visando aumentar o emprego do conhecimento científico e tecnológico nos desafios socioeconômicos nacionais e nas tecnologias socioambientalmente inclusivas; e aumentar a produtividade agregada da economia” (IPEA, 2019e).

O Índice de Dispendio em P&D em Relação ao Faturamento (%/ano) é uma medida para avaliar o investimento da empresa para desenvolver novas tecnologias, produtos ou serviços, através de atividades de pesquisa científica e de desenvolvimento experimental. Entende-se que P&D é um investimento de suma importância para que empresas consigam melhorar seus produtos, processos, desenvolver novas tecnologias, além de aprimorar sua eficiência e reduzir custos. É uma medida importante para avaliar o nível de investimento em inovação. Um exemplo de serviço inovador que integradoras fotovoltaicas poderiam oferecer é relacionado à diagnóstico a fim de aumentar a eficiência energética das instalações de seus clientes.

O dispendio em P&D é mensurado como um percentual do faturamento total da empresa, calculado pela Eq. (6).

$$\text{Índice de Dispendio em P\&D em relação ao faturamento} = \left(\frac{\text{Valor em reais gastos em P\&D no ano}}{\text{Valor em reais do faturamento no ano}} \right) \times 100 \quad (6)$$

4.8 Índice de Redução de Geração de Resíduos

A meta 12.5 do ODS nº 12 (Consumo e Produção Responsáveis) é definida por “Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da Economia Circular e suas ações de prevenção, redução, reciclagem e reuso de resíduos” (IPEA, 2019f). O indicador Índice de Redução de Geração de Resíduos (%/ano) tem como objetivo, a partir de uma linha de base, indicar se a empresa está incrementando a potência descomissionada para reuso, reciclagem e/ou destinação adequada frente ao valor total descomissionado no ano de análise.

Visto que a validade que os fabricantes oferecem para os módulos fotovoltaicos é de cerca de 25 anos e para inversores é de 10 anos, a maioria das instalações de sistemas fotovoltaicos estão dentro do tempo de operação. Dessa forma, esse indicador traz uma questão na qual as empresas integradoras já devem começar a refletir desde já. É calculado pela Eq. (7).

$$\text{Índice de Redução de Geração de Resíduos} = \left(\frac{\text{Potência descomissionada para reuso ou reciclagem no ano}}{\text{Potência descomissionada no ano}} \right) \times 100 \quad (7)$$

4.9 Índice de Eficácia na Aprovação de Projetos Junto à Concessionária

A meta 8.2 do ODS nº 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) é definida por “Atingir níveis mais elevados de produtividade, por meio da diversificação e com agregação de valor, modernização tecnológica, inovação, gestão, e qualificação do trabalhador; com foco em setores intensivos em mão-de-obra” (IPEA, 2019d). O indicador Índice de Eficácia na Aprovação de Projetos Junto à Concessionária (%/ano) tem como objetivo evidenciar a produtividade com agregação de valor através da quantidade de projetos que receberam parecer de acesso positivo da concessionária frente à quantidade total de projetos enviados como solicitação de acesso de conexão à rede elétrica realizada pelo acessante, nesse caso, a empresa integradora. O presente indicador é calculado pela Eq. (8).

$$\text{Índice de Eficácia de aprovação de projetos} = \left(\frac{\text{Quantidade de projetos aprovados na primeira solicitação}}{\text{Quantidade total de projetos enviados no ano}} \right) \times 100 \quad (8)$$

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o ritmo acelerado de crescimento e constante mudanças regulatórias do segmento fotovoltaico brasileiro, são esperados aumento da procura por práticas de gestão capazes de auxiliar o processo decisório das empresas integradoras do setor. Esse crescimento acelerado precisa ser ancorado em princípios de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 proposta pela ONU. Os ODS precisam ser entendidos não apenas por políticos e ativistas, mas também pelos cidadãos e líderes de empresas como um sistema de métrica universal que auxilia em decisões que contribuem na criação de um futuro mais inclusivo, próspero e sustentável e é de suma importância que eles sejam levados à realidade de forma tangível e mensurável.

Um conjunto de indicadores, elaborado de forma adequada e embasado em dados confiáveis, pode se tornar uma ferramenta de controle extremamente valiosa. Esses indicadores fornecem evidências que ajudam a ajustar constantemente o caminho da ação em direção à sustentabilidade do desenvolvimento desejado, contribuindo para a construção de uma matriz energética mais sustentável, resiliente e com baixa emissão de carbono. Além disso, esses indicadores promovem uma economia mais eficiente e competitiva.

Constata-se que o objetivo geral da pesquisa foi atendido, pois efetivamente o trabalho conseguiu identificar 9 indicadores de desempenho alinhado aos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU e voltados especificamente para o nicho de empresas integradoras do segmento solar fotovoltaico. A proposta dos indicadores nº 1, nº 8 e nº 9 não existiam na bibliografia brasileira e são específicas para o setor, abrangendo temas que contribuem com potencial melhoria na gestão de empresas integradoras. São eles, respectivamente, a padronização de processos, a geração de resíduos e a aprovação de projetos junto à concessionária. Os indicadores nº 3 e nº 7 são adaptados do IPEA e tratam sobre a saúde e segurança dos funcionários, bem como dispêndio em P&D. Por fim, os indicadores nº 2, nº 4, nº 5 e nº 6 já existem na bibliografia, mas foram destacados por sua importância e aplicação, sendo os temas relacionados a, respectivamente, compromisso com o desenvolvimento profissional, equidade de gênero na empresa, produção de energia renovável e consumo de energia elétrica.

Percebe-se, como trabalho futuro, a possibilidade de ampliação dos indicadores através de estudos avançados nas metas dos ODS aplicados ao setor. Além disso, outros estudos poderão surgir através da utilização dos indicadores em estudos de caso reais, como é a proposta do Projeto Selo + Energia Sustentável, no qual serão aplicados os resultados do presente estudo na etapa de diagnóstico de empresas integradoras inscritas no programa. Ao levantar dados e acompanhar os indicadores propostos, as participantes do projeto poderão comparar seu progresso em práticas de gestão sustentável com outras empresas que estejam em um contexto similar e aderir e melhorar práticas que contribuam com o desenvolvimento sustentável. Assim, a presente pesquisa contribui na identificação das empresas que trabalham de forma responsável, fornecendo informações valiosas sobre as tendências e os desafios enfrentados pelas empresas do país de modo a auxiliar o governo e outros organismos de regulamentação na elaboração de políticas públicas e práticas sustentáveis.

Dados os inúmeros benefícios da energia solar fotovoltaica no cenário nacional, como uma fonte confiável de eletricidade, que está no centro da transição energética e que é capaz de gerar empregos e contribuir na mitigação das mudanças climáticas ao descarbonizar a matriz elétrica nacional, o papel de empresas integradoras é enaltecido. Isso porque são elas que promovem e realizam a gestão de sistemas fotovoltaicos na modalidade micro e minigeração distribuída no país. Se a gestão for realizada com base em indicadores e evidências de sustentabilidade, mais impactos positivos serão gerados para o setor e para a sociedade.

5 RECONHECIMENTOS

Dedico este trabalho aos meus pais, que desde sempre se esforçaram para fornecer uma educação de qualidade para suas filhas e foram fundamentais com todo o apoio dado na minha trajetória acadêmica. Agradeço também aos colegas amigos do curso que não me deixaram desistir nos momentos de dificuldade.

As Prof^{as}. Orientadora Dr^a. Juliana Klas e Co-Orientadora Dr^a. Aline Cristiane Pan, que são mulheres fortes, empoderadas e inspiradoras, agradeço a oportunidade de aprendizado e por toda assistência, dedicação e incentivo na elaboração do meu trabalho de conclusão de curso.

Reconheço a Profa. Dra. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz pela fundamental importância na elaboração dos indicadores presentes no resultado do estudo e a todos os colegas do Projeto Selo + Energia Sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 14031:2015. Gestão ambiental — Avaliação de desempenho ambiental — Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 44 p.

ABNT NBR ISO 50001:2018. Sistemas de gestão de energia – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 34 p.

ABNT NBR ISO 37000:2022. Governança de Organizações – Orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 44 p.

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil Infográfico ABSOLAR. 2022. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

ALMARSHOUD, A.F., ADAM, E. A transition toward localizing the value chain of photovoltaic energy in Saudi Arabia. Clean Techn Environ Policy 23, 2049–2059 (2021). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10098-021-02102-2>>. Acesso em: 18 jan. 2023.

ALMEIDA, C. L.; NUNES, A. B. DE A.. Proposta de indicadores para avaliação de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde no Trabalho de Empresas do ramo de engenharia consultiva. Gestão & Produção, v. 21, n. Gest. Prod., 2014 21(4), out. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0104-530X649>>. Acesso em: 16 fev. 2023.

ANEEL, 2021. Resolução Normativa nº 1000, de 9 de dezembro de 2021. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2021.

ANEEL, 2022. Geração Distribuída. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

ANEEL, 2023. Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-regulamenta-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-distribuida>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

AO, H. X.; EFTEKHARI, M.; AUNGKULANON, P.; ALMUTAIRI, K.; MOSTAFAEIPOUR, A. Impact of economic and government investment in residential solar power plant on energy system sustainability. Sustainable Energy Technologies and Assessments, v. 52, p. 102050, 2022.

AWAYSHEH, A.; KLASSEN, R. D. The impact of supply chain structure on the use of supplier socially responsible practices. International Journal of Operations & Production Management, v. 30, n. 12, p. 1246-1268, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/01443571011094253>>. Acesso em: 16 mar. 2023.

BRASIL. Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006. Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte; altera dispositivos das Leis nº 8.212 e 8.213, ambas de 24 de julho de 1991, da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, da Lei nº 10.189, de 14 de fevereiro de 2001, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 dez. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp123.htm>. Acesso em: 9 mar. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/leis/lei-n-14-300-2022.pdf/view#:~:text=Lei%20n%C3%A914.300%20de%206%20de%20janeiro%20de%202022,Institui%20o%20marco%20legal%20da%20microgera%C3%A7%C3%A3o%20e%20a%20minigera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20distribuida,Atualizado%20em%2005%20de%20mar%C3%A7o%20de%202022>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

CATTELAN, V. D. **Desempenho do Ecosistema de Inovação do Setor de Energia Solar Fotovoltaica**. 2019. 181 f. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

CEPAL, 2020a. Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). “Indicadores de desempenho associados a tecnologias energéticas de baixo carbono no Brasil: evidências para um grande impulso energético”, Documentos de Projetos (LC/TS.2020/73; LC/BRS/TS.2020/5), Santiago, 2020. 52 p. : il. Disponível em: <<https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/45943-indicadores-desempenho-associados-tecnologias-energeticas-baixo-carbono-brasil>>. Acesso em: 21 mar. 2023.

CEPAL, 2020b. Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL)/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), “Mecanismos de incentivo à inovação em energias limpas no Brasil: caminhos para um grande impulso energético”, Documentos de Projetos (LC/TS.2020/58; LC/BRS/TS.2020/6), Santiago, 2020. 51 p.: il. Disponível em: <<https://www.google.com/url?q=https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/45944-mecanismos-incentivo-inovacao-energias-limpas-brasil-caminhos-grande-impulso&sa=D&source=docs&ust=1680623999527155&usq=AOvVaw2SAOdwWdlxVAOdYymQYy2>>. Acesso em: 31 mar. 2023.

DINIZ, Jean. Metodologia para análise de investimento em sistemas fotovoltaicos considerando parâmetros de incerteza e métricas de risco. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/RAOA-BBZN6N>>. Acesso em: 05 mar. 2023.

DIZDAROGLU, D. Developing micro-level urban ecosystem indicators for sustainability assessment. Environmental Impact Assessment Review, v. 54, p. 119-124, 2015.

EPE, 2022. Balanço Energético Nacional. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2022.

GREENER, 2022. Estudo Estratégico Geração Distribuída Mercado Fotovoltaico. Disponível em: <<https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-geracao-distribuida-2022-mercado-fotovoltaico-1- semestre/>>. Acesso em: 03 dez. 2022.

GREENER, 2023. Estudo Estratégico Geração Distribuída. Disponível em: <https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F12882%2F1677162509Estudo_Estratgico_Gerao_Distribuda_2023_-_Mercado_Fotovoltaico_-_Fevereiro.pdf?utm_campaign=estudo_gd_2s2022_fluxo_4&utm_medium=email&utm_source=RD+Station>. Acesso em: 03 mar. 2023.

HARDI, P.; ZDAN, T. Assessing sustainable development: principles in practice. Winnipeg: IISD, 1997

HIREMATH, R. B.; BALACHANDRA, P.; KUMAR, B.; BANSODE, S. S.; MURALI, J. Indicator-based urban sustainability: A review. Energy for Sustainable Development, v. 17, p. 555-563, 2013.

INSTITUTO ETHOS de Empresas e Responsabilidade Social. Indicadores Ethos-Sebrae para Micro e Pequenas Empresas: Diagnóstico de RSE/Sustentabilidade para Pequenos Negócios. São Paulo: Instituto Ethos, 2019. 46 p. Disponível em: <<https://www.ethos.org.br/cedoc/indicadores-ethos-sebrae-para-micro-e-pequenas-empresas-diagnostico-de-rsesustentabilidade-para-pequenos-negocios/>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

IPEA. **ODS-4:** Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidade de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019a. 30 p. (Cadernos ODS). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190711_cadernos_ODS_objetivo_4.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.

IPEA. **ODS-5:** Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019b. 56 p. (Cadernos ODS). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190905_cadernos_ODS_objetivo_5.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.

IPEA. **ODS-7:** Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019c. 34 p. (Cadernos ODS). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190502_cadernos_ODS_objetivo_7.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.

IPEA. **ODS-8:** Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019d. 30 p. (Cadernos ODS). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190920_cadernos_ODS_objetivo_8.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.

IPEA. **ODS-9:** construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação: o que mostra o retrato do Brasil? Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019e. 34 p. (Cadernos ODS). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190524_cadernos_ODS_objetivo_9.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2023.

IPEA. **ODS 12:** Consumo e produção responsáveis [online]. Brasília, DF: IPEA, 2019f [acesso em 20 jan. 2022]. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/ods/ods12.html>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

IPEA. **ODS-13:** Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019g. 50 p. (Cadernos ODS). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/191014_cadernos_ODS_objetivo_13.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2023.

IRENA, 2021. Global Renewables Outlook. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2021/March/World-Energy-Transitions-Outlook>>. Acesso em: 15 Nov 2021.

IRENA, 2022. Renewable Energy and Jobs Annual Review 2022. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2022/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2022>>. Acesso em: 14 dez 2022.

ISEAL ALLIANCE. The business benefits of adopting sustainability standards: A review of literature and evidence in the last six years. Londres: ISEAL, 2022. 43 p. Disponível em: <<https://www.isealalliance.org/get-involved/resources/business-benefits-adopting-sustainability-standards-review-literature-and>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

KLEIN, Jefferson. 2022. Selo + Energia Sustentável qualificará empresas do segmento solar fotovoltaico . Jornal do Comércio. Disponível em: <<https://www.jornaldocomercio.com/economia/2022/09/865088-selo-energia-sustentavel-qualificara-empresas-do-segmento-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 21 mar. 2023.

OBAIDEEN, K.; ALMALLAHI, M. N.; ALAMI, A. H.; RAMADAN, M.; ABDELKAREEM, M. A.; SHEHATA, N.; OLABI, A. G. On the contribution of solar energy to sustainable developments goals: Case study on Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park. International Journal of Thermofluids, v. 12, p. 100123, 2021.

PDE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2022.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L. de; RÜTHER, R.; ABREU, S. L. de; TIEPLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. de. Atlas brasileiro de energia solar. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 88 p. 2017.

REN21, 2022. Renewables 2022 global status report. Disponível em: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>. Acesso em: 04 dez. 2022.

RUTHER, R. Edifícios Solares Fotovoltaicos: O Potencial da geração Solar fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligadas à Rede Elétrica Pública no Brasil. Florianópolis, 2004.

GARLET, Taís & Savian, Fernando & Ribeiro, Jose Luis. (2021). Relatório Trimestral SOLARMAP - Vol. 2, N. 1. 10.13140/RG.2.2.12624.43527. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/352357503_Relatorio_Trimestral_SOLARMAP_-_Vol_2_N_1>. Acesso em: 13 mar. 2023.

UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1), 2015. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

UNITED NATIONS, 2022. UN-Energy Plan of Action towards 2025. Disponível em: <<https://un-energy.org/wp-content/uploads/2022/05/UN-Energy-Plan-of-Action-towards-2025-2May2022.pdf>>. Acesso em: 17 jan 2023.

VELEVA, V.; ELLENBECKER, M. Indicators of sustainable production: framework and methodology. Journal of Cleaner Production, v. 9, n. 6, p. 519-549, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00010-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00010-5)>. Acesso em: 16 mar. 2023.