

XXXII CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI SÃO PAULO - SP

DIREITO E SUSTENTABILIDADE II

NIVALDO DOS SANTOS

LAURA MAGALHÃES DE ANDRADE

SOLANGE TELES DA SILVA

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria - CONPEDI

Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydée Dal Farra Naspolini - FMU - São Paulo

Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC - Santa Catarina

Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa - Pará

Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG - Goiás

Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos - Rio Grande do Sul

Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio - Rio de Janeiro

Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:

Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Fernando Passos - UNIARA - São Paulo

Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo

Secretarias

Relações Institucionais:

Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná

Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia

Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal

Comunicação:

Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe

Relações Internacionais para o Continente Americano:

Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do sul

Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM - São Paulo

Relações Internacionais para os demais Continentes:

Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará

Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI - Santa Catarina

Educação Jurídica

Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr - Unicuritiba - PR

Prof. Dr. Rubens Beçak - USP - SP

Profa. Dra. Livia Gaigher Bosio Campello - UFMS - MS

Eventos:

Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo

Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina

Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Comissão Especial

Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim - UFRJ - RJ

Profa. Dra. Maria Creusa De Araújo Borges - UFPB - PB

Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta - Fumec - MG

Prof. Dr. Rogério Borba - UNIFACVEST - SC

D597

Direito e sustentabilidade II[Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Nivaldo Dos Santos, Laura Magalhães de Andrade, Solange Teles da Silva – Florianópolis: CONPEDI, 2025.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5274-327-5

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: Os Caminhos Da Internacionalização E O Futuro Do Direito

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Nacionais. 2. Direito. 3. Sustentabilidade. XXXII Congresso Nacional do CONPEDI São Paulo - SP (4: 2025: Florianópolis, Brasil).

CDU: 34

XXXII CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI SÃO PAULO - SP

DIREITO E SUSTENTABILIDADE II

Apresentação

A apresentação do Conpedi no GRUPO DE TRABALHO DIREITO E SUSTENTABILIDADE II evidenciou uma tendência de temáticas contemporâneas como a Sustentabilidade das Cidades e excludente, Regulação da Logística reversa, Responsabilidade socioambiental das empresas agroindustriais, Transição energética brasileira, Responsabilidade extraterritorial, Meio ambiente, saúde, moradia e mineração, Consumo sustentável, Economia Circular, Justiça energética, Mediação ambiental, Mudanças climáticas, Inteligência artificial verde, Ética e desenvolvimento, Compras públicas sustentáveis, Governança climática, Objetivos do milênio e Sociedade digital.

Essas abordagens demonstram uma atualidade dos conteúdos indicados ao CONPEDI para a avaliação e suas aprovações de textos de profundidade científica, teórica, acadêmica, técnica e tecnológica. Recomendamos a todos a leitura dos trabalhos comunicados como importantes aos Programas de pós-graduação em Direito e de outras áreas

Nivaldo dos Santos

Universidade Federal de Goiás

Laura Magalhães de Andrade

Universidade Federal Fluminense

Solange Teles da Silva

Universidade Presbiteriana Mackenzie

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NO BRASIL: IMPACTOS DA LEI Nº 14.300/2022, COBRANÇA PELA TUSD B E DESAFIOS PARA A JUSTIÇA ENERGÉTICA

DISTRIBUTED PHOTOVOLTAIC GENERATION IN BRAZIL: IMPACTS OF LAW NO. 14,300/2022, TUSD B CHARGES AND CHALLENGES FOR ENERGY JUSTICE

Gilberto Márcio Alves

Resumo

Este artigo examina os impactos econômicos, sociais e regulatórios da geração distribuída fotovoltaica no Brasil, com foco na Lei nº 14.300/2022 e no Projeto de Lei nº 4831/2023. Desde a Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL, a energia solar distribuída expandiu-se de forma acelerada, consolidando-se como a segunda maior fonte da matriz elétrica nacional. Contudo, a instituição da tarifa pelo uso da rede elétrica (fio B) e a alteração no modelo de compensação reduziram a atratividade econômica dos sistemas solares residenciais e comerciais, criando novos desafios para a difusão dessa tecnologia. Adota-se abordagem qualitativa, fundamentada em análise documental e estatística baseada em dados da ANEEL, EPE, MME e ABSOLAR. Os resultados demonstram que a atual regulação favorece grandes distribuidoras, enquanto impõe barreiras à democratização da energia solar, especialmente para consumidores de baixa renda, que enfrentam dificuldades de acesso e financiamento. Ademais, a insegurança normativa compromete o retorno de investimentos e inibe novos projetos, colocando em risco a expansão sustentável do setor. Defende-se, assim, a revisão das regras tarifárias aplicáveis a pequenos geradores, o incentivo a modelos coletivos de produção e a adoção de políticas públicas que promovam inclusão energética. Conclui-se que a transição energética brasileira exige mecanismos de governança capazes de articular inovação tecnológica, sustentabilidade ambiental e justiça social na distribuição equitativa dos benefícios da energia limpa.

Palavras-chave: Energia solar, Geração distribuída, Lei 14.300/2022, Fio b, Justiça energética

Abstract/Resumen/Résumé

This article examines the economic, social, and regulatory impacts of distributed photovoltaic generation in Brazil, focusing on Law No. 14,300/2022 and Bill No. 4831/2023. Since the enactment of ANEEL Normative Resolution No. 482/2012, distributed solar energy has expanded rapidly, becoming the second-largest source in the national electricity matrix. However, the introduction of the tariff for the use of the distribution grid (wire B) and the modification of the compensation model have reduced the economic attractiveness of residential and commercial solar systems, posing new challenges for the dissemination of this technology. A qualitative approach is adopted, based on documentary analysis and statistical

data from ANEEL, EPE, MME, and ABSOLAR. The findings reveal that current regulation favors large utilities while creating barriers to the democratization of solar energy, particularly for low-income consumers who face limited access and financing constraints. Furthermore, regulatory uncertainty compromises investment returns and discourages new projects, jeopardizing the sustainable growth of the sector. The article argues for revising tariff rules applicable to small generators, promoting collective generation models, and strengthening public policies that foster energy inclusion. It concludes that Brazil's energy transition requires governance mechanisms capable of combining technological innovation, environmental sustainability, and social justice in the fair distribution of the benefits of clean energy.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Keywords: solar energy, Distributed generation, Law 14,300/2022, Wire b, Energy justice

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil vivenciou um crescimento expressivo da geração distribuída de energia solar fotovoltaica, impulsionado pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que autorizou os consumidores a gerarem a própria energia elétrica e a injetarem o excedente na rede, recebendo créditos na fatura de energia (BRASIL, 2012). Essa medida favoreceu a difusão do modelo de compensação denominado *net metering*, ampliando a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências, comércios e pequenas empresas, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

Entretanto, a promessa de autonomia energética e de redução significativa nos custos não se concretizou de forma homogênea. A promulgação da Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, conhecida como Marco Legal da Geração Distribuída, alterou o regime de compensação e instituiu a cobrança pelo uso da infraestrutura elétrica, denominada “fio B” (BRASIL, 2022). Essa mudança repercutiu diretamente na atratividade econômica da geração solar descentralizada, gerando debates em torno da chamada “taxação do sol”. Ademais, a tramitação do Projeto de Lei nº 4.831, de 2023, que busca limitar a expansão da geração distribuída, reforça o cenário de instabilidade regulatória e de tensões entre consumidores, concessionárias e órgãos reguladores (BRASIL, 2023).

Nesse contexto, este artigo tem como propósito analisar criticamente os impactos econômicos, sociais e regulatórios da geração distribuída fotovoltaica no Brasil, com destaque para as alterações introduzidas pelo Marco Legal e para os desdobramentos legislativos recentes. Busca-se compreender a evolução normativa e identificar os entraves jurídicos e econômicos que dificultam a democratização da energia limpa, bem como discutir alternativas regulatórias e políticas públicas capazes de conciliar a expansão da energia solar com a promoção da inclusão energética e da justiça socioambiental.

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, fundamentada em análise documental e levantamento estatístico de dados oficiais da ANEEL, da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, do Ministério de Minas e Energia – MME e da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR, além de estudos acadêmicos e relatórios técnicos. Essa metodologia possibilita compreender tanto os aspectos normativos quanto os impactos sociais e econômicos decorrentes do atual marco regulatório, permitindo avaliar de que forma a

regulação pode influenciar a viabilidade e a expansão da geração fotovoltaica distribuída no território nacional.

Assim, ao articular os campos da regulação energética, da justiça social e da sustentabilidade, o artigo pretende contribuir para o debate acadêmico e político acerca da transição energética brasileira, ressaltando a necessidade de modelos regulatórios que ampliem o acesso à energia renovável e assegurem uma distribuição equitativa dos benefícios da produção descentralizada de eletricidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A geração distribuída fotovoltaica consolidou-se como uma alternativa viável para a descentralização da matriz energética brasileira. Desde a edição da Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), observou-se a rápida expansão de sistemas solares em telhados residenciais, comerciais e rurais, impulsionada pelo modelo de compensação simplificada, baseado na troca de energia com a rede e no abatimento na fatura (ANEEL, 2024).

A promulgação da Lei nº 14.300/2022, entretanto, modificou substancialmente esse arranjo ao instituir o pagamento escalonado da tarifa pelo uso da rede elétrica, conhecida como “fio B”. Segundo análise técnica da própria ANEEL, essa cobrança busca garantir o equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras frente à crescente geração independente (ANEEL, 2023). Críticos da norma apontam que a mudança inverte os incentivos e compromete a atratividade da geração distribuída, especialmente para consumidores de baixa renda ou com menor consumo energético. Nesse sentido, pesquisas recentes destacam que a transição regulatória brasileira reflete tensões típicas entre inovação tecnológica e preservação de modelos econômicos estabelecidos (OLIVEIRA; SILVA, 2022).

Além disso, a nova legislação introduziu um modelo híbrido de compensação, que diferencia energia injetada e consumida, alterando a dinâmica de retorno dos investimentos fotovoltaicos. Martins e Santos (2023) ressaltam que a regulação atual tende a favorecer grandes agentes do setor elétrico em detrimento de pequenos produtores, reconfigurando o papel do consumidor na cadeia energética. Esse fenômeno também é identificado por estudos internacionais, que apontam para a necessidade de marcos regulatórios mais equitativos, capazes de promover tanto a eficiência do sistema elétrico quanto a inclusão social (LAMPIS et al., 2022).

A inclusão energética e a justiça social surgem como dimensões centrais nesse debate. A adoção da energia solar como estratégia de redução da pobreza energética vem sendo defendida por políticas públicas como a integração de sistemas fotovoltaicos ao programa Minha Casa Minha Vida e à iniciativa Mais Luz para a Amazônia (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2024; MME, 2024). De acordo com Souza e Campos (2023), a expansão da energia fotovoltaica no Brasil só terá caráter transformador se associada a programas que alcancem famílias em situação de vulnerabilidade, o que exige subsídios direcionados e linhas de crédito acessíveis.

Embora tais medidas busquem ampliar o acesso à eletricidade limpa e de menor custo, o novo marco legal pode comprometer esses avanços ao onerar consumidores que optam pela geração distribuída. A aplicação da tarifa fio B, ainda que escalonada, tende a afetar desproporcionalmente famílias com menor capacidade de investimento, ampliando desigualdades socioeconômicas. De acordo com revisão bibliográfica conduzida por Ferreira et al. (2022), políticas tarifárias regressivas podem reduzir a adesão de pequenos consumidores à energia solar, mantendo o setor concentrado em grupos de maior renda.

Segundo a ABSOLAR (2024), os maiores beneficiários da geração distribuída concentram-se nas regiões Sudeste e Sul, onde a renda média é mais elevada e o acesso ao crédito é facilitado. Lampis et al. (2022) argumentam que a promoção da justiça energética no Brasil depende do reconhecimento das desigualdades estruturais no acesso à energia, o que exige condições técnicas, financeiras e regulatórias que permitam à população em situação de vulnerabilidade participar da transição energética. Complementando essa perspectiva, Alves e Rodrigues (2023) apontam que o desenho institucional das políticas públicas deve considerar as assimetrias regionais e oferecer mecanismos que integrem os consumidores historicamente excluídos do setor elétrico.

A viabilidade econômica da energia solar distribuída também constitui um fator determinante para sua expansão. O retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos residenciais, segundo relatório da Greener (2023), varia entre três e cinco anos, podendo ultrapassar seis em regiões com tarifas mais baixas. Dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024) indicam que estados como Minas Gerais, Mato Grosso e Rio de Janeiro, com tarifas superiores a R\$ 0,80/kWh, apresentam os menores prazos de payback. Já em estados com tarifas subsidiadas, como algumas áreas do Paraná e do Sul, a atratividade é reduzida em razão do retorno mais lento.

Com a incidência progressiva do fio B, o prazo de amortização tende a se alongar, desestimulando novos investimentos, como já apontam estudos de impacto econômico da própria ANEEL (2024). Esse quadro evidencia que políticas tarifárias e arranjos regulatórios influenciam diretamente a expansão da energia solar e devem ser avaliados sob a ótica da equidade regional. Para Nascimento e Rocha (2022), a atratividade financeira da energia solar depende não apenas de fatores tecnológicos, mas da previsibilidade e estabilidade normativa, condição ainda incipiente no Brasil.

O avanço da geração distribuída fotovoltaica, contudo, não se restringe a aspectos técnicos ou financeiros: ele evidencia também um conflito distributivo pelo controle da energia. A descentralização da matriz energética significa, em termos práticos, redistribuir o poder de decisão sobre a produção e o consumo de eletricidade. O Projeto de Lei nº 4831/2023, que propõe limitar a geração distribuída a 30% do total nacional, ilustra esse embate ao refletir a tentativa de manutenção do modelo centralizado e de proteção das receitas das concessionárias. A proposta tem sido amplamente criticada por entidades do setor e por especialistas em regulação por representar um retrocesso no desenvolvimento de fontes renováveis descentralizadas (ABSOLAR, 2024).

A literatura de governança energética enfatiza que esses movimentos de resistência são recorrentes quando tecnologias descentralizadoras desafiam modelos consolidados. Como destaca a Greener (2023), a transição energética não é um processo neutro, mas sim permeado por disputas políticas, econômicas e simbólicas que determinam quem poderá se beneficiar das novas formas de produção de energia. Nesse sentido, Corrêa e Lima (2022) reforçam que a democratização da energia no Brasil depende de um desenho institucional que supere a concentração de poder das distribuidoras e reconheça o papel estratégico dos consumidores na transformação da matriz elétrica.

3. PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

A energia solar fotovoltaica tem se consolidado como uma das principais fontes renováveis de geração elétrica no Brasil, ocupando atualmente a segunda posição na matriz elétrica nacional em capacidade instalada, atrás apenas da hidroeletricidade. Segundo dados recentes da ABSOLAR (2024), a fonte fotovoltaica alcançou aproximadamente 50 GW de potência instalada em 2024, o que corresponde a cerca de 17% da capacidade total do país. Este número representa um salto quando comparado aos 11,6% registrados em fevereiro de

2023, revelando uma trajetória de expansão acelerada da tecnologia solar no território brasileiro.

Esse crescimento expressivo possibilitou que a energia solar ultrapassasse a fonte eólica, que responde por cerca de 12,9% da capacidade instalada, consolidando-se como o segmento renovável de maior dinamismo no país na última década. Apesar disso, a hidroeletricidade continua sendo a principal fonte de geração elétrica, mantendo participação variável entre 48% e 55%, conforme os dados anuais divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024). Tal predominância reflete a tradição histórica brasileira no aproveitamento de grandes reservatórios, mas também expõe fragilidades diante de períodos de escassez hídrica.

Além da solar e da eólica, outras fontes renováveis têm papel relevante, como a biomassa, que representa entre 7% e 8% da matriz, e as pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), cuja participação é mais modesta, mas contribui para a diversificação regional do sistema (EPE, 2024). Já as fontes não renováveis – gás natural, carvão mineral, derivados de petróleo e energia nuclear – ainda respondem por 15% a 20% da capacidade instalada. Entre estas, destaca-se o gás natural, responsável por cerca de 9%, cuja utilização tem aumentado em momentos de crise hídrica como mecanismo de garantia de suprimento (ANEEL, 2023; EPE, 2024).

Contudo, é necessário diferenciar a capacidade instalada da geração efetiva de energia. Embora a energia solar represente 17% da potência total, sua contribuição em termos de geração real ainda é menor devido ao fator de capacidade – parâmetro que mede a proporção entre a energia efetivamente gerada e a que poderia ser produzida se a usina operasse em sua potência máxima de forma contínua. No caso da solar, esse índice gira em torno de 18% a 23%, inferior ao da eólica e bem abaixo da média das hidrelétricas (EPE, 2024).

Mesmo assim, a participação da energia solar tem avançado de forma consistente também no âmbito da geração efetiva. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME, 2024), em março de 2024, as usinas solares centralizadas representavam 6,3% da capacidade do Sistema Interligado Nacional (SIN). Quando se inclui a geração distribuída, que envolve sistemas de telhados, fachadas e pequenas usinas instaladas em áreas residenciais, comerciais, rurais e industriais, a contribuição da energia solar ultrapassa 17% da

matriz elétrica total, demonstrando o peso decisivo da participação social e descentralizada na transição energética brasileira.

Esse protagonismo da geração distribuída está diretamente ligado à regulamentação estabelecida pela Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL e consolidada pela Lei nº 14.300/2022 (Marco Legal da Geração Distribuída), que criaram um ambiente normativo propício para a expansão da tecnologia fotovoltaica no país (ANEEL, 2012; BRASIL, 2022). Assim, observa-se que o Brasil caminha para consolidar um modelo híbrido em que grandes usinas solares convivem com sistemas descentralizados.

Em síntese, a energia solar fotovoltaica já não é apenas uma fonte complementar, mas um pilar estratégico da matriz elétrica brasileira, combinando avanços tecnológicos, políticas públicas de incentivo e crescente adesão da sociedade. O cenário atual aponta para uma tendência de ampliação contínua de sua participação, tanto em termos de potência instalada quanto de geração efetiva, consolidando-se como uma das mais importantes alternativas para a transição energética e a descarbonização da matriz nacional.

4. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA

A trajetória da geração distribuída (GD) solar no Brasil ilustra uma das mais rápidas expansões do setor energético nacional nas últimas décadas. O marco regulatório inicial foi estabelecido pela Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, publicada em 2012, que permitiu aos consumidores instalar sistemas fotovoltaicos e injetar os excedentes de energia na rede elétrica, recebendo créditos pela compensação. Apesar do potencial, a adoção inicial foi modesta: em 2019, após sete anos de vigência da norma, a potência instalada em GD solar atingia aproximadamente 1 GW, um valor ainda pouco expressivo diante da capacidade instalada nacional (ABSOLAR, 2024).

A partir de 2020, contudo, o setor iniciou um ciclo de crescimento exponencial. Ainda no primeiro semestre daquele ano, a capacidade de geração distribuída saltou para 3 GW, impulsionada pela redução dos custos dos equipamentos fotovoltaicos, pela elevação das tarifas de energia elétrica e pela crescente conscientização dos consumidores quanto aos benefícios econômicos e ambientais da autogeração. O período entre 2020 e 2022 consolidou essa tendência: em 2022, o Brasil adicionou 8,3 GW em micro e minigeração distribuída, resultado da conexão de mais de 796 mil novos sistemas, elevando a potência acumulada para

18,4 GW (BRASIL, 2023).

Mesmo diante de mudanças regulatórias, a expansão manteve-se vigorosa em 2023. Foram adicionados cerca de 625 mil sistemas fotovoltaicos, somando 7,4 GW de potência. Assim, no início de 2024, a geração distribuída solar já contava com 25,8 GW instalados, distribuídos em mais de 2,3 milhões de sistemas conectados à rede em todo o país (BRASIL, 2023).

No ano seguinte, 2024, a tendência de crescimento acelerado se consolidou. Somente nesse período, foram conectados cerca de 783 mil novos sistemas de geração distribuída, responsáveis pela adição de 8,85 GW à matriz elétrica nacional. Em janeiro de 2025, a potência acumulada da GD solar alcançava aproximadamente 35,6 GW, distribuída em mais de 3,1 milhões de sistemas implantados, beneficiando diretamente mais de 4,7 milhões de unidades consumidoras por meio do sistema de créditos de energia (BRASIL, 2025).

O ponto culminante desse avanço ocorreu em novembro de 2024, quando a energia solar nacional — somando geração distribuída e centralizada — ultrapassou a marca de 50 GW de potência instalada. Desse total, 33,5 GW correspondiam exclusivamente à geração distribuída solar, consolidando a importância desse segmento como motor da transição energética brasileira. Para fins comparativos, esse montante representa mais de 20% da matriz elétrica nacional, com presença em praticamente todos os municípios do país (ABSOLAR, 2024; BRASIL, 2024).

Esse crescimento reflete não apenas a atratividade tecnológica e econômica da geração própria de energia, mas também um processo de democratização do acesso à energia renovável. De poucas centenas de sistemas no início da década de 2010, a GD solar se transformou em um fenômeno de massa, presente em residências, comércios, propriedades rurais e indústrias. Em janeiro de 2024, a tecnologia já estava implantada em 5.545 dos 5.570 municípios brasileiros, evidenciando uma taxa média de crescimento anual superior a 230% desde 2013. Esse processo foi viabilizado por condições regulatórias favoráveis, políticas de incentivo, disponibilidade de financiamento e, sobretudo, pela crescente percepção social dos benefícios ambientais e econômicos da autogeração solar (ABSOLAR, 2024; BRASIL, 2024; BRASIL, 2025).

5. IMPACTO REGIONAL: DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA SOLAR POR ESTADO

Apesar da energia solar estar presente em quase todo o Brasil, a adoção da geração distribuída (GD) apresenta desigualdades regionais marcantes. No Sudeste e Sul, a GD se destaca como mais competitiva, impulsionada por maior renda per capita, tarifas elétricas relativamente elevadas e políticas de incentivo. Até janeiro de 2024, Minas Gerais e São Paulo lideravam com aproximadamente 3,5 GW cada. Minas Gerais contava com cerca de 269 mil sistemas, enquanto São Paulo apresentava 368 mil instalações, consolidando-se como os principais mercados estaduais de solar distribuída (ABSOLAR, 2024; BRASIL, 2024).

No Sul, o Rio Grande do Sul registrava cerca de 2,6 GW em 288 mil sistemas, e o Paraná, 2,3 GW em 175 mil instalações. Essas quatro unidades federativas — MG, SP, RS e PR — concentram uma parcela substancial da potência solar distribuída no país, moldadas por mercados consumidores estruturados e políticas estaduais favorecendo a adoção (ABSOLAR, 2024).

No Centro-Oeste, Mato Grosso se destacava com mais de 1 GW em geração distribuída, chegando a aproximadamente 1,4 GW ao fim de 2023, impulsionado pelo agronegócio e tarifas regionais elevadas. Atualmente, doze estados brasileiros já ultrapassaram a marca de 1 GW em GD solar, evidenciando a capilaridade da tecnologia além dos grandes centros urbanos (ABSOLAR, 2024; PORTAL SOLAR, 2024).

Quando analisamos a geração centralizada de grande porte, a distribuição segue padrões distintos, guiados pelo potencial solar e disponibilidade de terras. Na Bahia, por exemplo, cerca de 2,1 GW em usinas solares já estavam em operação, enquanto no Piauí eram aproximadamente 1,5 GW. Minas Gerais também lidera no Sudeste, com mais de 3,6 GW autorizados, distribuídos em mais de cem empreendimentos (BRASIL, 2024).

Outros estados nordestinos também avançam na implantação de usinas solares centralizadas. O Ceará registrava cerca de 0,8 GW e Pernambuco, 0,5 GW em capacidade instalada. Esse cenário reflete um modelo de complementaridade regional: enquanto Sudeste e Sul concentram a GD em pequenas unidades urbanas, o Nordeste consolidou-se como polo para grandes parques solares interligados ao Sistema Interligado Nacional (BRASIL, 2024).

Em síntese, Minas Gerais e São Paulo lideram na GD por perfis urbanos residenciais e comerciais, enquanto Bahia, Piauí e Ceará se destacam por grandes usinas centralizadas. Essa heterogeneidade regional evidencia como a energia solar atua de múltiplas formas no país: reduzindo a conta de energia de famílias e empresas urbanas e promovendo

desenvolvimento econômico e inclusão energética em regiões ensolaradas do Nordeste — reafirmando seu papel estratégico na transição energética nacional (ABSOLAR, 2024; BRASIL, 2024).

6. TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA, VIABILIDADE ECONÔMICA E RETORNO DO INVESTIMENTO EM ENERGIA SOLAR

A viabilidade econômica da energia solar no Brasil está diretamente ligada ao perfil tarifário do setor elétrico, marcado por forte heterogeneidade regional. Em 2023, os valores médios residenciais variavam entre R\$ 0,60 e R\$ 0,90 por kWh, mas com diferenças relevantes entre estados e concessionárias. Em 2025, no Rio de Janeiro, concessionárias como a Light e a Enel RJ cobravam entre R\$ 0,76 e R\$ 0,78 por kWh, acima da média nacional. Já no Norte, os custos eram ainda mais altos: no Amazonas e no Pará, as tarifas alcançavam R\$ 0,86 a R\$ 0,95 por kWh, resultado da dependência de termelétricas e da complexidade logística da região (CLARKE, 2025; PORTAL SOLAR, 2025).

No Centro-Oeste, os preços elevados também se destacam, influenciados pela baixa densidade populacional e pela carga tributária. Em Mato Grosso, a tarifa média residencial chegava a R\$ 0,88 por kWh, o que estimulava fortemente a busca por alternativas de autogeração. Em contrapartida, no Sul e Sudeste os valores eram relativamente menores: em São Paulo, variavam entre R\$ 0,64 e R\$ 0,71, e no Rio Grande do Sul, em torno de R\$ 0,72. Cooperativas de eletrificação no interior gaúcho apresentavam valores ainda mais baixos, entre R\$ 0,41 e R\$ 0,47 por kWh — os menores do país (CLARKE, 2025).

Essas disparidades tarifárias impactam diretamente o retorno dos sistemas fotovoltaicos. Nos estados com energia mais cara, como Amazonas, Pará e Rio de Janeiro, a economia gerada pela autogeração acelera o payback para três a quatro anos. Já em regiões com tarifas entre R\$ 0,50 e R\$ 0,60 por kWh, o retorno tende a ser mais longo, variando de cinco a seis anos, mas ainda competitivo. Essa diferença decorre de fatores estruturais, como uso intensivo de termelétricas, distância entre centros de geração e consumo e variações de ICMS que podem superar dez pontos percentuais (CLARKE, 2025).

Outro fator essencial é a queda no preço dos equipamentos. Segundo a ABSOLAR (2023), somente entre janeiro e junho de 2023 os sistemas fotovoltaicos tiveram redução média de 17%, impulsionada pela valorização cambial, pela queda dos preços internacionais de módulos e pelo excesso de estoques no mercado interno. Esse movimento reduziu o custo

de implantação (CAPEX) e encurtou significativamente os prazos de retorno em todo o país, tornando o mercado brasileiro ainda mais competitivo no cenário mundial.

No segmento residencial, o impacto foi imediato. Em janeiro de 2023, o payback médio variava de 3,8 a 5,7 anos, enquanto em junho já oscilava entre 3,1 e 4,8 anos. Em estados como Minas Gerais e Mato Grosso, o retorno passou a ocorrer em cerca de três anos, graças à alta insolação e às tarifas elevadas. Nas regiões onde a energia era relativamente mais barata, como o Sul, o prazo manteve-se próximo de cinco anos, ainda considerado atrativo em comparação a aplicações financeiras tradicionais (ABSOLAR, 2023).

No setor comercial, a atratividade é ainda maior, pois o consumo se concentra no período diurno, coincidindo com a geração solar. Em 2023, os retornos médios variaram de 3,3 a 4,8 anos em janeiro, reduzindo-se para 2,4 a 3,7 anos em junho. Muitos estabelecimentos passaram a recuperar o investimento em pouco mais de três anos, superando até mesmo a rentabilidade de investimentos de renda fixa, o que estimulou a adoção massiva em shoppings, supermercados e empresas de serviços.

Na indústria, embora os prazos sejam ligeiramente mais longos devido ao consumo em alta tensão e tarifas unitárias menores, os resultados continuaram competitivos. Em janeiro de 2023, o payback variava entre 4,5 e 7,2 anos, reduzindo-se para 4,0 a 6,3 anos em junho. Grandes fábricas passaram a recuperar o capital em cerca de cinco anos, além de se protegerem da volatilidade dos preços do mercado regulado, o que contribui para estabilidade de custos (ABSOLAR, 2023).

Sob a ótica financeira, os indicadores reforçam a atratividade. As taxas internas de retorno (TIR) frequentemente superam 20% ao ano, patamar acima da maior parte das aplicações convencionais. Além disso, imóveis com sistemas fotovoltaicos tendem a se valorizar no mercado imobiliário, agregando benefícios de longo prazo. Desde 2012, a geração distribuída já proporcionou mais de R\$ 49,6 bilhões em economia na fatura de energia elétrica, além de evitar a emissão de milhões de toneladas de dióxido de carbono, ampliando os ganhos socioambientais (ABSOLAR, 2023).

O impacto social também é expressivo. Cada real investido em energia solar estimula a geração de empregos locais, movimenta a indústria nacional e fortalece a arrecadação tributária. Assim, a energia fotovoltaica não apenas garante economia aos consumidores, mas também impulsiona o desenvolvimento regional e aumenta a resiliência do sistema elétrico.

Em síntese, a conjugação de tarifas elevadas, custos em queda e retornos cada vez mais curtos consolidou a energia solar como ativo estratégico para famílias, empresas e governos, transformando-a em vetor central de sustentabilidade e competitividade na matriz elétrica brasileira (ABSOLAR, 2023; CLARKE, 2025).

7. POLÍTICAS PÚBLICAS E INCLUSÃO ENERGÉTICA COM ENERGIA SOLAR

O governo brasileiro tem adotado diferentes programas para incentivar a energia solar fotovoltaica, considerando não apenas seus benefícios ambientais e econômicos, mas também seu papel como instrumento de inclusão social e de redução das desigualdades regionais. Um exemplo emblemático é a integração do programa Minha Casa, Minha Vida com o Luz Para Todos, em sua fase lançada em 2024. Essa etapa prevê o investimento de aproximadamente R\$ 3 bilhões até 2027, com a meta de instalar sistemas fotovoltaicos em 500 mil moradias de interesse social em todo o país.

Nessa nova configuração, todas as unidades habitacionais destinadas à faixa de menor renda passam a ser entregues já equipadas com sistemas solares, diminuindo de forma imediata os custos mensais de eletricidade das famílias contempladas. Além das placas nos telhados, o programa também admite a participação em fazendas solares remotas, por meio do sistema de créditos de energia. Minas Gerais foi o estado pioneiro na implementação, beneficiando cerca de 16 mil moradias em 40 municípios, o que representa um marco para a integração de políticas de habitação e de transição energética sustentável (BRASIL, 2024).

Outro programa relevante é o Mais Luz para a Amazônia (MLA), lançado em 2020 com o objetivo de levar eletricidade a populações em áreas isoladas da Amazônia Legal. Essa iniciativa, que sucede o antigo Luz Para Todos, é baseada em sistemas fotovoltaicos off-grid, adaptados a locais onde a expansão da rede elétrica convencional é inviável. Em Rondônia, por exemplo, aproximadamente 900 famílias ribeirinhas, indígenas e quilombolas receberam sistemas solares domiciliares em 2022, a partir de um investimento de R\$ 34 milhões realizado pela concessionária Energisa em parceria com o governo federal. A substituição de geradores a diesel por energia limpa trouxe melhorias perceptíveis na qualidade de vida, embora ainda haja mais de 100 mil famílias sem atendimento regular na região (ENERGISA, 2022; PORTAL SOLAR, 2023).

Em centros urbanos, governos municipais e estaduais têm priorizado a adoção de

energia solar em escolas, hospitais e prédios públicos. A Prefeitura de São Paulo, por exemplo, anunciou a instalação de sistemas fotovoltaicos em 775 escolas municipais e 80 Unidades Básicas de Saúde (UBS). O projeto totaliza 25,7 MW de potência instalada, com economia estimada em R\$ 36 milhões em um horizonte de 25 anos. Além da redução de despesas públicas, a iniciativa amplia a conscientização ambiental e tecnológica, já que os sistemas servem de apoio para atividades pedagógicas ligadas à educação ambiental e às novas tecnologias (CICLO VIVO, 2023).

Outras capitais, como Curitiba, Fortaleza e Brasília, também vêm implantando projetos semelhantes, em geral com apoio da ANEEL e do BNDES. Essas experiências evidenciam a possibilidade de replicação da política em escala nacional, transformando a infraestrutura pública em vetor de transição energética. Nesse contexto, além de reduzir custos governamentais, essas iniciativas reforçam a relação entre cidadania energética, sustentabilidade e educação.

No campo da eficiência energética, destaca-se o Programa de Eficiência Energética (PEE), criado em 1998 e regulamentado pela ANEEL, que obriga distribuidoras a destinarem parte de sua receita líquida a projetos de combate ao desperdício e de estímulo às renováveis. Recentemente, parte desses recursos vem sendo direcionada para a instalação de sistemas solares em comunidades de baixa renda, como as chamadas “favelas solares”, além de projetos de iluminação pública sustentável. Um exemplo é o projeto Nossa Energia, da Enel, que combina a instalação de painéis fotovoltaicos com ações de substituição de equipamentos obsoletos, oficinas de consumo consciente e orientação técnica para moradores de áreas vulneráveis (ANEEL, 2022).

Esses programas, embora ainda limitados frente ao potencial nacional, representam avanços rumo à democratização do acesso às energias renováveis. Os impactos incluem redução das despesas familiares e governamentais, fortalecimento da infraestrutura pública, geração de empregos locais e fixação de populações em áreas rurais. Além disso, a expansão da energia solar como política pública reforça o cumprimento das metas climáticas brasileiras e contribui para a consolidação de uma matriz elétrica mais limpa e resiliente, transformando a energia fotovoltaica em um pilar estratégico do desenvolvimento socioeconômico sustentável (ABSOLAR, 2024).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória da geração distribuída fotovoltaica no Brasil revela avanços inegáveis, mas também fragilidades estruturais. Entende-se que a Lei nº 14.300/2022, ao instituir a cobrança do fio B, representa um divisor de águas: embora justificada como medida de equilíbrio econômico para as distribuidoras, ela trouxe barreiras adicionais para pequenos consumidores e produtores, especialmente em regiões periféricas e de menor renda. Essa realidade demonstra que a transição energética brasileira não se resume a aspectos técnicos, mas envolve escolhas políticas que refletem disputas distributivas e interesses corporativos.

Constata-se que a promessa de uma energia limpa, acessível e descentralizada foi parcialmente frustrada, ainda que o país tenha alcançado a marca de mais de 50 GW de potência instalada, correspondendo a cerca de 17% da matriz elétrica nacional. O crescimento, embora significativo, não tem se traduzido em inclusão plena, uma vez que os benefícios da geração distribuída permanecem concentrados em consumidores de maior poder aquisitivo e em regiões economicamente mais dinâmicas. Assim, percebe-se que a expansão da energia solar, quando desvinculada de políticas públicas robustas, tende a reproduzir desigualdades históricas do setor elétrico.

Diante desse cenário, conclui-se que três caminhos são fundamentais para alinhar a expansão fotovoltaica aos objetivos de justiça energética. Primeiro, é necessária a criação de mecanismos regulatórios diferenciados para consumidores de baixa renda, como isenções graduais do fio B ou subsídios cruzados que evitem a exclusão social. Segundo, o estímulo a modelos coletivos de geração, como cooperativas solares e fazendas comunitárias, deve ser ampliado e institucionalizado, reduzindo a concentração de benefícios e ampliando o acesso em áreas urbanas e rurais. Terceiro, impõe-se o fortalecimento de políticas públicas integradas, que articulem habitação popular, educação ambiental, financiamento inclusivo e eletrificação rural com sistemas fotovoltaicos.

Defende-se, portanto, que a energia solar deve ser consolidada como pilar estratégico do desenvolvimento sustentável brasileiro, não apenas como fonte de energia limpa, mas como ferramenta de cidadania e equidade. Ao colocar o direito à energia no centro das decisões, o Brasil poderá transformar a transição energética em um processo inclusivo, capaz de reduzir desigualdades e de reafirmar o compromisso nacional com uma economia verde, justa e resiliente.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA). *Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil – 2024*. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: 27 jul. 2025.

ALVES, L.; RODRIGUES, C. Inclusão energética e desenvolvimento sustentável: desafios da energia solar distribuída no Brasil. *Revista de Políticas Energéticas*, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 45-63, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Dados consolidados de micro e minigeração distribuída – 2025*. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://dados.aneel.gov.br/dataset/micro-e-minigeracao-distribuida>. Acesso em: 27 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Programa de Eficiência Energética (PEE)*. Brasília, DF, 1998–. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programa-de-eficiencia-energetica>. Acesso em: 27 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Relatório Anual de Geração Distribuída – 2023*. Brasília, DF, 2023. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656827/18301034/Relatorio_GD_2023.pdf. Acesso em: 27 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012*. Estabelece as condições gerais para microgeração e minigeração distribuída. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2025.

BRASIL. *Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022*. Institui o Marco Legal da Geração Distribuída. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm. Acesso em: 27 jul. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). *Programa Mais Luz para a Amazônia (MLA)*. Brasília, DF, 2020–. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/mais-luz-para-a-amazonia>. Acesso em: 27 jul. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME); MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Programa Luz Para Todos – Minha Casa Minha Vida (LPT–MCMV)*. Brasília, DF, 2024–. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/luz-para-todos>. Acesso em: 27 jul. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS (BRASIL). *Projeto de Lei nº 4.831, de 2023*. Altera dispositivos da Lei nº 14.300/2022 (geração distribuída). Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2351571>. Acesso em: 27 jul. 2025.

CICLOVIVO. Prefeitura de São Paulo instala energia solar em escolas e UBS: 25,7 MW e economia projetada. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/energia/renovavel/sp-energia-solar-escolas-ubs>. Acesso em: 27 jul. 2025.

CLARKE ENERGIA. *Panorama de tarifas residenciais por estado – 2025*. São Paulo, 2025. Disponível em: <https://clarkeenergia.com.br>. Acesso em: 27 jul. 2025.

CORRÊA, P.; LIMA, F. Governança energética e participação social: disputas em torno da geração distribuída. *Revista Brasileira de Energia*, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 75-94, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanco Energético Nacional 2024: ano base 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional>. Acesso em: 27 jul. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Capacidade Instalada de Geração Elétrica – 2024*. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Capacidade-Instalada-de-Geracao-Eletrica>. Acesso em: 27 jul. 2025.

ENERGISA. MLA em Rondônia: 900 famílias atendidas com sistemas solares. [Comunicado de imprensa], 2022. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/noticias/mla-rondonia>. Acesso em: 27 jul. 2025.

FERREIRA, J. et al. Políticas tarifárias e impactos socioeconômicos da energia solar distribuída. *Revista de Economia e Sustentabilidade Energética*, Brasília, v. 9, n. 3, p. 210-229, 2022.

GREENER. *Mercado Fotovoltaico no Brasil – 1º semestre de 2023*. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudos>. Acesso em: 27 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR (IDEC). *Ranking das tarifas de energia elétrica – 2023*. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://idec.org.br>. Acesso em: 27 jul. 2025.

LAMPIS, A. et al. Energy justice and distributed generation: comparative perspectives. *Energy Policy Journal*, Londres, v. 156, p. 1-14, 2022.

MARTINS, H.; SANTOS, C. Geração distribuída solar no Brasil: desafios e oportunidades. *Revista de Direito, Energia e Sustentabilidade*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 55-78, 2023.

MARTINS, H.; SANTOS, R. Regulação e justiça distributiva na energia solar: dilemas da transição brasileira. *Revista de Direito e Sustentabilidade Energética*, Brasília, v. 15, n. 2, p. 134-152, 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). *Programa Mais Luz para a Amazônia: Relatório de Resultados 2024*. Brasília: MME, 2024.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Energia Solar no Programa Minha Casa Minha Vida: Relatório Técnico 2024*. Brasília: Ministério das Cidades, 2024.

NASCIMENTO, T.; ROCHA, L. A regulação da geração distribuída e seus desafios no Brasil. *Revista de Direito Econômico e Energia*, Salvador, v. 11, n. 1, p. 88-107, 2022.

OLIVEIRA, A.; SILVA, M. Regulação, inovação e conflitos na energia solar distribuída. *Revista de Políticas Públicas em Energia*, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 59-81, 2022.

PORTAL SOLAR. *Estados com mais de 1 GW em geração distribuída: dados regionais*. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br>. Acesso em: 27 jul. 2025.

SOUZA, G.; CAMPOS, R. Inclusão energética e justiça social na expansão da energia fotovoltaica. *Revista Brasileira de Políticas Sociais e Energéticas*, Brasília, v. 19, n. 3, p. 201-220, 2023.