

## Ascensão da utilização da fonte fotovoltaica residencial no estado de São Paulo

Beatriz Brioli Doll de Moraes<sup>1</sup>, Julia Camargo Garcia<sup>1</sup>, Thiago Henrique Silva de França<sup>1</sup>, Maria Claudia Costa de Oliveira Botan<sup>1\*</sup>

### Resumo

No Brasil, a energia solar está experimentando um progresso acelerado, consolidando-se como uma opção ecológica e de excelente retorno econômico para a geração de energia. As usinas fotovoltaicas oferecem benefícios significativos, por utilizarem uma fonte de energia renovável. Os objetivos deste artigo são analisar o planejamento anual da energia fotovoltaica residencial e remota-residencial do estado de São Paulo entre os anos 2018–2027 e verificar o desenvolvimento ao longo dos anos. Nesse contexto, foram avaliados os tipos de consumo existentes em habitações (residencial e remota-residencial) e a quantidade de adeptos anualmente de cada classe. As comparações foram feitas e foi possível observar que ocorreu um grande aumento no consumo de energia de origem fotovoltaica a partir do ano de 2020, e as previsões apontam que esse consumo tende a aumentar com o passar dos anos. Com isso, foi possível concluir que esse crescimento ocorreu não apenas por ser uma excelente fonte de energia renovável e limpa, mas também proporciona vários benefícios para seus usuários.

### Palavras-chave

Análise da energia fotovoltaica — Energia fotovoltaica — Energia renovável — Impactos da energia fotovoltaica

<sup>1</sup> Engenharia de Energia, Faculdade de Engenharia e Ciências (FEC) - UNESP Rosana, Avenida Dos Barrageiros, 1881, Rosana, 19274-000, São Paulo, Brasil

\*Autor correspondente: maria.botan@unesp.br

Submissão: 11/08/2023 — Aceite: 05/01/2024 — Publicação: 02/02/2024

## 1. Introdução

Ao longo da história, o progresso humano esteve inextricavelmente ligado ao uso de fontes de energia oriundas da natureza. A energia solar se destaca como um componente vital para a manutenção da vida em nosso planeta. Com o decorrer dos séculos, o progresso tecnológico e a demanda por um desenvolvimento sustentável solidificaram a energia solar como uma das fontes energéticas e econômicas mais relevantes no contexto global [Lopes, 2023].

O aumento desmedido da população, a produção excessiva de resíduos, a exploração irracional e desenfreada dos recursos naturais, juntamente com os atuais métodos de geração de energia baseados em combustíveis fósseis, que emitem gases de efeito estufa, exercem um impacto significativo no meio ambiente. Esses fatores têm sido determinantes para o agravamento do aquecimento global, um problema urgente resultando em consequências como a deterioração das regiões polares, aumento do nível do mar e modificação dos ecossis-

temas, entre outros efeitos prejudiciais.

A expansão descontrolada da população, a geração exorbitante de resíduos, a exploração imprudente e descontrolada dos recursos naturais, aliadas aos métodos atuais de produção de energia que dependem de combustíveis fósseis, que liberam gases de efeito estufa, desencadeiam um impacto significativo no ambiente. Esses elementos têm sido cruciais para a intensificação do aquecimento global, uma questão urgente resultando em desdobramentos como a degradação das regiões polares, elevação do nível do mar e alteração dos ecossistemas, entre outros efeitos nocivos [Ponath, 2022].

No Brasil, a energia solar está experimentando um crescimento exponencial, consolidando-se como uma opção sustentável e de excelente relação custo-benefício para a geração de energia. Foi comprovado que as usinas fotovoltaicas oferecem benefícios significativos, uma vez que além de utilizarem uma fonte de energia renovável, desempenham um papel importante no desenvolvimento sustentável [Lopes, 2023]. Essa

energia é obtida através do efeito fotovoltaico, que envolve a conversão de energia eletromagnética em energia elétrica por meio da geração de tensão elétrica em células compostas por semicondutores [Vargas, 2023].

A energia fotovoltaica possui um enorme potencial de aplicação e, embora ainda esteja em estágio inicial, consegue se estabelecer como uma matriz energética abrangente. A análise de vários indica que, mesmo considerando as diferentes características sazonais de cada região brasileira, a média diária de radiação solar obtida em todo o país apresenta um desempenho elevado e uniforme em toda a sua extensão territorial, quando comparado a países que já fazem amplo uso dos recursos solares como os da União Europeia [Ponath, 2022]. Portanto, a energia solar tem se estabelecido como uma solução promissora, com custos vantajosos e contribuições significativas para a sustentabilidade e desenvolvimento do Brasil [Lopes, 2023].

## 1.1 Os impactos da energia fotovoltaica

Atualmente a energia fotovoltaica no Brasil, representa cerca de 2% da geração de toda a matriz energética em 2022, segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), destacou no ano de 2022, que o Brasil gerou cerca de 15 gigawatts (GW) de potência operacional, excedendo a marca histórica da potência operacional dessa fonte de geração. Assim, a quantidade de energia solar produzida nos últimos 3 anos pelas residências brasileiras cresceu uma marca de quase oito vezes, partindo de 275,1 MW para 2.148,44 MW de potência instalada, segundo dados da Associação Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) [Almeida, 2023].

No ano de 2022 o Brasil teve cerca de 69,41% de aumento na geração de empregos na área de instalações de projetos fotovoltaicos, partindo de 68 mil para 115 mil empregos nesta data. Um dos motivos para esse crescimento repentino foi a criação da lei 14.300/2022, que entrou em vigor no início do ano de 2023, na qual projetos desenvolvidos até tal data se encontravam isentos das novas tarifas implementadas por essa lei. Portanto prevendo essa nova cobrança, muitos moradores investiram em plantas fotovoltaicas a fim de se resguardar em alguns anos sobre esses novos impostos, aumentando conseqüentemente o número de empregos nesse setor [Santos, 2023].

### 1.1.1 Benefícios

A geração de energia fotovoltaica tem sido muito reconhecida em diversos países como uma solução tecnológica para mitigar os efeitos ambientais decorrentes das mudanças climáticas e diminuir a dependência de combustíveis fósseis [Ribeiro, 2022].

Além de ser uma alternativa viável devido às suas características, sendo uma fonte inesgotável e com baixa emissão de poluentes, a geração de energia fotovoltaica contribui para a redução do impacto ambiental devido à sua baixa necessidade de manutenção e à capacidade de gerar eletricidade localmente [Almeida, 2023].

No Brasil, a resolução estabelecida opera da seguinte maneira: quando uma unidade consumidora gera energia excedente que não é utilizada, essa energia é direcionada para a rede distribuidora local, funcionando como uma espécie de bateria, onde o excedente é armazenado na forma de créditos que podem ser utilizados ao longo de até 60 meses. Em situações em que a geração de energia não supre a demanda, a concessionária local supre a diferença, descontando os créditos gerados anteriormente. Caso a unidade consumidora não possua créditos excedentes, será cobrada a diferença [Almeida, 2023].

### 1.1.2 Malefícios

Anteriormente à implementação da Lei 14.300/2022, existia um sistema de compensação total, no qual a energia injetada na rede poderia ser consumida sem a incidência de taxas tarifárias. No entanto, com a nova legislação a partir do início de 2023, foi estabelecido um sistema de compensação parcial, exigindo que os microgeradores se responsabilizem pelo pagamento do Fio B, sendo um componente da Tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) presente em uma conta de energia (a TUSD é uma parte significativa da tarifa de energia elétrica e engloba diferentes componentes tarifários). Se refere aos gastos associados ao uso da infraestrutura de distribuição da concessionária elétrica, abrangendo desde a distribuição até o destino final, como residências, comércios, empresas e propriedades rurais. Essa nova forma de tarifação terá um impacto direto no dimensionamento dos sistemas de energia fotovoltaica e, conseqüentemente, em seu retorno financeiro ao longo dos anos [Ribeiro, 2022].

Além disso, mesmo a fonte fotovoltaica sendo uma tecnologia relativamente nova, houve um significativo progresso na produção de células fotovoltaicas, porém, apesar da redução de custos de instalação, a eficiência ainda é considerada relativamente baixa. Atualmente, estão em andamento várias pesquisas com o propósito de desenvolver células fotovoltaicas que apresentem baixo custo de fabricação, longa durabilidade e maior eficiência na conversão da radiação solar em energia elétrica, porém atualmente células com essas capacidades não são de baixo custo [Ribeiro, 2022].

## 1.2 Análise da energia fotovoltaica no Brasil

O Brasil possui um grande potencial no quesito de produção de energia solar, sendo maior que grande parte dos países europeus, inclusive a Alemanha, sendo um país que investe amplamente na produção fotovoltaica. Atualmente, o país está vivenciando um crescimento exponencial das usinas fotovoltaicas, sendo amplamente encontradas em residências ou empresas privadas, tanto por micro geração distribuída, quanto por mini geração distribuídas, totalizando em 98,5% da potência instalada e 99,9% das conexões instaladas, com potência de 16,39 GW e 1576940 sistemas fotovoltaicos conectados ao SIN [Bezerra, 2023].

De modo geral, a geração centralizada de energia solar possui 7,61 GW em operação, 4,51 GW em construção e 73,08 GW em projetos, totalizando em 87,00 GW de potência

outorgada. Um ponto crucial nesse crescimento foi a isenção da taxa da lei 14.300/22 para os projetos instalados até o ano de 2022, que fez com que os consumidores interessados agilizassem a instalação, consequentemente gerando crescimento no setor [Vargas, 2023, Santos, 2023].

Apesar da federação apresentar divergentes características sazonais ao longo do seu território, a média diária de produção fotovoltaica demonstra uniformidade em toda a extensão territorial e um alto desempenho devido aos elevados índices solarimétricos, sendo um fator determinante para a instalação de uma usina fotovoltaica. Ademais, o alto uso dessa fonte de produção de energia está diretamente ligado a produção de energia em hidrelétrica, visto que em meses mais secos e quentes as plantas solares são conectadas à rede, assim economizando os recursos hídricos dos reservatórios, do mesmo modo que em meses mais chuvosos os níveis de irradiação solar é reduzido enquanto os reservatórios se encontram mais cheios [Bezerra, 2023, Lopes, 2023, Vargas, 2023].

De maneira regionalizada, o crescimento da energia solar fotovoltaica teve destaque na região sudeste do país, devido a fatores como a crise hidroenergética, o grande potencial de irradiação solar da região, o potencial físico nas coberturas das unidades consumidoras, os estímulos fiscais e a redução sucessiva do custo dos equipamentos [Santos, 2023].

Em 2021, o setor foi responsável por gerar mais de R\$ 120,8 bilhões em investimentos e cerca de 115 mil empregos, apresentando uma taxa de 69,41% de crescimento em relação ao ano anterior, que gerou cerca de 68 mil empregos. Hoje em dia, o número de empregos provenientes da produção fotovoltaica gira em torno de 115 mil [Santos, 2023].

Ao longo do ano de 2022 os sistemas fotovoltaicos aumentaram de modo que 10 MW foram instalados ao longo do ano, totalizando cerca de 24 MW, correspondendo a 11,20% da matriz energética total brasileira. Com base em dados coletados pela ANEEL, neste período foram contabilizadas cerca de 4300 usinas solares ativas, principalmente fotovoltaicas. Além disso, o Brasil aparece em 14º no ranking da Agência Internacional para Energias Renováveis, sendo o único da América Latina no mesmo [Lopes, 2023].

Desta maneira, o objetivo desta pesquisa é analisar o planejamento anual da fonte fotovoltaica residencial e residencial remota do estado de São Paulo entre os anos 2018–2027 e observar o crescimento com o passar dos anos.

## 2. Metodologia

Os dados que foram analisados são: a energia total gerada por ano (energia [MWh]), a energia consumida pela residência que contém os painéis fotovoltaicos (energia\_autoc [MWh]), a energia injetada na rede, isto é, que sobrou da energia total e não foi consumida (energia\_inj [MWh]) e os adotantes que começaram a gerar energia fotovoltaica (adotantes [mês]). A soma da energia autoconsumida e a energia injetada na rede é a energia total. Esses valores foram colocados em duas tabelas para serem analisados.

Então, isso resultou em duas tabelas de média anual, tanto residencial remoto quanto apenas residencial. É importante ressaltar que, a partir do ano de 2022, foi feita uma projeção dos anos seguintes utilizando os valores dos anos anteriores como base.

As projeções foram realizadas utilizando como base diversos critérios, dentre os principais a avaliação da conjuntura econômica e o monitoramento do consumo e da carga em todo o território brasileiro, realizados pelas Resenhas Mensais da EPE, dos Boletins de Carga Mensais da ONS e dos Info Mercados Mensais da CCEE.

Já para as projeções de carga e consumo, foram feitas as análises dos anos anteriores, para determinar as áreas com maiores índices de consumo e produção, e assim determinar seus respectivos dados.

## 3. Resultados

De início, foram preparadas duas tabelas de média anual, tanto residencial remoto, como é possível observar a Tabela 2, e apenas residencial, como é possível ver na Tabela 1. É importante ressaltar que, a partir do ano de 2022, foi feita uma projeção dos anos seguintes utilizando os valores dos anos anteriores como base.

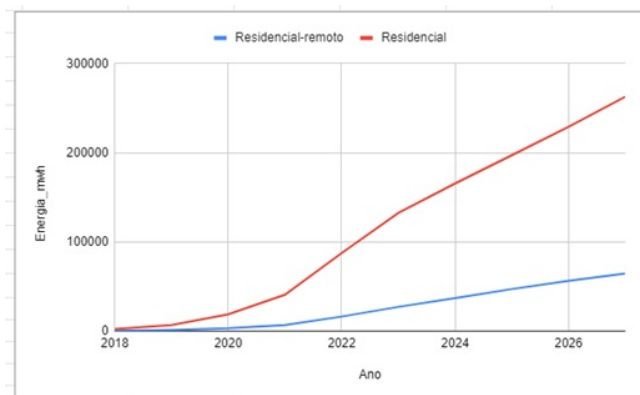
**Tabela 1.** Média de Consumo Anual Residencial. Fonte: Autores (2023).

Ano	Energia (MWh)	Energia_autoc (MWh)	Energia_inj (MWh)	Adotantes (mes)
2018	2,276,500	910,600	1,365,900	366
2019	6,587,034	2,634,813	3,952,220	1,139
2020	18,707,458	7,482,983	11,224,475	2,090
2021	40,677,773	16,271,109	24,406,664	4,677
2022	87,430,544	34,972,217	52,458,326	7,659
2023	132,509,664	53,003,866	79,505,798	4,478
2024	165,481,327	66,192,531	99,288,796	4,701
2025	197,180,325	78,872,130	118,308,195	4,550
2026	229,037,167	91,614,867	137,422,300	4,781
2027	262,662,582	105,065,033	157,597,549	5,172

**Tabela 2.** Média de Consumo Anual Residencial Remoto. Fonte: Autores (2023).

Ano	Energia (MWh)	Energia_autoc (MWh)	Energia_inj (MWh)	Adotantes (mês)
2018	330,417	66,083	264,333	51
2019	1,004,668	200,934	803,735	297
2020	3,052,257	610,451	2,441,806	395
2021	6,653,836	1,330,767	5,323,069	1,119
2022	16,235,150	3,247,030	12,988,120	2,366
2023	27,092,038	5,418,408	21,673,630	1,600
2024	36,894,849	7,378,970	29,515,879	1,968
2025	47,041,151	9,408,230	37,632,921	1,884
2026	56,230,036	11,246,007	44,984,028	1,659
2027	64,591,503	12,918,301	51,673,202	1,621

A Figura 1 é um gráfico que compara os valores da energia total gerada de forma residencial e de forma residencial-remota. Observando a Figura 1, é possível perceber que a



**Figura 1.** Comparação da Energia Gerada de Forma Residencial e de Forma Residencial-Remota. Fonte: Autores (2023).

forma residencial é muito mais utilizada que a residencial-remota, até mesmo por conta das especificações que precisam ser atendidas para poder usufruir deste modo.

A Tabela 3 mostra os valores da porcentagem de aumento de um ano para o outro do consumo da energia de forma residencial e de forma residencial-remota.

Esta análise foi feita entre os anos de 2018 e de 2022, pois os anos seguintes são projeções e, neste caso, não é preciso realizar esta análise com eles. É possível perceber que, em ambos os casos, o aumento de energia de um para o outro ultrapassa os 100%, e vai diminuindo conforme os anos. Isso acontece, pois nesta época as bases estatísticas havia vários erros em suas projeções, o que expôs a necessidade de ajustes estatísticos no ramo, assim como nos dados de desvios de mercado e cargas efetuadas.

Em 2018, a expectativa era de que o montante de energia elétrica consumida no SIN fosse de 476.441 GWh, representando crescimento de 3,1% em relação a 2017, entretanto, o consumo total de energia elétrica no SIN em 2018 foi 2.036 GWh inferior à projeção. Além disso, esperava-se que ocorresse uma maior contribuição do consumo de baixa tensão, tendo as comerciais e residenciais como principais, e do recuo da participação do consumo industrial para os seguintes anos, contradizendo o cenário atual, como é possível perceber na Figura 2 [Brasil, 2023].

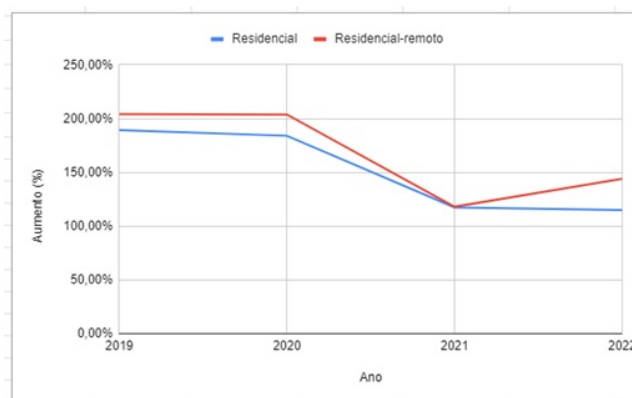
#### 4. Conclusion

É possível concluir que a quantidade de adotantes a fonte de energia fotovoltaica está aumentando, pois, além de ser uma fonte de energia limpa e renovável, também traz um ótimo custo-benefício.

Esse aumento é extremamente positivo para o mundo todo, pois quanto maior for a quantidade de fontes fotovoltaicas,

**Tabela 3.** Comparação do Percentual de Aumento da Energia Gerada de Forma Residencial e de Forma Residencial-Remota. Fonte: Autores (2023).

Residencial		
Ano	Energia (MWh)	Aumento (%)
2018	2,276,500	-
2019	6,587,034	189.35
2020	18,707,458	184.00
2021	40,677,773	177.44
2022	87,430,544	114.93
Residencial-Remota		
Ano	Energia (MWh)	Aumento (%)
2018	330,417	-
2019	1,004,668	204.06
2020	3,052,257	203.81
2021	6,653,836	118.00
2022	16,235,150	144.00



**Figura 2.** Comparação do Percentual de Aumento da Energia Gerada de Forma Residencial e da Forma Residencial-Remota. Fonte: Autores (2023).

mais benefícios são gerados para o meio ambiente, por ser um tipo de geração de energia limpa que produz menos poluentes.

#### Referências

- [Almeida, 2023] Almeida, L. (2023). Estudo de caso do impacto financeiro nos sistemas de microgeração fotovoltaicas sob o marco legal de geração distribuída lei 14.300/2022.
- [Bezerra, 2023] Bezerra, R. (2023). Análise de dados de desempenho de painéis fotovoltaicos residenciais.
- [Brasil, 2023] Brasil (2023). Revisões quadrimestrais da carga: Planejamento anual da operação energética 2023-2027. empresa de pesquisa energética. *Empresa de Pesquisa Energética*.
- [Lopes, 2023] Lopes, J., A. J. (2023). Esquematização de estrutura de usina de energia solar no brasil: uma revisão de literatura.

- [Ponath, 2022] Ponath, L. (2022). Produção fotovoltaica residencial no Brasil: um estudo sobre a eficiência energética e viabilidade econômica.
- [Ribeiro, 2022] Ribeiro, G.; Silva, C. C. C. A. (2022). Análise dos impactos financeiros na aplicação da energia solar para as edificações residenciais na nova resolução 14.300/22.
- [Santos, 2023] Santos, V. (2023). O crescimento da geração de energia solar fotovoltaica pela perspectiva da geração de empregos (2017-2022). pages 2017–2022.
- [Vargas, 2023] Vargas, P. (2023). Energia solar fotovoltaica: Análise de sua expansão no Brasil.