

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Helcio Miguel Ataide Rodrigues Gomes

**O SETOR FOTOVOLTAICO EM ALAGOAS: UM ESTUDO A PARTIR DO  
MODELO ESTRUTURA-CONDUTA-DESEMPENHO**

Maceió

2022

Helcio Miguel Ataide Rodrigues Gomes

**O SETOR FOTOVOLTAICO EM ALAGOAS: UM ESTUDO A PARTIR DO  
MODELO ESTRUTURA-CONDUTA-DESEMPENHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Peixoto Rosário

Maceió

2022

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**

Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale – CRB4/661

- G633s Gomes, Helcio Miguel Ataide Rodrigues.  
O setor fotovoltaico em Alagoas : um estudo a partir do modelo estrutura-  
conduta- desempenho / Helcio Miguel Ataide Rodrigues Gomes. – 2022.  
58 f. : il. color.
- Orientador: Francisco José Peixoto Rosário.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Econômicas ) –  
Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Economia, Administração e  
Contabilidade. Maceió, 2022.
- Bibliografia: f. 56-58.
1. Economia. 2. Energia solar fotovoltaica - Modelo Estrutura-Conduta-  
Desempenho. 3. Energias renováveis - Alagoas. I. Título.

CDU: 330:621.31(813.5)

## **Folha de Aprovação**

AUTOR: HELCIO MIGUEL ATAIDE RODRIGUES GOMES

### **O SETOR FOTOVOLTAICO EM ALAGOAS: UM ESTUDO A PARTIR DO MODELO ESTRUTURA-CONDUTA-DESEMPENHO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente da Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal de Alagoas e aprovado em 14 (catorze) de junho de 2022.

---

Francisco José Peixoto Rosário

Orientador

#### **Banca Examinadora:**

---

Verônica Nascimento Brito Antunes (UFAL)

---

Carlos Everaldo Silva da Costa (UFAL)

Dedico este trabalho a minha família, amigos e em especial minha namorada, por nunca me deixarem desistir.

## **AGRADECIMENTOS**

Essa monografia só se tornou possível pelo grande apoio da minha família e amigos. Agradeço-os todos, em especial meu amigo e pai Helvécio, ao qual me orgulho de estar seguindo seus passos em sua profissão, e aos muitos conselhos e puxões de orelha que sempre me fizeram tomar um rumo na vida.

Agradeço também meu irmão Helvio, que sempre me apoiou em minhas empreitadas pela vida.

Agradeço minha mãe, por sempre estar ao meu lado.

Principalmente, agradeço a minha namorada Jully, cujos suporte e apoio tornaram possível a conclusão de mais essa etapa.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Doutor Francisco José, pelo qual desde o primeiro período da graduação tenho admiração pelo profissional que ele é.

Também sou muito grato pelas amizades feitas nessa jornada, em especial ao meu amigo Raul, que sempre me incentivou a ser a minha melhor versão.

Apenas uma guerra é permitida à espécie humana: a guerra contra a extinção.

Isaac Asimov

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi analisar o setor de energia solar fotovoltaica em Alagoas no biênio 2019-2020 a partir da perspectiva teórica do Modelo de Estrutura, Conduta e Desempenho. Com isso, contribuiu-se para preencher uma lacuna existente nos segmentos científico e empresarial no estado de Alagoas, visto que não há muitos trabalhos amplos que se concentram nesse setor de crescente demanda na última década. Foi feita uma revisão da literatura teórica, prática e uma contextualização do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil. Em seguida, foram expostos os elementos referentes às condições básicas de oferta e demanda, à estrutura de mercado, à conduta e ao desempenho. Foram identificadas pelo menos 21 empresas atuantes com instalação e montagem de equipamentos fotovoltaicos, sendo ambas as únicas partes da cadeia produtiva presentes em Alagoas, havendo uma estrutura similar à de concorrência monopolista. O uso de energia solar fotovoltaica hoje se concentra em residências e estabelecimentos comerciais, com pouca expressividade de outorgas no setor industrial. Também se identificaram várias oportunidades, sendo a crescente consciência ambiental dos consumidores como uma delas. No entanto, ameaças como recorrentes guerras de preços, falta de planejamento mercadológico e possíveis alterações na legislação pertinente no futuro podem representar dificuldades de longo prazo.

**Palavras-chave:** Modelo Estrutura-Conduta-Desempenho; Energia solar fotovoltaica; energias renováveis em Alagoas.

## ABSTRACT

The goal of this research was to analyze the solar photovoltaic energy sector in Alagoas for the 2019-2020 biennium using the Structure, Conduct and Performance Model approach. This work contributed to filling an existing gap in the scientific and business segments in the state of Alagoas, since there are not many far-reaching publications about this sector, whose demand has been increasing in the last decade. A literature revision on theoretical and practical approaches was made, followed by a contextualization on the photovoltaic energy sector in Brazil. Afterwards, we exhibited the basic conditions of supply and demand, the market structure, the conduct and the performance. We identified at least 21 active firms in the sector, covering services such as the installation and assembly of photovoltaic equipment only, both being the steps of the productive chain in Alagoas, where there is a structure similar to one of monopolistic competition. The demand for solar photovoltaic energy is more commonly found among homes and shops, and less commonly found in the industry. We also identified many opportunities, among which the environmental conscience of consumers being one of them. However, threats like the recurring price wars, lack of marketing planning and possible changes in the solar energy regulations may represent long-run difficulties.

**Key Words:** Structure-Conduct-Performance Model; Solar photovoltaic energy; renewable energies in Alagoas.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Esquematização do Modelo Estrutura-Condução-Desempenho .....	17
<b>Figura 2</b> – Cadeia de valor da produção fotovoltaica.....	31
<b>Figura 3</b> – Cadeia de valor agregada da produção fotovoltaica .....	31
<b>Figura 4</b> – Evolução do consumo de energia elétrica (MW/h), Alagoas, de 2010 a 2019 .....	37
<b>Figura 5</b> – Evolução do consumo de energia elétrica por tipo de ligação (MW/h) em Alagoas, de 2010 a 2019.....	37
<b>Figura 6</b> – Participação da minigeração de energia fotovoltaica em Alagoas, de 2017 a abril de 2020 .....	38
<b>Figura 7</b> – Evolução do número anual de outorgas para o funcionamento de usinas de minigeração de energia fotovoltaica em Alagoas, de 2017 a 2020 .....	38
<b>Figura 8</b> – Distribuição geográfica dos equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, 2020 .....	39
<b>Figura 9</b> – Distribuição geográfica dos equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, uso residencial, 2020 .....	40
<b>Figura 10</b> – Distribuição geográfica dos equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, uso comercial, 2020.....	40
<b>Figura 11</b> – Distribuição geográfica dos equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, uso industrial, 2020 .....	41
<b>Figura 12</b> – Municípios com equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, uso rural, 2020 .....	41
<b>Figura 13</b> – Estados onde há fornecedores de equipamentos de geração de energia fotovoltaica .....	44
<b>Figura 14</b> – Diagrama simples de sistema fotovoltaico conectado à rede.....	45
<b>Figura 15</b> – Diagrama simples de sistema fotovoltaico de acoplamento direto .....	46
<b>Figura 16</b> – Diagrama do sistema fotovoltaico independente com armazenamento de bateria alimentando cargas DC e AC .....	46
<b>Figura 17</b> – Diagrama de um sistema híbrido fotovoltaico .....	46
<b>Figura 18</b> – Distribuição geográfica das empresas em downstream da cadeia produtiva em Alagoas, 2020 .....	47
<b>Figura 19</b> – Matriz PESTEL.....	50
<b>Figura 20</b> – Análise SWOT para os serviços da indústria de geração de energia fotovoltaica em Alagoas .....	51

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Dados socioeconômicos e energéticos de Alagoas, 2009 e 2018.....	33
<b>Tabela 2</b> – Consumo de energia em Alagoas por fonte, 2009 e 2018 .....	34
<b>Tabela 3</b> – Tarifas de energia elétrica em Alagoas, categoria residencial baixa renda, maio de 2022 .....	35
<b>Tabela 4</b> – Tarifas de energia elétrica em Alagoas, categoria residencial normal, maio de 2022 .....	35
<b>Tabela 5</b> – Tarifas de energia elétrica em Alagoas, categoria demais classes, maio de 2022.	36

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

FIT	<i>Feed-in Tariff</i>
Modelo ECD	Modelo Estrutura-Condução-Desempenho
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
<b>2.1 O Modelo Estrutura-Conduto-Desempenho</b> .....	14
<b>2.2 Estudos Empíricos a partir do Modelo Estrutura-Conduto-Desempenho</b> .....	19
<b>2.3 Um Breve Panorama da Energia Fotovoltaica no Brasil</b> .....	21
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	28
<b>4 RESULTADOS</b> .....	30
<b>4.1 Aspectos Gerais da Cadeia de Valor da Energia Fotovoltaica em Alagoas</b> .....	30
<b>4.1.1 Condições Básicas da Energia Fotovoltaica em Alagoas</b> .....	32
<b>4.1.2 Aspectos gerais de compra ou financiamento de equipamentos e instalação da energia fotovoltaica</b> .....	42
<b>4.1.3 Custo Comercial Médio de Painéis Solares</b> .....	43
<b>4.1.4 Tipo de Mercado</b> .....	43
<b>4.2 As condições de oferta de energia fotovoltaica em Alagoas</b> .....	44
<b>4.2.1 Características das tecnologias utilizadas para a geração de energia solar</b> .....	44
<b>4.3 Estrutura da Indústria em Alagoas</b> .....	47
<b>4.4 Estudo do Ambiente de Negócio</b> .....	49
<b>4.5 Propostas de Ações para o Desenvolvimento Setorial</b> .....	52
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	54
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	56

## 1 INTRODUÇÃO

O advento da industrialização, desde o século XIX, trouxe uma miríade de efeitos positivos para a sociedade como um todo: crescimento econômico, novas formas de transporte e comunicação apoiadas por tecnologias em constante evolução, etc. Todavia, trouxe também efeitos colaterais negativos, principalmente sobre o meio ambiente: a emissão contínua de dióxido de carbono, entre outras substâncias maléficas para a atmosfera, tem causado um aprofundamento do processo de mudanças climáticas, em que os climas anteriormente conhecidos pela humanidade apresentam cada vez mais fenômenos extremamente distantes da média esperada.

Um dos principais fatores que contribuem para as mudanças climáticas é a produção energética a partir de combustíveis fósseis. A sua alternativa é a produção de energia por meios renováveis (hidrelétricas, fonte eólica, biomassa, etc.). Entre elas, destaca-se a geração de energia solar, que aproveita um recurso abundante na natureza para capturar e alimentar sistemas elétricos (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017). Em particular, o Brasil tem um vasto território com enorme aptidão para a geração de energia dessa natureza: com os climas variantes do tropical e subtropical e próximo da linha do Equador, a sua exposição ao sol é fortíssima e seu potencial de geração de energia por esse meio é muito maior que quaisquer outros países que já dependam dele (e.g., Alemanha). Entretanto, ainda há muito o que percorrer, desde capacidade instalada e investimentos até divulgação para a população no geral sobre os benefícios da geração de energia por meio de painéis solares fotovoltaicos.

Em especial, Alagoas se mostra um território de extremo potencial para a energia solar. Além de as energias renováveis não serem algo novo no estado (a biomassa é uma importante fonte energética), há uma demanda por alternativas energéticas por uma variedade de tipos de consumidor: residências, empresas comerciais, indústrias e até mesmo zonas rurais.

O presente trabalho tem como objetivo estudar o setor de energia solar fotovoltaica em Alagoas entre 2019 e 2020. Especificamente, busca-se estudar tal setor a partir do Modelo Estrutura-Condução-Desempenho (ECD), que permite visualizar o mercado desde as suas condições básicas até o desempenho das firmas contempladas no setor. Também se buscou, com as informações reunidas nesse trabalho, identificar gargalos e recomendar ações para a sua superação, a fim de melhorar o desempenho setorial no longo prazo.

Há uma enorme escassez de trabalhos científicos sobre o referido setor em Alagoas, o que é surpreendente, visto que este mercado tem crescido substancialmente e há pelo menos vinte e uma empresas atuando na montagem e instalação de módulos fotovoltaicos no estado e

têm ocorrido aumentos contínuos nas despesas de energia elétrica em Alagoas. Espera-se que, com a presente monografia, se contribua com o setor para potencializar seus ganhos e sua sustentabilidade mercadológica no futuro; em outras palavras, espera-se que o trabalho possa auxiliar o setor como um todo para aumentar o bem-estar da sociedade alagoana.

Este trabalho está dividido em cinco seções. A primeira seção, esta, introduz e contextualiza a pesquisa, apresentando brevemente a situação da energia solar no Brasil e em Alagoas e a estrutura do trabalho. A segunda seção elenca o referencial teórico — Modelo Estrutura-Condução-Desempenho — e trabalhos empíricos recentes e relevantes para o estudo; realizou-se, inclusive, um panorama geral da energia solar no Brasil, visto que as políticas públicas federais influenciam o estado de Alagoas. A terceira seção explica a metodologia utilizada nessa pesquisa, citando as fontes utilizadas, a sua delimitação espacial e temporal, instrumentos usados e limitações. A quarta seção descreve todos os resultados dessa pesquisa sob o ponto de vista do Modelo ECD e as recomendações feitas a fim de superar os gargalos encontrados. A quinta e última seção tece as considerações finais deste trabalho e respectivas recomendações para pesquisas futuras.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, será feita uma exposição do Modelo Estrutura-Condução-Desempenho, o qual fundamentará a análise proposta pela presente pesquisa. Também serão elencados trabalhos empíricos recentes que utilizem o Modelo no Brasil, e também pesquisas recentes sobre o Modelo para a fonte de energia fotovoltaica. Em seguida, será traçado um breve panorama desta fonte de energia no Brasil, a fim de, posteriormente, estudar os impactos nacionais sobre o estado de Alagoas.

### 2.1 O Modelo Estrutura-Condução-Desempenho

Cabe, primeiramente, conceituar o principal instrumento de análise da presente pesquisa: o Modelo Estrutura, Condução e Desempenho (ECD). Suas raízes remontam a Mason (1939), que obteve diversos aperfeiçoamentos desde a sua concepção, e.g., de autores como Joe Bain e M. Scherer. Tal modelo foi desenvolvido, inicialmente, para apoiar a formulação de políticas antitruste nos Estados Unidos por meio da comparação da taxa de lucro de oligopólios, ou mercados mais concentrados, perante a taxa que se observaria em um mercado concorrencial (SCARANO; MURAMATSU; FRANCISCHINI, 2019). Houve, assim, uma tentativa de explicar as taxas de lucro a partir de duas variáveis da estrutura de mercado: a concentração industrial e as barreiras à entrada (UZUNIDIS, 2016). A partir de uma abordagem institucional, Mason (1939) estuda os motivos da existência da concentração de mercados e da falta de mobilidade dos fatores, quando aplicáveis. A sua contribuição é notável até hoje, visto que:

Ele [Mason] unificou as abordagens de observações históricas e de reflexões teóricas críticas contemporâneas (Joan Robinson, Edward Chamberlin, e Piero Sraffa, por exemplo) e o apresentou o Modelo ECD como o *quadro unificador*, capaz de permitir autonomia ao campo de economia industrial como uma disciplina independente (HASENCLEVER; TORRES, 2013, p. 43).

O estudo de Mason parte da verificação de que há dificuldade de estimação por meio de conceitos puramente microeconômicos, os quais são demasiadamente abstratos, além da própria dificuldade de encontrar mercados que operem sob concorrência perfeita (Ibid.). Há, ainda, uma preferência pelo método indutivo, que coadune a teoria à prática, i.e., que considere fatores históricos e institucionais.

A dinâmica interempresarial, por conseguinte, passa a ser determinada por estruturas dominantes no entorno de determinada atividade. Deste modo, trata-se de uma divergência direta da teoria microeconômica neoclássica, pois o mercado deixa de ser “ligado a produtos

homogêneos e não diferenciados, adotando-se o conceito de indústria definido por A. Marshall – conjunto de tamanho variável de produtores com produções heterogêneas – muito mais realista” (HASENCLEVER; TORRES, 2013, p. 43-44). Assim, Mason (1939) identificou que “as decisões estratégicas eram afetadas por duas dimensões: pela organização interna das empresas e por sua estrutura industrial” (LOPES, 2016, p. 340).

O Modelo ECD foi desenvolvido posteriormente por Joe Bain ao adotar uma abordagem ao nível da indústria, diferentemente de Mason, que buscou analisar empresas e setores (Ibid.). Bain, aliás, “[...] marca de certa forma uma ruptura com a abordagem de E. Mason e um retorno à tradição neoclássica, [...] ou seja, os desempenhos podem ser diretamente deduzidos das características das estruturas” (HASENCLEVER; TORRES, 2013, p. 49). Uma de suas principais contribuições foi identificar que “[...] a taxa de lucro dos setores (indicador de desempenho) é estatisticamente correlacionada com o grau de concentração e com o nível de barreiras à entrada, afirmando existir uma relação indireta entre os desempenhos e as estruturas de mercado” (Ibid., p. 49). Com isso, Scherer e Ross (1990, *apud* HASENCLEVER; TORRES, 2013) incorporaram ao modelo uma miríade de variáveis, dando oportunidade às análises contemporâneas que utilizam o Modelo ECD (LOPES, 2016).

Para introduzirmos o Modelo, podemos supor que os demandantes de bens e serviços procurarão bom desempenho por parte dos ofertantes. Mas o que seria *desempenho*? Esse pode ser analisado por meio de várias óticas, como: quantidade produzida e eficiência na produção, sem desperdícios de recursos escassos; formas de alavancar a produtividade; formas de alcançar o pleno emprego de recursos materiais e humanos; e formas de distribuição de renda para garantir o bom funcionamento da cadeia produtiva (HASENCLEVER; TORRES, 2013). Assim,

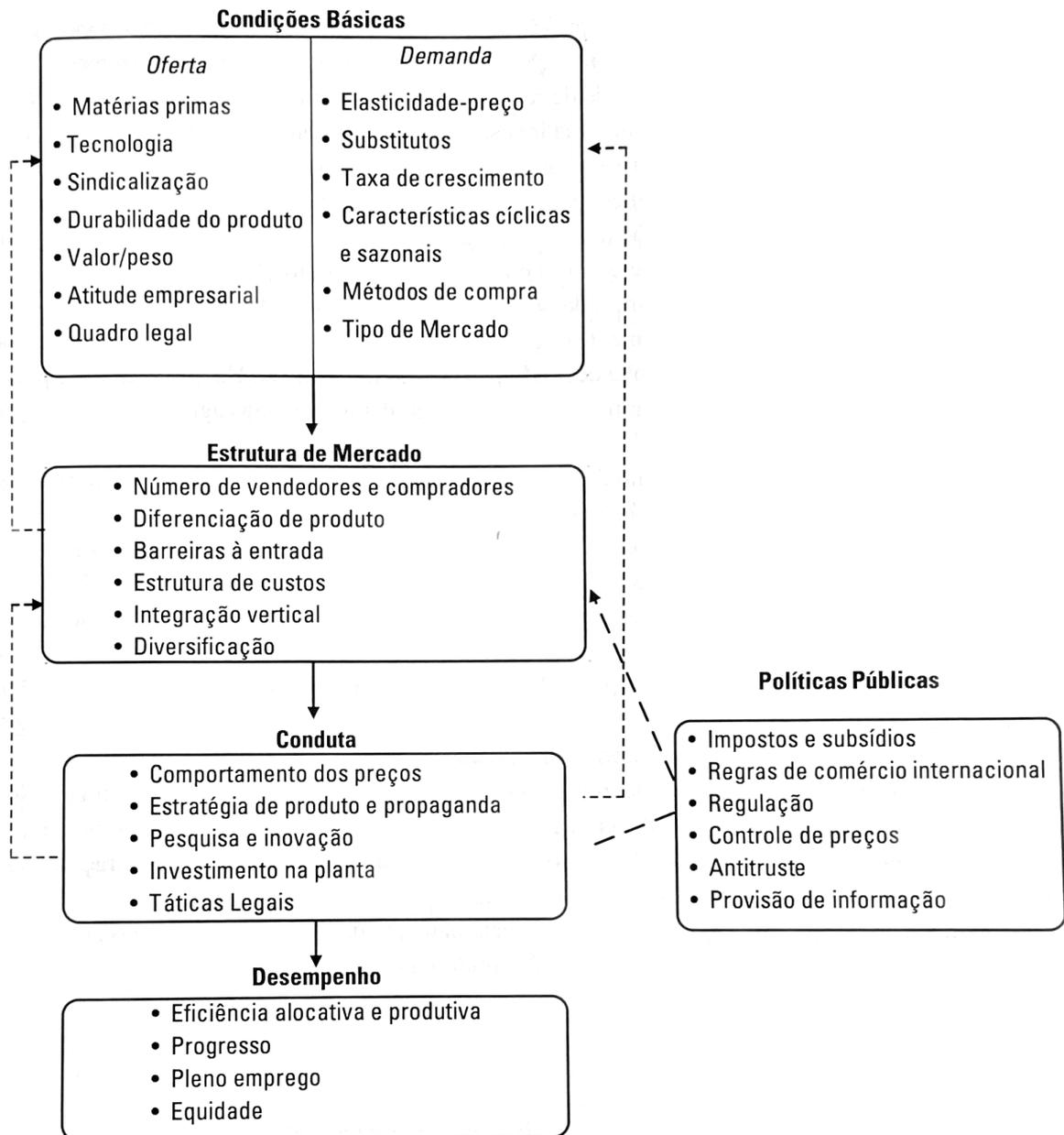
A ideia básica do Modelo ECD consiste, portanto, em identificar que variáveis ou conjunto de atributos são capazes de explicar as diferenças de desempenho observadas a partir do monitoramento das indústrias. As condutas das empresas são diferenciadas e motivadas, principalmente, pelo tipo de estrutura da indústria. A estrutura da indústria, por sua vez, depende de certo número de condições básicas que são de naturezas bastante diversas: técnicas, institucionais e relevância da demanda (Ibid., p. 44).

Temos, logo, um modelo útil para a análise industrial. A figura 1 ilustra a relação entre tais conceitos — estrutura, conduta e desempenho — no modelo. Em termos gerais, o desempenho de uma determinada indústria dependerá da conduta de ofertantes e demandantes nela incluídos, ao passo que a conduta dependerá da estrutura do mercado, a qual dependerá de condições básicas. As setas pontilhadas na figura 1 representam efeitos sistêmicos de influência

entre as variáveis, por meio dos quais há uma retroalimentação, ou encadeamento, traduzida em efeitos sobre tais construtos (Ibid.).

Especificamente, o desempenho, no âmbito da indústria, se traduzirá em eficiência alocativa e produtiva; progresso; pleno emprego; e equidade. Esse derivará da conduta, representada pelo comportamento dos preços, a estratégia de produto e propaganda, a pesquisa e inovação, investimentos na planta e por táticas legais. A estrutura de mercado será determinante para a conduta, tendo como seus elementos o número de vendedores e compradores, a diferenciação de produto, barreiras à entrada, estrutura de custos, integração vertical e diversificação. Por fim, as condições básicas de uma indústria influenciarão a sua estrutura de mercado, tanto pelo lado da oferta — matérias-primas, tecnologia, sindicalização, durabilidade do produto, valor, atitude empresarial e quadro legal — como pelo lado da demanda — elasticidade-preço, substitutos, taxa de crescimento, características cíclicas e sazonais, métodos de compra e tipo de mercado.

**Figura 1** – Esquemática do Modelo Estrutura-Conduto-Desempenho



Fonte: SCHERER; ROSS, 1990, p. 5, *apud* HASENCLEVER; TORRES, 2013, p. 45.

Há, ainda na figura 1, o papel das políticas públicas, que deverão influenciar a estrutura de mercado e a conduta, a fim de melhorar a eficiência do desempenho. São instrumentos de políticas públicas os impostos e os subsídios, as regras de comércio internacional (tarifas, quotas, etc.), a regulação, o controle de preços, políticas antitruste e a provisão de informação. Desse modo, “[...] a intensidade da intervenção praticada pelos governos varia em sentido inverso ao grau de bom funcionamento do mercado” (Ibid., p. 46).

O Modelo ECD pode ser sintetizado da seguinte forma: “o modelo ECD é baseado na ideia fundamental de que é a partir das condições básicas de um determinado regime econômico

que se define as estruturas do mercado, que influenciam a conduta das firmas, e esta tem um impacto sobre o seu desempenho e o daquelas da indústria” (UNUZIDIS, 2016, p. 205, tradução nossa). Por conseguinte, para a mensuração da estrutura de mercado costuma-se utilizar o grau de concentração de oferta e demanda no mercado; para a conduta, a estratégia da firma; e, para o desempenho, a lucratividade. O Modelo tem sido utilizado para “analisar o mercado de um setor ou produto em particular, e as indústrias têm, comumente, estruturas intermediárias entre competição perfeita e monopólio” (Ibid., p. 205, tradução nossa).

Além dos próprios conceitos de estrutura, conduta e desempenho, há um elemento primordial para o estudo sob o modelo: as barreiras à entrada. Bain contribuiu, nesse aspecto, ao incluir na concorrência de um mercado não apenas as firmas já estabelecidas, mas também as potenciais firmas entrantes; haveria, outrossim, facilitação ou mesmo bloqueio da entrada de novas firmas no mercado pelas já existentes. Especificamente, “Bain estabeleceu três tipos de barreiras à entrada: diferenciação do produto, vantagens absolutas de custos e economias de escala. A presença de um ou mais desses elementos poderia dificultar a entrada de competidores potenciais” (HASENCLEVER; TORRES, 2013, p. 49). Fortes barreiras à entrada, segundo a teoria de Bain, influenciam a conduta, a estrutura e o desempenho do mercado (UNUZIDIS, 2016).

A teoria dos mercados contestáveis, mais recente, amplia o conceito de barreiras à entrada. Segundo Hasenclever e Torres (2013, p. 50), “em mercados nos quais a entrada e a saída de empresas não são dificultadas, ainda que as condições de homogeneidade dos produtos e número de produtores não sejam compatíveis com as condições de concorrência perfeita, há potencial para a competição”. Tendo em vista tal competição potencial, as barreiras à entrada podem ser

[...] barreiras regulatórias, como patentes concedidas para o incentivo à inovação, ou licenças concedidas pelas autoridades públicas, mas também protecionismo *vis-à-vis* produtores estrangeiros. Há também barreiras induzidas pelas condições objetivas de produção ou comercialização, como as vantagens absolutas de custo, as economias de escala, o efeito da experiência e o acesso a redes de distribuição (UNUZIDIS, 2016, p. 205, tradução nossa).

Para além das barreiras à entrada, pode-se falar de barreiras à mobilidade. Trata-se de complementar o conceito de competidores potenciais com firmas que estejam sujeitas à reorganização de suas próprias atividades a fim de adentrar novos mercados, i.e., buscam diversificação industrial. Neste nível de análise, divide-se as indústrias em grupos, dentre os quais um grupo estratégico é aquele que reúne todas as firmas que têm características similares (rol de produtos, experiência em *marketing* e propaganda, etc.). Segundo Unuzidis (2016, p. 205, tradução nossa),

O entrante não é obrigado a entrar em um certo grupo, acesso ao qual presume uma *expertise* que é custosa para adquirir, especificamente altíssimos custos irrecuperáveis. Ele pode escolher-se juntar, temporariamente ou em um longo período de tempo, a outro grupo que é adicional ou relacionado àquilo que está visando, se esse grupo adicional ou relacionado precise de menores custos irrecuperáveis ou/e se essa estratégia de entrada aumente a probabilidade de sucesso ao juntar-se ao grupo visado inicialmente. Portanto, o entrante prudente escolhe um processo incremental de entrada, conectado a uma lógica cumulativa baseada em aprendizado e na aquisição gradual de novas habilidades. Este é um processo sequencial de entrada.

As barreiras à mobilidade, assim, são produto da credibilidade da resposta de firmas estabelecidas e, por conseguinte, da manutenção de um alto nível de *expertise* para preservar as suas vantagens diferenciadas (Ibid.).

## 2.2 Estudos Empíricos a partir do Modelo Estrutura-Condução-Desempenho

Há uma vasta diversidade de estudos empíricos baseados no Modelo ECD desde a sua criação. Contudo, pode-se fazer uma divisão pela sua natureza metodológica: estudos de caso e trabalhos econométricos. Na presente pesquisa, devido à metodologia adotada, mostraremos estudos de caso relevantes tanto em aspectos metodológicos como sobre a indústria a ser estudada.

Em estudo sobre o setor de laticínios brasileiro, Machado *et al* (2010) avaliaram a concentração, por meio da razão de concentração  $CR(k)$ , de tal indústria a partir do Modelo ECD, com dados de 1997 a 2006, utilizando indicadores de desempenho operacional e financeiro. Uma das dificuldades ressaltadas neste estudo de caso é a falta de disponibilidade de dados, algo comum ao pesquisar-se a partir de dados provenientes dos balanços financeiros de entidades privadas. Os autores identificaram que mudanças no desempenho das firmas afetam diretamente o nível de concentração do setor, provocando mudanças na estrutura de mercado.

Outro setor analisado sob os pressupostos do Modelo ECD foi o calçadista. Comunelo e Godarth (2014) analisaram as quatro maiores empresas, à época, da referida indústria por meio do índice de concentração  $CR(4)$ , dos índices de inflação e do índice de Rentabilidade do Patrimônio Líquido, estes dois últimos a fim de analisar a condução das quatro empresas. Embora tenha ocorrido a entrada de mais firmas no setor, os autores verificaram o aumento dos três índices acima no final da década de 2000.

Nada impede a delimitação territorial dentro de um país para a análise de estrutura-condução-desempenho. Em Franco *et al* (2015), analisou-se a indústria de aço, especificamente a empresa Cacoaço, no estado de Rondônia. Nesse estudo, foram considerados aspectos da

estrutura de mercado, formas de atendimento à demanda, precificação, *marketing*, P&D, etc. Identificaram que a empresa se insere em um mercado oligopolista, no qual há concorrência por meio de guerra de preços, embora a diferenciação de produto seja essencial para sustentar-se no mercado.

Caleman e Cunha (2010) se concentram em estudar a indústria brasileira de exportação de carne bovina como um todo, utilizando como base teórica o Modelo ECD, a teoria de mercados contestáveis e a teoria de custos de transação. Identificaram fortes barreiras à entrada na indústria devido às economias de escala, apesar de existir alta eficiência. A indústria brasileira de exportação de carne bovina se torna competitiva, nesse sentido, devido à sua capacidade de competir por preço no mercado internacional.

Rodrigues, Frainer e Eduardo (2020) analisaram os impactos da estrutura oligopolista da indústria de frango de corte sobre o desempenho de sua cadeia produtiva a partir de uma perspectiva intersetorial de insumo-produto. Os autores observaram que há “baixo encadeamento produtivo com os demais setores da economia estadual” (Ibid., p. 443), implicando em baixa capacidade de geração de *spillovers*, além de gerar efeitos ínfimos sobre a economia estadual como um todo.

Lemos Júnior *et al* (2011) fizeram uso de indicadores de desempenho para avaliar cooperativas de crédito por meio de demonstrativos contábeis de 2007 a 2009. Verificaram que há risco no sistema das cooperativas, visto que a sua captação de recursos se encontrou lastreada, majoritariamente, em depósitos a prazo. Nesse caso, “a conduta (as estratégias) está influenciando o desempenho (o resultado)” (Ibid., p. 20).

É possível também utilizar o Modelo ECD para bens não tangíveis, em particular do setor de entretenimento. Souza e Pires (2014) realizaram estudo sobre a exibição cinematográfica na Bahia de 2005 a 2012, analisando a concentração por meio dos índices CR(4), CR(8) e IHH, as estratégias de diferenciação de produto e os respectivos resultados pelo número de pagantes e o retorno obtido. O crescimento nesse período foi bastante concentrado em um número restrito de firmas, cujas estratégias (e a própria estrutura de mercado) indicam uma competição oligopolista.

Há também estudos recentes centrados no setor varejista. Aguiar e Figueiredo (2011) examinaram a concentração no setor e seu respectivo efeito sobre o uso do poder de mercado no estado de São Paulo de 1994 a 2006. O poder de mercado, verificaram, variará conforme o produto, tendo em vista a sua elasticidade-preço da demanda. Segundo os autores, “a rivalidade entre as empresas pode estar dificultando o exercício de poder de mercado por parte das mesmas. Por isso, o exercício de poder de mercado dos varejistas sobre os consumidores

aparentemente se reduziu na presente década” (Ibid., p. 987). Todavia, caso a rivalidade diminuía, este repasse sobre os preços pode voltar a aumentar.

Visando estabelecer bases para o estudo do mercado de energia elétrica da China, Kening *et al* (2020) propuseram índices de avaliação baseado no Modelo ECD, os quais contêm aspectos da estrutura de mercado, conduta e desempenho, levando em consideração a diferença entre as províncias chinesas em termos de recursos energéticos, condições econômicas, tipo de geração e situação da demanda. Suas principais contribuições — além de elencar indicadores utilizados em países desenvolvidos (e.g., Estados Unidos e Austrália) sob a égide do Modelo ECD — concentram-se em propor indicadores adequados para a realidade local chinesa, dada a grande heterogeneidade entre as províncias ao longo do país. Por exemplo, para estudar a concentração do mercado, propuseram a utilização da quantidade empresas geradoras de energia para ofertar uma carga específica adequada à realidade provincial.

### **2.3 Um Breve Panorama da Energia Fotovoltaica no Brasil**

Nas últimas décadas, a humanidade tem enfrentado as graves implicações ambientais do processo de mudança climática, o qual pode ser desacelerado por meio da mudança da matriz energética da economia mundial, incentivando o uso de fontes de energia renováveis, i.e., limpa, sustentável e totalmente natural.

Devido a seu avanço tecnológico, os países desenvolvidos — Alemanha, Japão, Espanha e Estados Unidos, por exemplo — têm liderado políticas energéticas para efetivar essa mudança, com ênfase na fonte de energia fotovoltaica (BLAKERS *et al*, 2009). A vantagem dessa modalidade de energia solar para a geração de eletricidade é a sua baixa emissão de dióxido de carbono, pois somente quando fabricadas as peças e equipamentos para essa geração de energia há o uso de energia fóssil. Outras vantagens são a sua flexibilidade de escala e a simplicidade de seu processo de manutenção (MOOSAVIAN *et al*, 2013). O quadro 1, conforme Sampaio e Gonzalez (2017), lista as vantagens e desvantagens ao adotar-se esse tipo de fonte energética.

**Quadro 1** – Vantagens e desvantagens da geração de energia fotovoltaica.

Vantagens	Sistema confiável
	Baixo custo de operação e manutenção
	Baixa manutenção
	Fonte de energia livre
	Energia limpa
	Alta disponibilidade
	A geração pode-se aproximar do consumidor
	Não causa impactos ambientais / Favorável ao meio ambiente
	Potencial para mitigar as emissões de gases de efeito estufa
	Silencioso
	Sistema confiável
Desvantagens	Limitações na disponibilidade de sistemas no mercado
	Alto custo inicial
	Precisa de uma área relativamente grande de instalação
	Alta dependência de desenvolvimento de tecnologia
	Condições geográficas (irradiação solar)

Fonte: Elaborada pelos autores com base em Sampaio e Gonzalez (2017).

Embora tenha ocorrido crescimento da energia de matriz fotovoltaica no Brasil, ainda há muitos obstáculos a serem superados. Em 2018, a parcela de energia oriunda da matriz fotovoltaica no total da energia consumida no Brasil foi de somente 0,93%, enquanto os investimentos na matriz energética, para essa fonte, ficaram na ordem de 7,4% (ANEEL, 2018a *apud* ELGAMAL; DEMAJOROVIC, 2020). Dado o potencial natural do Brasil para a geração de energia solar, percebe-se que ainda há muito o que percorrer; por exemplo, “a irradiação no território nacional apresenta valores superiores aos da Alemanha, país que tem a maior capacidade instalada de geração solar fotovoltaica do mundo” (ELGAMAL; DEMAJOROVIC, 2020, p. 9). Nesta seção, faremos um breve panorama das iniciativas para a energia fotovoltaica no Brasil.

As políticas públicas para o setor são recentes. A criação da primeira política, em 1994, denominada Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), serviu como incentivo para a demanda de sistemas fotovoltaicos para 7.000 comunidades isoladas. Na década seguinte, com a política de Luz Para Todos, o PRODEEM foi incorporado a ela; a Eletrobrás, a partir de 2004, realizou 319.259 projetos (ELGAMAL; DEMAJOROVIC, 2020).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em abril de 2012, instituiu a resolução normativa nº 481, por meio da qual, *ipsis litteris*, se estabeleceu que:

Art. 3º-A Para a fonte solar referida no art. 1º fica estipulado o desconto de 80% (oitenta por cento), para os empreendimentos que entrarem em operação comercial até 31 de dezembro de 2017, aplicável nos 10 (dez) primeiros anos de operação da usina, nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição - TUST e TUSD, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada.

§1º O desconto de que trata o caput, será reduzido para 50% (cinquenta por cento) após o décimo ano de operação da usina.

§2º Os empreendimentos que entrarem em operação comercial após 31 de dezembro de 2017 farão jus ao desconto de 50% (cinquenta por cento) nas referidas tarifas (ANEEL, 2012a).

No mesmo ano, também foi instituída a resolução normativa nº 482, em que se regula a distribuição de excedentes de energia elétrica em sua localidade, estabelecendo “as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências” (ANEEL, 2012b). Desde então, a legislação tem sido modificada para aperfeiçoar a sua aplicabilidade, como nas resoluções normativas nº 687 (2015), que melhora as informações na fatura de energia elétrica, e nº 786 (2017).

Em 2015, houve a criação do Programa de Incentivo à Geração de Energia Solar (ProGD), no qual há incentivos para a instalação de sistemas fotovoltaicos em unidades consumidoras e estabelece-se o compartilhamento da energia gerada com o sistema das distribuidoras de energia. Um grande diferencial deste programa em relação às resoluções de 2012 é a previsão de linhas especiais de crédito em bancos específicos (FARIELLO, 2015). Além disso, a fim de expandir o público alvo deste mercado, a compatibilização do Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as condições gerais de fornecimento de energia foi regulada pela ampla resolução normativa nº 1.000, de 2021.

Recentemente, foi promulgada a Lei 14.300, de 2022, conhecida como o marco legal para micro e minigeradores de energia. Essa legislação engloba não apenas sistemas fotovoltaicos, mas também matrizes eólicas, de centrais hidrelétricas e de biomassa. Deste modo,

A Lei 14.300/2022 permite às unidades consumidoras já existentes — e às que protocolarem solicitação de acesso na distribuidora em 2022 — a continuação, por mais 25 anos, dos benefícios hoje concedidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) por meio do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). Essa lei também define as regras que prevalecerão após 2045 e quais serão as normas aplicáveis durante o período de transição (AGÊNCIA SENADO, 2022).

A legislação pertinente, portanto, é bastante recente: apenas a partir de 2016 houve facilidade de financiamento e ampliação da oferta de equipamentos, dado que os investimentos na área de energia fotovoltaica são de longo prazo.

Tendo em vista que a geração de energia por meio de matriz fotovoltaica é, nos dias de hoje, uma fonte estratégica de energia, podemos enquadrar as políticas públicas brasileiras diante de outros países relevantes na geração deste tipo de energia. O quadro 2, proveniente de trabalho de Elgamal e Demajorovic (2020, p. 13), elenca tais características e compara-as.

**Quadro 2 – Características dos modelos de implantação de sistemas fotovoltaicos**

Categorias	Países					
	Estados Unidos	Alemanha	Japão	Itália	China	Brasil
Motivação e benefícios para implementação	Fontes de energia renovável para redução dos impactos ao meio ambiente, utilizando o sistema de geração fotovoltaico.	Mudança na matriz energética com redução das fontes nucleares, do carvão e do petróleo e aumento das energias renováveis com programas para geração de energia fotovoltaica.	Diminuição da dependência dos combustíveis fósseis. Desenvolver fontes de energias não fósseis e implementar novas tecnologias energéticas.	Decreto Legislativo 387 (2003) atendendo a diretiva da Comunidade Europeia para fontes renováveis.	Compromisso mundial na redução de CO2 com meta de 15% em energias renováveis até 2020.	Extensa área com altos níveis de irradiação solar. Inúmeras comunidades sem redes eletrificadas.
Desafios	Ampliação dos modelos de incentivo das políticas públicas existentes para outros estados.	Requer um contínuo subsídio financeiro público.	Dependência de investimento financeiro público.	Dependente de subsídio do governo nas tarifas de energia. Reforço das atuais redes elétricas para a expansão de carga de energia fotovoltaica no país. Uso da terra para gerar eletricidade versus agricultura.	Garantir o cumprimento das metas estabelecidas pelo Governo Central para o aumento em 15% com fontes renováveis em todo o território.	Requer políticas públicas de incentivo para a implantação de plantas de geração de energia fotovoltaica e para a implantação de instalações residenciais. Faltam campanhas informativas sobre as vantagens da energia fotovoltaica para os consumidores.
Leis / Incentivo Fiscal / Incentivo Financeiro / Incentivo Tributário	Mix de políticas públicas e tarifa diferenciada <i>net metering</i> . Estados com suas próprias leis de incentivos. Incentivo Federal. Projeto Federal “Solar America Initiative” em P&D para tornar a energia fotovoltaica competitiva até 2015.	Lei para Energia Renovável com políticas públicas de incentivos financeiro e fiscal. Lei <i>Feed-in</i> (1990). Programa 1.000 telhados (1991). Programa 100.000 telhados (1999). Ato de Fontes Renováveis de Energia (2000). <i>Feed-in Tariff</i> (2000).	Investimentos em P&D para fontes alternativas: Projeto Luz do Sol (1974). Lei de Energia Alternativa e políticas de incentivo fiscal e financeiro (1980) e Novo Projeto de Luz do Sol (1993). Projeto de Introdução e Promoção da Nova Energia em nível regional (2000). Programa de Apoio para Deter o Aquecimento Global (2001). Lei sobre a promoção do uso de fontes de energia não fósseis e a utilização eficaz de materiais de fonte de energia fóssil por fornecedores de energia (2009). Subsídios financeiros para consumidores e empresas.	Decretos de 2005 e 2006 promovendo incentivo na tarifa de energia de sistemas fotovoltaicos. Programa Conto de Energia (2007) com incentivos em tarifas para as instalações fotovoltaicas.	Programa Golden Sun (2009) com incentivos na FIT. Subsídios aos investidores para o mercado local. Empréstimos e créditos às indústrias e apoio governamental a P&D.	PRODEEM e Programa Luz para Todos. Desconto na TUSD e TUST pela Resolução Normativa ANEEL 481/2012 para projetos fotovoltaicos até 30 MW. Resolução ANEEL 482/2012 estabelece as regras do <i>net metering</i> para a geração distribuída. Primeiro leilão de energia fotovoltaica em novembro de 2013. Leilão de energia reserva com inclusão da energia fotovoltaica em novembro de 2014.
Sistema tarifário diferenciado ao consumidor	<i>Net metering</i> .	<i>Feed-in Tariff</i> (FIT).	FIT.	Mix de FIT segmentado e <i>Net metering</i> .	FIT.	<i>Net metering</i> .
Participação Atores / Governo / Empresa / Consumidor	Governo: através de incentivos e mix de políticas. Empresas: através de financiamentos públicos e aumento do mercado. Consumidor: Preço da energia contratual e meio ambiente.	Governo: fornecimento de eletricidade em larga escala pelo sistema fotovoltaico e aumento da segurança de fornecimento de energia. Apoio com investimentos para fábricas e incentivos financeiros para aquisição de equipamentos. Empresas: em P&D e expansão industrial.	Governo: investimentos em P&D e para instalações de sistemas do sistema fotovoltaico. Empresas: em P&D e expansão industrial para uso do sistema fotovoltaico. Consumidor: financiamento e subsídios para instalação.	Governo: subsídio nas tarifas de energia para os sistemas fotovoltaicos. Empresas: investimentos em plantas de geração fotovoltaica. Consumidor: através de investimentos próprios.	Governo: subsídio e investimentos. Empresas: investimentos subsidiados pelo governo em P&D e expansão industrial.	Governo: em fase inicial de sustentação da energia fotovoltaica nos leilões de energia. Empresas: sem incentivo fiscal e com impostos altos para os sistemas fotovoltaicos. Consumidor: sem perspectiva de aquisição devido ao alto custo de aquisição e instalação.
Resultados Alcançados	Estados incentivando o uso da energia fotovoltaica com <i>mix</i> de políticas públicas de incentivo. Expansão do mercado no uso da energia solar fotovoltaica devido ao modelo de negócio do terceiro proprietário.	Incentivo federal muito forte para o uso da energia solar fotovoltaica. É o maior gerador mundial de energia solar fotovoltaica.	Ampliação das instalações fotovoltaicas devido aos investimentos e subsídios do governo.	País se torna o segundo maior gerador de energia solar fotovoltaica na Europa e o quarto no mundo.	Fortes incentivos do Governo Central para o uso da energia solar fotovoltaica. O país se tornou o maior produtor mundial de células e módulos solares fotovoltaicos.	Aguardando posição política de inclusão desta fonte na matriz energética nacional

Fonte: Elgamil e Demajorovic (2020, p. 13).

Em relação à motivação e benefícios de implementação da energia fotovoltaica, percebe-se uma grande diferença entre o Brasil e o restante dos países analisados: enquanto esses buscam estrategicamente modificar a sua matriz energética para alcançar uma sustentabilidade de longo prazo ou mesmo executar compromissos contraídos internacionalmente, o Brasil tem como sua principal motivação o seu enorme potencial para essa matriz energética, e também o aproveitamento da falta de estrutura para o atendimento de necessidades básicas de sua própria população.

Quanto aos desafios, há uma convergência para todos os países: políticas públicas, sejam de subsídios ou investimentos diretos, ou de incentivos para o setor privado. O Brasil se diferencia, nesse aspecto, por ainda precisar informar a população sobre as vantagens de adotar a matriz fotovoltaica. O escopo legal, não obstante, varia conforme o país, para adaptarem-se às suas leis internas. Os quadros legais refletem o grau de comprometimento e avanço de cada país na persecução de suas metas.

Há uma homogeneidade do sistema tarifário, que gira em torno de dois modelos: *Net metering* e *Feed-in tariff*. O primeiro modelo, *Net metering*, ou Sistema de Compensação de Energia, busca a injeção do excedente de energia gerado pela unidade consumidora na rede elétrica geral, mantendo o balanço de compensação da energia utilizada e injetada (PORTAL SOLAR, 2017). Já o modelo *Feed-in tariff*, tarifas de energia elétrica prêmio, estabelece um sistema de pagamento da eletricidade gerada por entidades privadas pelo Estado (DALVI; OLIVEIRA FILHO; RODRIGUES, 2017).

Há uma clara diferença quando se analisa a participação dos atores econômicos. Exceto no Brasil, o governo cria uma série de políticas públicas que incluam subsídios e incentivos, tornando-se um ator essencial para a instalação de capacidade fotovoltaica; as empresas têm forte auxílio governamental, sendo agentes primordiais para alcançar as metas; e os consumidores possuem um papel com menor protagonismo, mas importante e atuante.

Isso não acontece da mesma forma em território brasileiro. A tributação é elevada para o setor privado e o governo tem atuado com maior ênfase por meio de leilões de energia. Os consumidores geralmente não conseguem arcar com os altos custos de implantação de sistemas de geração de energia fotovoltaica, e os incentivos de retornos dos investimentos no longo prazo geralmente não são suficientes para aumentar o número de famílias nesse setor, como ilustra o estudo de Carvalho, Magalhães e Domingues (2019) em Minas Gerais. Segundo os autores,

[...] a adoção de painéis fotovoltaicos gera impactos setoriais distintos da adoção de aquecedores solares devido ao padrão de consumo de cada grupo de renda, e isso também pode ter repercussões sobre a distribuição de renda, dadas as especificidades de cada setor. No caso dos painéis fotovoltaicos, como somente os grupos de renda mais elevada adotariam o sistema, ocorreria aumento relativamente maior no consumo

de serviços financeiros, cuja participação no orçamento é relativamente maior nas famílias com renda superior a cinco salários-mínimos *per capita* (Ibid., p. 480).

Resultados semelhantes foram encontrados em estudo de Dalfovo *et al* (2019, p. 139) para o estado de Mato Grosso do Sul em 2017:

[...] a implantação de um sistema solar fotovoltaico como alternativa para a redução de custos para o período em estudo só é viável economicamente para famílias de classe alta, tornando-se inviável para as classes média e baixa, embora tenha apresentado parcelas mensais inferiores à fatura de energia elétrica para o caso da classe média.

Enfim, enquanto no restante dos países há excelentes resultados alcançados até então, no Brasil ainda há indefinição do futuro dessa matriz energética no total nacional. Nesse sentido, Elgamal e Demajorovic (2020, p. 25) concluem que “[...] todas as limitações apresentadas para o modelo brasileiro de energia solar fotovoltaica fazem com que o país pouco aproveite de suas vantagens comparativas em relação aos demais países estudados”.

Traçado um panorama geral sobre as condições de implantação e acesso à geração de energia fotovoltaica no Brasil, será feita uma exposição da metodologia na seção a seguir.

### 3 METODOLOGIA

Em termos gerais, a presente pesquisa tem caráter exploratório devido à escassez de trabalhos científicos para o estado de Alagoas sobre a indústria de energia solar fotovoltaica. Utilizou-se uma abordagem qualitativa com os dados coletados, a fim de compreender todos os construtos em questão. Quanto aos procedimentos, foram realizadas análises documentais, revisão bibliográfica e pesquisa de campo.

A delimitação espacial é o estado de Alagoas como um todo, compreendendo as suas mesorregiões e seus municípios. A pesquisa concentrou-se no biênio 2019-2020, devido à maior disponibilidade de dados e por ter sido o período imediatamente anterior ao choque econômico proveniente da pandemia, o qual afetou fortemente todos os mercados de modo contínuo e em constante mudança.

A coleta dos dados se deu de três formas: por pesquisas bibliográficas, acesso a bases de dados e acesso a documentos públicos específicos das empresas atuantes no mercado em questão (por exemplo, acesso a páginas de contato na *internet* e contatando empresas). Essa última forma em particular foi necessária devido à escassez de informações em bases de dados tradicionais. Em relação às bases de dados, utilizou-se a RAIS 2018 e o Alagoas em Dados. Reunidas todas as informações, usou-se da estatística descritiva — gráficos, quadros e tabelas — para resumir e comparar os resultados e facilitar a sua discussão.

A principal referência metodológica para a análise proposta neste trabalho é a partir do Modelo Estrutura-Condução-Desempenho, contextualizado na seção anterior. Realizou-se um estudo das condições básicas de oferta e demanda de energia solar fotovoltaica em Alagoas para no ano de 2020, assim como a estrutura da indústria e o ambiente de negócio, o que permitiu apontar elementos de condução e desempenho. Em termos gerais, a presente pesquisa é similar aos trabalhos citados na seção 2.2, os quais se apoiaram no Modelo ECD para analisar seus respectivos objetos. Todavia, dada a escassez de informações (e.g., faturamento de todas as empresas do ramo, etc.), optamos por não construir indicadores como a Razão de Concentração,  $CR(k)$ . Não obstante, foram feitas recomendações a fim de melhorar o desempenho do setor de energia fotovoltaica em Alagoas.

Conforme dito anteriormente, uma grande limitação para o estudo deste mercado, além da vasta escassez de trabalhos científicos que abordem somente Alagoas, é a escassez de dados reunidos e homogêneos. Embora essa tenha sido uma dificuldade ao longo da pesquisa, foram reunidas informações suficientes para utilizar o Modelo ECD como construto teórico

suficiente. O período pandêmico também foi, e tem sido, um fator de dificuldade, dados os fechamentos intermitentes de acesso físico aos domicílios empresariais e afins.

## **4 RESULTADOS**

Nessa seção, apresentaremos os principais resultados da presente pesquisa. Em primeiro lugar, apresentaremos a cadeia de valor genérica da energia solar, situando o seu potencial para a geração de energia fotovoltaica: as condições de demanda, formas de compra e financiamento pelo consumidor, custos, tipo de mercado, condições de oferta e tecnologias utilizadas. Nesse sentido, teremos os elementos das condições básicas e também da estrutura do mercado (4.1; 4.2).

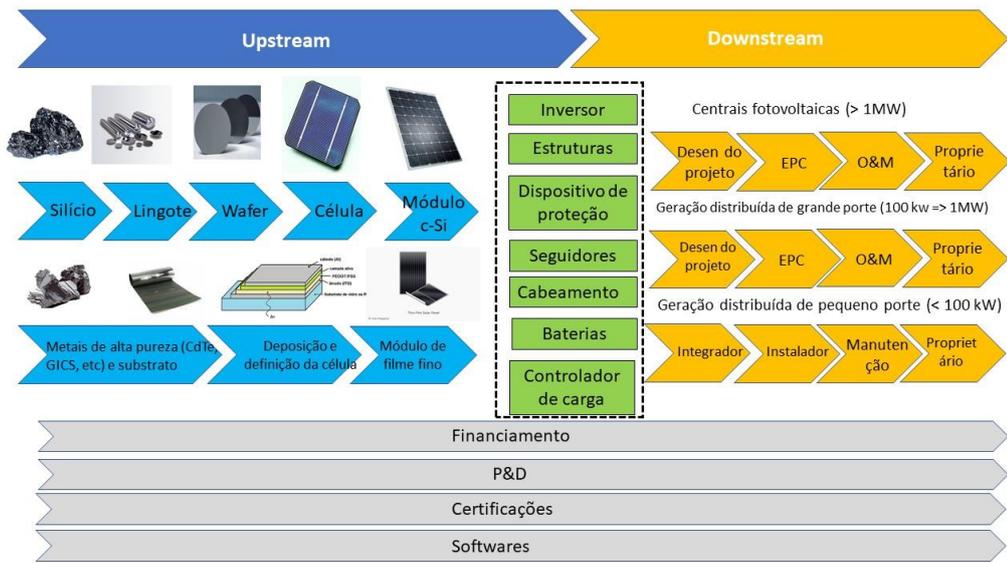
Isso posto, trataremos da estrutura da indústria em Alagoas, finalizando os aspectos da estrutura de mercado (4.3), para, finalmente, analisar o ambiente de negócio no estado e, assim, propor ações de indução ao surgimento de novos negócios afins (4.4; 4.5). Esses dois últimos mostrarão a conduta dos atores, para então termos como analisar o desempenho.

### **4.1 Aspectos Gerais da Cadeia de Valor da Energia Fotovoltaica em Alagoas**

Primeiramente, devemos conceituar cadeia de valor. Segundo Porter (1985), se considerarmos como empresa um conjunto de atividades realizadas para projetar, produzir, comercializar, entregar e apoiar seu produto, uma cadeia de valor é o esforço gerencial para uma integração que seja capaz de gerar excedentes tanto para a firma como para os consumidores. Com isso, temos a geração de valor como produto do encadeamento ajustado das atividades empresariais internas (SONG; LIU; CHEN, 2013).

É possível analisar uma cadeia de valor para além de uma única empresa. Dado o aprofundamento da divisão do trabalho e a consecutiva especialização das firmas, gerar excedentes deixa de ser um fenômeno atomizado e torna-se sistêmico, incluindo um conjunto de empresas, órgãos públicos e privados do próprio setor que esteja em questão, independentemente do nível geográfico (municipal, estadual ou nacional, e.g.). Desse modo, pode-se falar de “co-criação de valor” em uma cadeia de valor. Para o caso da energia fotovoltaica, a figura 2 ilustra a sua configuração, ao passo que a figura 3 a mostra de forma mais agregada.

**Figura 2 – Cadeia de valor da produção fotovoltaica**



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

**Figura 3 – Cadeia de valor agregada da produção fotovoltaica**



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

Esmiuchando a parte *downstream* da cadeia, podemos identificar que são serviços limitados à implantação, projeto e manutenção de sistemas fotovoltaicos. A partir de Tolmasquim (2016), traçaram-se as principais atividades e agentes no quadro 3.

**Quadro 3** – Serviços associados à parte da cadeia *downstream* de energia fotovoltaica.

<b>Desenvolvedor de projeto:</b> identifica o local, realiza estudos de viabilidade e desenvolve projetos; processos de leilão e prospecção das empresas em EPC e O&M.	<b>EPC (Engineering, Procurement and Construction):</b> <i>design</i> e construção da planta.
<b>O&amp;M (Operação e Manutenção da usina):</b> controle da produção de energia, manutenção preventiva, reparos, etc. Normalmente é terceirizado.	<b>Agente integrador:</b> contato com fornecedores, execução da instalação, procedimentos burocráticos e legais, geralmente atua em sistemas de pequeno porte.
<b>Instalador:</b> instalação dos painéis fotovoltaicos.	<b>Manutenção:</b> raramente necessária; limpeza do módulo com a empresa que o instalou.

Fonte: Elaborada pelos autores com base em Tolmasquim (2016).

Em Alagoas, estão presentes somente as etapas *downstream* da cadeia de valor da energia fotovoltaica: (1) a instalação dos painéis solares e complementos, atividade vinculada à prestação local de serviços; e (2) os serviços de operação e manutenção, que englobam a etapa pós-instalação. A etapa referente à montagem dos equipamentos é geralmente realizada por empresas de maior porte, as quais têm de importar as peças.

#### 4.1.1 Condições Básicas da Energia Fotovoltaica em Alagoas

A partir de dados de 2016, segundo SEPLAG-AL (2022), o estado de Alagoas tem 3,38 milhões de habitantes, contemplando um PIB de R\$ 49 bilhões e renda *per capita* de R\$ 14.785,00. Comparado ao restante do país, seu PIB se situa na 21<sup>a</sup> posição e sua renda *per capita* na 25<sup>a</sup> do total de 27 entidades federativas. Seu PIB é composto pelas seguintes atividades: 25% administração pública; 14% indústria; 12% agropecuárias; e 49% comércio e serviços. Pode-se dividir territorialmente (e percentualmente) tal produção em três mesorregiões: o sertão alagoano (7%), o agreste alagoano (16%) e o leste alagoano (77%).

Para analisarmos as condições de demanda, é importante salientar o caráter de concentração elevada da renda em Alagoas, conforme a tabela 1. Ao passo que o salário médio alagoano é somente 60% da média nacional, a divisão da renda por classes ressalta esse caráter: classe E (43%); classe D (22%); classe C (33%); classes A e B (2%). Essa alta concentração de renda aponta para resultados similares aos de Carvalho, Magalhães e Domingues (2019) e Dalfovo *et al* (2019), no sentido de reduzir em números absolutos o potencial de público consumidor de minigeração de energia solar fotovoltaica.

**Tabela 1** – Dados socioeconômicos e energéticos de Alagoas, 2009 e 2018

Categoria	Unidade	Alagoas	
		2009	2018
Área territorial	Km <sup>2</sup>	27.769	27.769
População	Habitantes	3.156.108	3.322.820
Densidade Demográfica	Hab./km <sup>2</sup>	114	120
PIB	10 <sup>6</sup> R\$	21.235	38.296
Renda <i>per capita</i>	R\$/Hab.	6.728	11.525
Produção de energia	10 <sup>3</sup> tep.	4.825	2.311
Oferta interna de energia	10 <sup>3</sup> tep.	4.051	2.110
Consumo final de energia	10 <sup>3</sup> tep.	2.795	2.332
Consumo final de energia <i>per capita</i>	Tep./Hab.	0.89	0.70

Fonte: SEBRAE/AL, 2020, *apud* SEDETUR-AL, 2019.

Além disso, percebe-se uma grande retração da oferta de energia em uma década no patamar de 47,9%. O mesmo pode ser observado para a demanda de energia, reduzida em 16,5% no mesmo período de tempo. Ambas as medidas são *proxies* importantes para a economia estadual. Enquanto a oferta de energia representa a capacidade de crescimento econômico, o consumo final (demanda efetiva) representa o quanto dessa capacidade foi utilizada. Ademais, podemos destrinchar o consumo total de energia pela natureza da fonte, demonstrado na tabela 2. Apesar de a matriz energética alagoana ser majoritariamente renovável, de 2009 a 2018 a sua participação tem diminuído expressivamente, dando espaço para fontes não renováveis. Em 2009, as fontes renováveis eram 75,8% da matriz energética alagoana; em 2018, tornaram-se 56,5%.

**Tabela 2** – Consumo de energia em Alagoas por fonte, 2009 e 2018

Alagoas			
		2009	2018
<b>Renovável</b>	<b>Total</b>	<b>2.117</b>	<b>1.270</b>
	Lenha	52	50
	Bagaço de cana	1.614	871
	Eletricidade	369	253
	Álcool Hidratado	54	40
	Álcool Anidro	28	56
<b>Não renovável</b>	<b>Total</b>	<b>678</b>	<b>977</b>
	Gás natural	150	200
	Óleo diesel	277	302
	Óleo combustível	1	0
	Gasolina comum	138	322
	GLP	88	105
	Querosene de aviação	23	48
<b>Total</b>		<b>2.795</b>	<b>2.247</b>

Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

Obs.: “Eletricidade” é majoritariamente proveniente de hidrelétricas. O sistema atual de distribuição não permite a separação de informações da energia injetada no sistema por tipo.

Tendo exposto elementos de oferta e demanda, cabe agora analisar os preços. O mercado de energia elétrica tem uma tarifa administrada pelo governo federal. Para a precificação, considera-se o custo marginal na semana anterior da medição, o qual tem de variar dentro de uma banda de máximo e outra de mínimo, estabelecidas pelo Operador Nacional do Sistema. Isso também se aplica à compensação de preços pelo fornecimento de energia por meio de geração própria. A tabela 3 elenca os preços vigentes da energia elétrica em imóveis residenciais de baixa renda para o estado de Alagoas na data de fechamento do presente trabalho. As tabelas 4 e 5 elencam as mesmas informações, mas para a categoria residencial normal e demais classes, respectivamente. Os preços vigentes estão de acordo com a Resolução Homologatória ANEEL nº 3.033, de 2022, cujo início da vigência ocorreu em 3 de maio do mesmo ano.

**Tabela 3** – Tarifas de energia elétrica em Alagoas, categoria residencial baixa renda, maio de 2022

Residencial Baixa Renda	
Tarifa convencional (sem tributos e sem bandeira)	
Classe	Tarifa (R\$/kWh)
Consumo – até 30 kWh	0,23895
Consumo – de 31 a 100 kWh	0,40963
Consumo – de 101 a 220 kWh	0,61445
Consumo acima de 220 kWh	0,68272

Fonte: Elaborada pelos autores com base em Equatorial Energia, 2022.

**Tabela 4** – Tarifas de energia elétrica em Alagoas, categoria residencial normal, maio de 2022

Residencial Normal			
Tarifa convencional (sem tributos e sem bandeira)			
Classe	Tarifa (R\$/kWh)		
Residencial	0,75049		
Tarifa branca (sem tributos e sem Bandeira)			
Classe	Horário Ponta	Horário Intermediário	Horário Fora Ponta
Residencial	1,60209	1,04095	0,63257

Fonte: Elaborada pelos autores com base em Equatorial Energia, 2022.

**Tabela 5** – Tarifas de energia elétrica em Alagoas, categoria demais classes, maio de 2022

Demais Classes			
Tarifa convencional (sem tributos e sem bandeira)			
Classe	Tarifa (R\$/kWh)		
Comercial	0,75049		
Iluminação Pública – B4a	0,41277		
Iluminação Pública – B4b	0,45029		
Industrial	0,75049		
Serviço Público de Irrigação	0,69045		
Poder Público Próprio	0,75049		
Rural	0,70546		
Tarifa branca (sem tributos e sem Bandeira)			
Classe	Horário Ponta	Horário Intermediário	Horário Fora Ponta
Comercial	1,60209	1,04095	0,63257
Iluminação Pública – B4a		Não se aplica	
Iluminação Pública – B4b		Não se aplica	
Industrial	1,60209	1,04095	0,63257
Serviço Público de Irrigação	1,47391	0,95768	0,58197
Poder Público Próprio	1,60209	1,04096	0,63257
Rural	1,50596	0,97849	0,59462

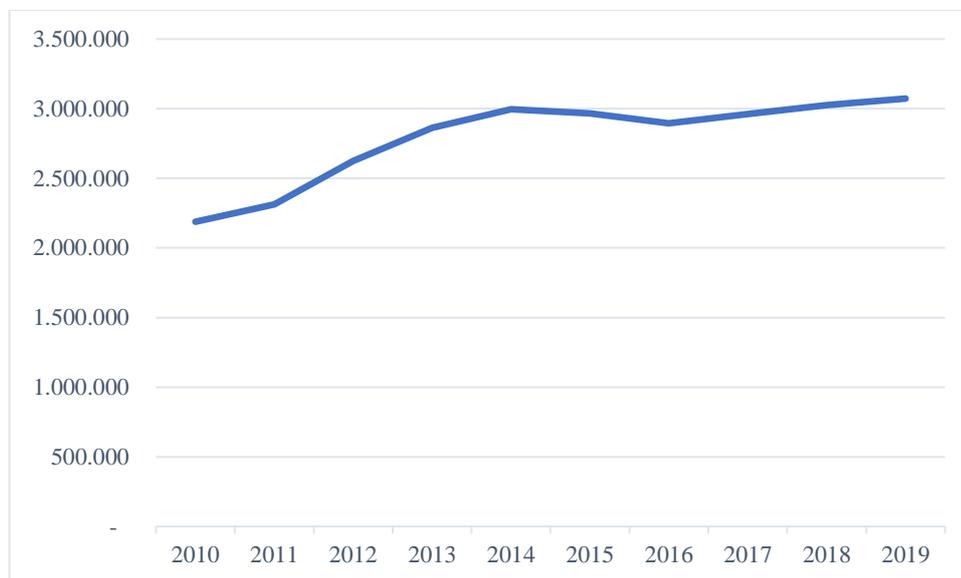
Fonte: Elaborada pelos autores com base em Equatorial Energia, 2022.

No decorrer dos anos, ou mesmo meses, tem ocorrido um aumento contínuo, e brusco, dos preços da energia elétrica, independentemente da categoria de consumo (EQUATORIAL ENERGIA, 2022).

A figura 4 ilustra a evolução do consumo total de energia elétrica de 2010 a 2019 em Alagoas. Há, desde 2014, estabilidade do volume consumido, variando pouco em torno do nível de 3M de MW/h. Já a figura 5 apresenta a evolução do consumo de energia elétrica por tipo de

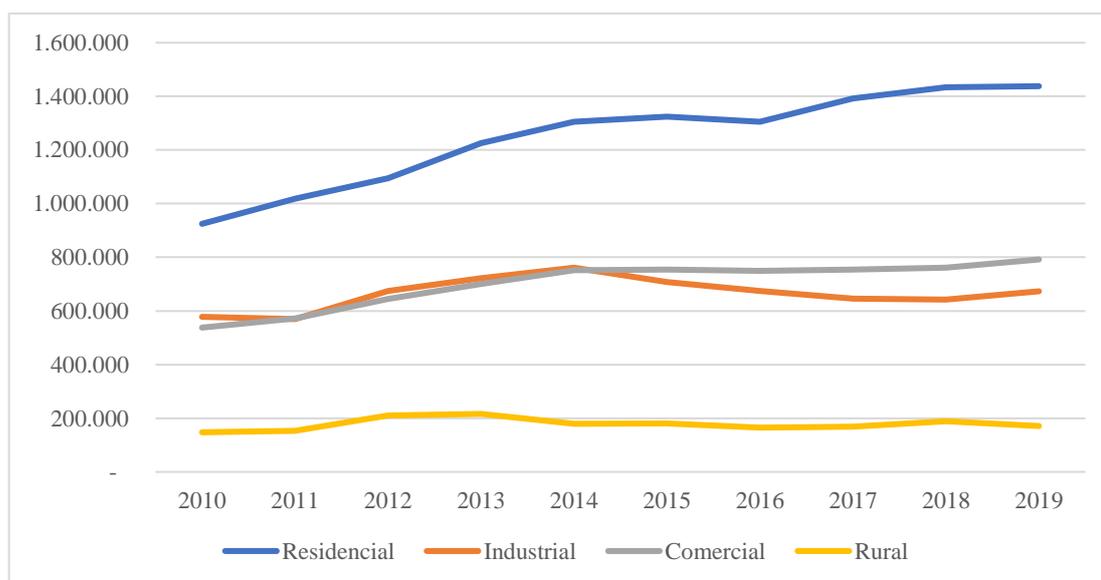
ligação, de 2010 a 2019, em Alagoas. Percebe-se uma queda do consumo industrial, mas com relativa estabilidade nos outros setores.

**Figura 4** – Evolução do consumo de energia elétrica (MW/h), Alagoas, de 2010 a 2019



Fonte: Equatorial Energia, 2020, *apud* SEBRAE/AL, 2020.

**Figura 5** – Evolução do consumo de energia elétrica por tipo de ligação (MW/h) em Alagoas, de 2010 a 2019

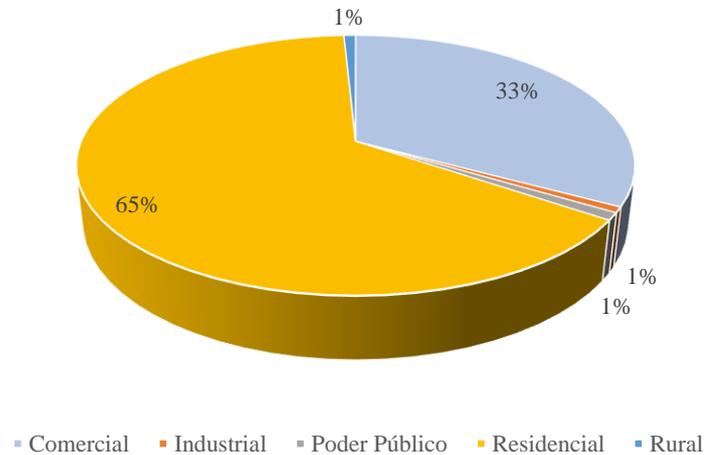


Fonte: Equatorial Energia, 2020, *apud* SEBRAE/AL, 2020.

Para a energia fotovoltaica, o consumo residencial é majoritário no estado, conforme exhibe a figura 6. Logo em seguida vem o consumo por parte de estabelecimentos comerciais.

Os setores industrial, rural e poder público tiveram baixíssima participação, juntos chegando a 3% do total consumido entre 2017 e abril de 2020.

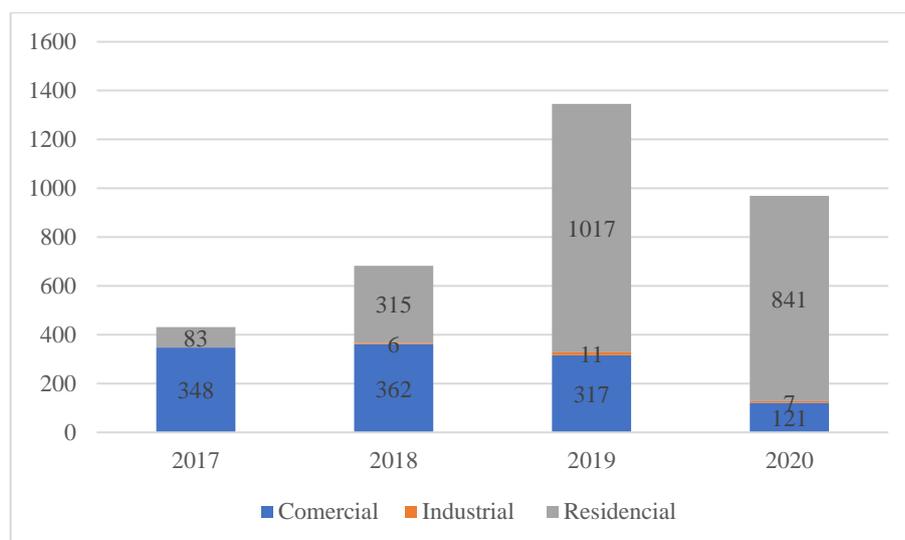
**Figura 6** – Participação da minigeração de energia fotovoltaica em Alagoas, de 2017 a abril de 2020



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

A figura 7 exhibe a evolução da quantidade de outorgas para o funcionamento de usinas de minigeração de energia fotovoltaica no estado. Percebe-se, a partir de 2019, que a quantidade concedida a residências tornou-se maior que a concedida a estabelecimentos comerciais, com poucas indústrias aderindo à modalidade.

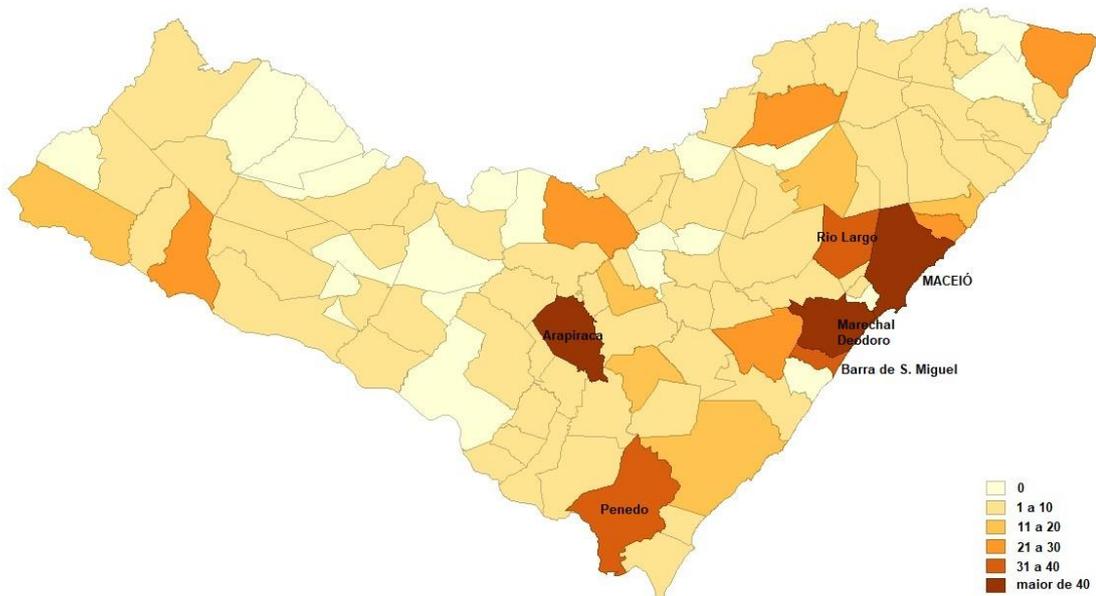
**Figura 7** – Evolução do número anual de outorgas para o funcionamento de usinas de minigeração de energia fotovoltaica em Alagoas, de 2017 a 2020



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

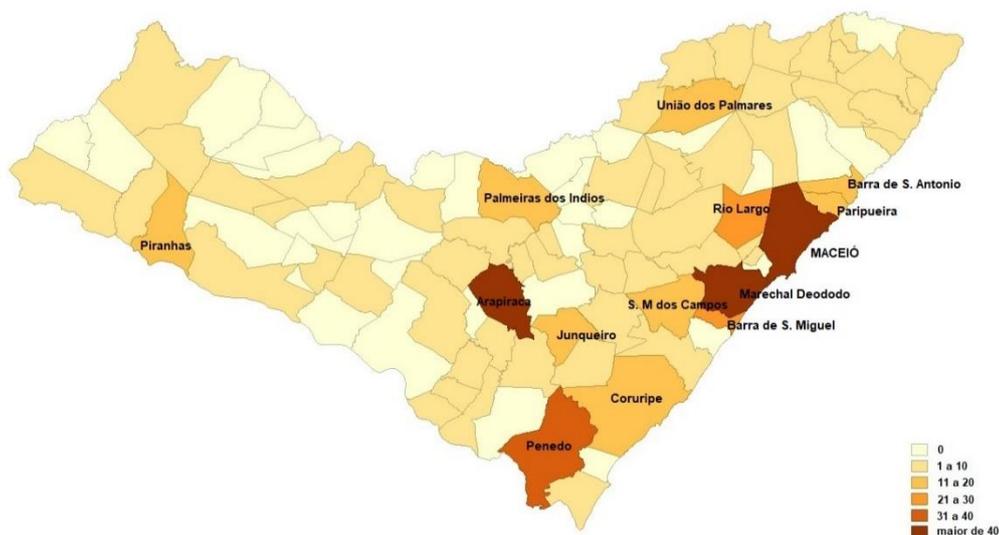
Ademais, as figuras 8, 9, 10, 11 e 12 representam, geograficamente, a distribuição dos equipamentos fotovoltaicos instalados em Alagoas, por município, em 2020. Percebe-se uma concentração de seu uso na mesorregião do leste alagoano, seguida do agreste alagoano, com pouca expressividade no sertão alagoano. A distribuição se torna mais equilibrada por mesorregião quando se observa o uso rural, embora sejam pouquíssimas unidades em termos absolutos. A instalação residencial, não obstante, é observada em praticamente quase todos os municípios alagoanos, seguida pelo uso comercial. O uso industrial se restringe a Maceió, Marechal Deodoro, Rio Largo, Maragogi, Palmeiras dos Índios e Arapiraca. Especificamente no que tange ao uso comercial, esse se concentra nos setores de hospedagem e restaurantes.

**Figura 8** – Distribuição geográfica dos equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, 2020



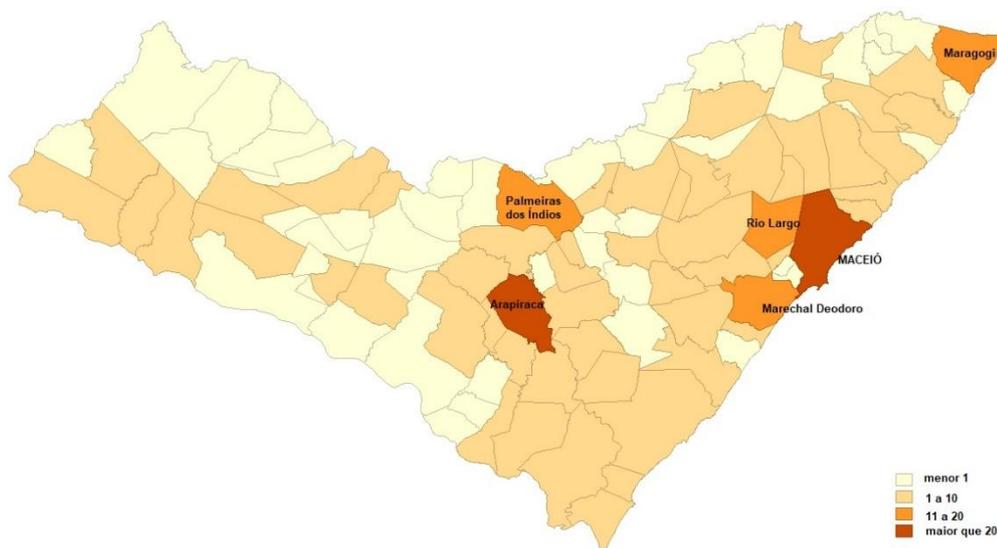
Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

**Figura 9** – Distribuição geográfica dos equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, uso residencial, 2020



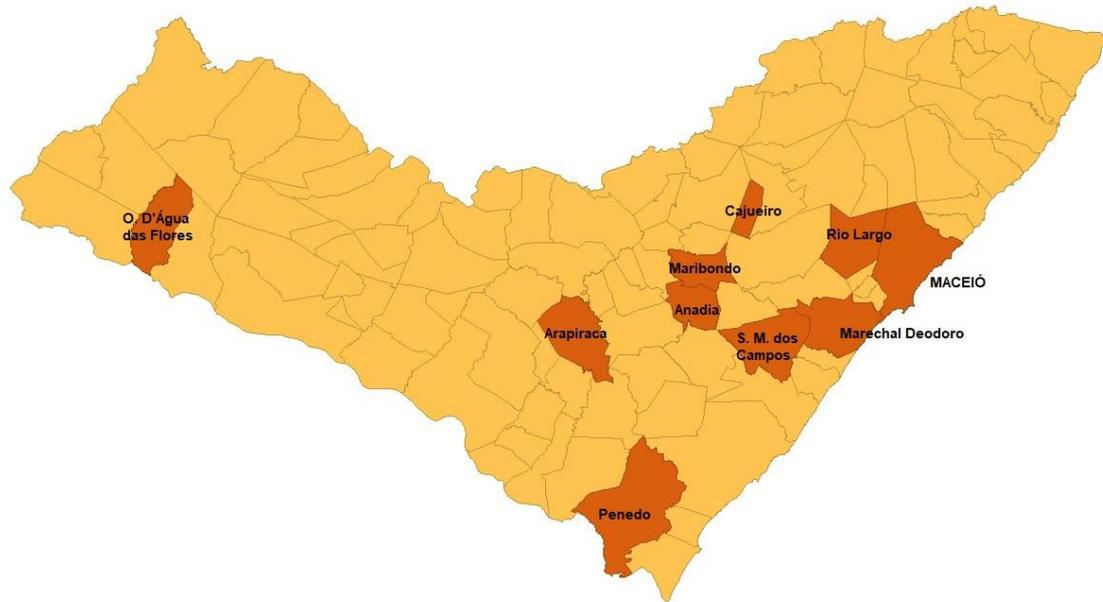
Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

**Figura 10** – Distribuição geográfica dos equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, uso comercial, 2020



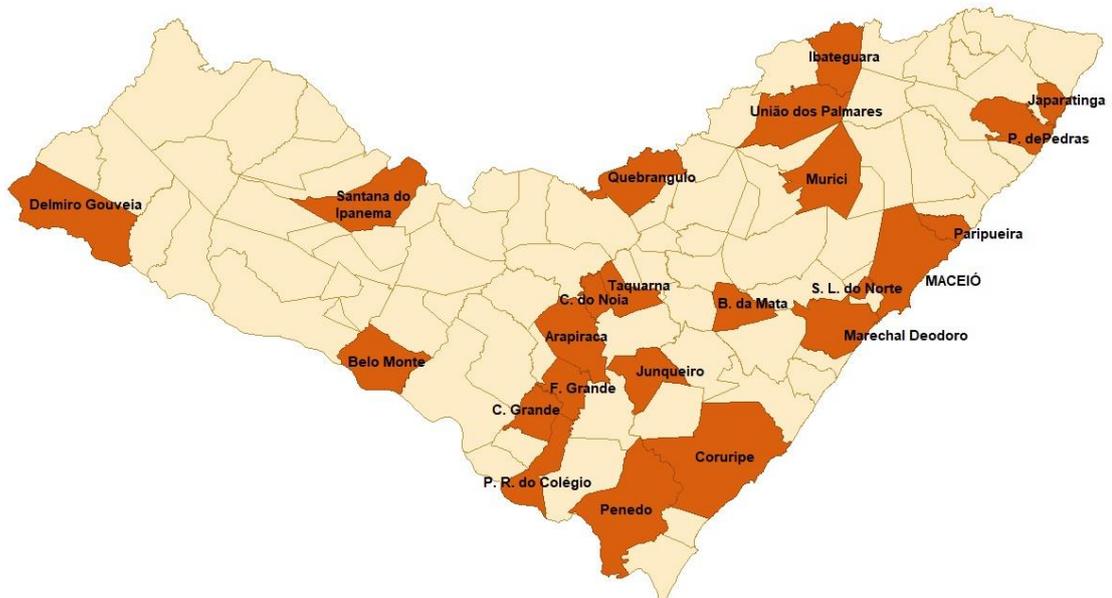
Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

**Figura 11** – Distribuição geográfica dos equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, uso industrial, 2020



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

**Figura 12** – Municípios com equipamentos instalados para energia fotovoltaica em Alagoas, uso rural, 2020



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

#### **4.1.2 Aspectos gerais de compra ou financiamento de equipamentos e instalação da energia fotovoltaica**

Entre 2014 e 2019, houve uma queda de cerca de 43% no preço dos equipamentos fotovoltaicos, de acordo com a ANEEL (2020); isso fez com que o retorno do capital investido diminuísse de 7 anos (2015) para 4,5 anos (2020). Outro fator que contribuiu para a diminuição desse prazo de retorno é o sistema recentemente implementado de *net metering*, por meio do qual os excedentes de energia gerados possam ser injetados na rede geral de energia elétrica, criando um sistema de compensações que impacta positivamente o custo mensal de consumo de energia em cada unidade geradora através de créditos. A compensação também é possível caso o miniprodutor possua outros domicílios sob seu CPF ou CNPJ na mesma área da concessionária.

Um diferencial do estado de Alagoas para estimular a produção própria de energia fotovoltaica é a isenção do ICMS; há, além disso, a isenção do PIS/COFINS (tributos federais) quando o consumidor injeta seu excedente na rede pública. O mercado também disponibiliza programas de financiamento que chegam a 80% do valor total a ser investido para a compra de equipamentos e instalação, com prazo para o pagamento de até 72 meses.

Outra opção de geração de energia fotovoltaica é a criação de cooperativas de energia solar, que possibilitam repartir custos com todos os participantes, conseguindo reduzir em até 95% a conta de luz. Assim, vários consumidores se reúnem para instalar um sistema fotovoltaico compartilhado, cujo excedente é convertido em crédito na fatura mensal de energia elétrica. Requer-se que, na criação da cooperativa, haja um grupo de pessoas físicas ou pelo menos três empresas. Assim, identifica-se o consumo individual e contata-se uma empresa especializada em corporativas para avaliar e desenvolver o projeto adequado para a situação específica dos demandantes.

Financiamentos para compra e instalação de equipamentos fotovoltaicos se tornaram mais acessíveis devidos aos incentivos públicos aos bancos públicos e privados. Algumas linhas de financiamento existentes no mercado alagoano são as seguintes: (1) FNE Sol – Banco do Nordeste; (2) Linha Sustentabilidade Santander; (3) Proger Urbano Empresarial Banco do Brasil; (4) Financiamento para Energia Solar – Sicredi; (5) Financiamento de Energia Solar – Banco da Amazônia; (6) Agro Pronaf Banco do Brasil; (7) FCO Banco do Brasil; (8) Finame do BNDES; e (9) Construcard – Caixa Econômica Federal.

### 4.1.3 Custo Comercial Médio de Painéis Solares

Não há preço definido porque existe uma variedade de sistemas e tamanhos de sistemas produtores de energia solar fotovoltaica. Estima-se que um sistema adequado para suprir uma casa de 100 m<sup>2</sup> e consumo médio de 400 kw/mês deve custar aproximadamente R\$ 22 mil reais em valores de 2020. Um sistema um pouco maior, com capacidade para alimentar uma pequena empresa, pode custar aproximadamente R\$ 38 mil reais. No quadro 4, demonstrou-se o tipo de sistema fotovoltaico, seu custo em 2020 e o tempo estimado para retorno do investimento realizado.

**Quadro 4** – Investimento realizado por tipo de sistema de energia solar e seu respectivo tempo de amortização do investimento, Alagoas, 2020

Sistema de energia solar	Custo (R\$)	Tempo para pagar-se
Kit gerador fotovoltaico de 3,9 KWp	21.555,78	De 4 a 6 anos
Kit gerador fotovoltaico de 7,02 KWp	37.735,22	De 4 a 5 anos

Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

### 4.1.4 Tipo de Mercado

Se considerarmos o mercado de energia com geração distribuída como um todo, o tipo de mercado pode ser visto como um monopólio, devido à existência de apenas um demandante do excedente de energia gerado pelos consumidores — a companhia distribuidora local.

Entretanto, considerando o mercado de equipamentos e de instalação de geração de energia fotovoltaica, há muitos ofertantes no estado. Especificamente, em Alagoas opera a parte da cadeia produtiva de serviços e montagem (*downstream*), aproximando-se conceitualmente de uma concorrência monopolista, cuja diferenciação reside na reputação e na marca em que investem. São pelo menos quatro tipos de empresa operando em Alagoas: (1) empresas com fornecimento completo do projeto, construção e instalação; (2) empresas de projetos de engenharia e aprovação do projeto com outorga (CREA e Equatorial Energia); (3) profissionais autônomos que são franqueados dos fornecedores maiores; e (4) profissionais autônomos na área de eletricidade e construção civil.

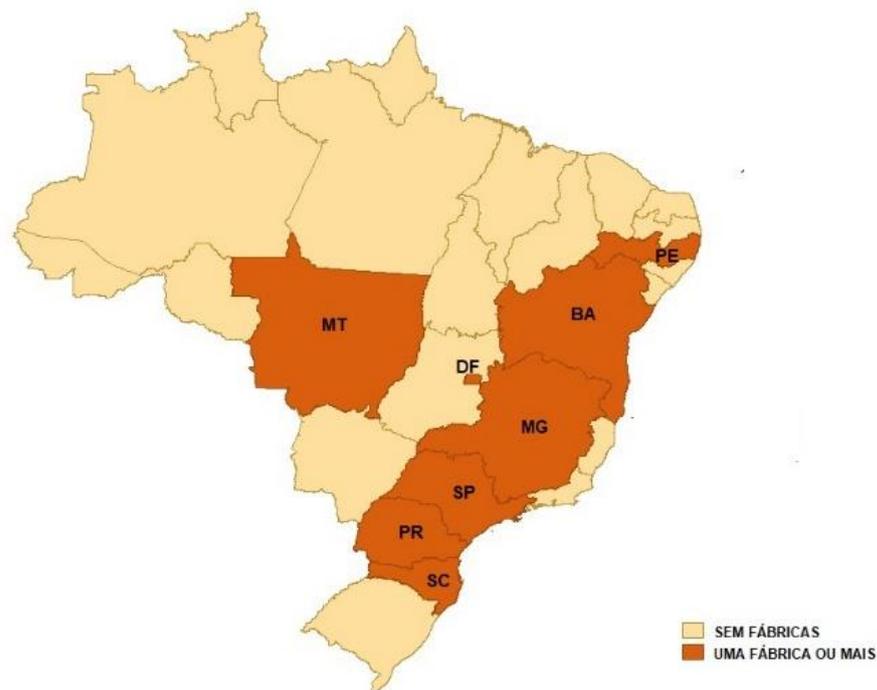
Devido à posição *downstream* da cadeia de valor em Alagoas, os preços costumam ser definidos pelos fornecedores dos equipamentos, majoritariamente importados. Há pouco poder

de *mark-up* por parte das empresas estaduais, pois o preço ofertado acaba-se tornando um dos principais instrumentos para a concorrência local.

#### 4.2 As condições de oferta de energia fotovoltaica em Alagoas

A dinâmica da oferta de instaladores de equipamentos destinados à geração de energia fotovoltaica depende do volume do consumo e dos preços da energia elétrica impostos pela distribuidora local. Ainda, em Alagoas, a oferta de energia fotovoltaica é baixíssima, alcançando resultados menores que o gerado pela própria lenha (SEDETUR-AL, 2019). No que se refere à instalação de equipamentos, a maioria das empresas que operam em Alagoas é sediada no próprio estado; o fornecimento, todavia, dos equipamentos tem origem de outros estados, quando não importados, conforme mostra a figura 13.

**Figura 13** – Estados onde há fornecedores de equipamentos de geração de energia fotovoltaica



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

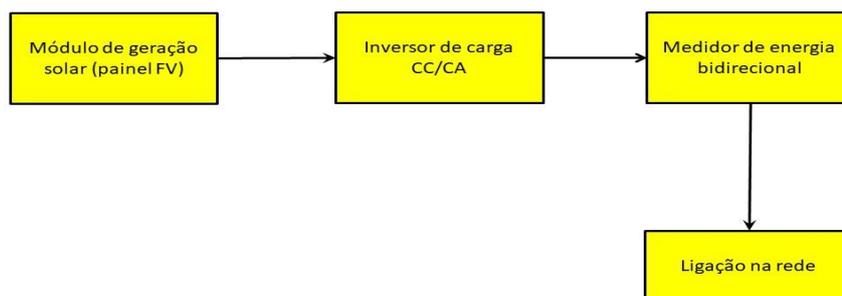
##### 4.2.1 Características das tecnologias utilizadas para a geração de energia solar

Há três formas possíveis de funcionamento para a energia solar: (1) a energia solar fotovoltaica gera eletricidade através do efeito fotovoltaico; (2) aquecimento de líquidos através de energia térmica com o calor do sol como fonte; e (3) aquecimento de líquidos por meio da

energia heliotérmica, utilizando o vapor para mover turbinas. Nesse trabalho, concentrou-se na primeira forma e desenvolveremos as suas principais características.

Sistemas fotovoltaicos funcionam a partir de células fotovoltaicas, ou solares, as quais são dispositivos semicondutores capazes de converter luz solar em eletricidade de corrente contínua (CC), podendo ser convertida em corrente alternada (CA). Fazem-se grupos de células fotovoltaicas, os quais são configurados eletricamente em módulos e matrizes capazes de carregar baterias, operar motores e alimentar cargas elétricas. Com isso, munidos de equipamento de conversão adequado, tais sistemas conseguem produzir CA compatível com dispositivos convencionais e, por conseguinte, capazes de operar de forma paralela e interconectada a uma rede elétrica. Assim, os sistemas de energia fotovoltaica têm duas principais classificações: sistemas conectados à rede ou interativos com utilidade (operam por meio do inversor de condicionamento de energia); e sistemas independentes. Os primeiros são de maior interesse para que haja a injeção de excedentes de energia elétrica produzidas pelas unidades consumidoras. Quando as cargas elétricas são maiores que a saída do sistema fotovoltaico (e.g., à noite), a empresa fornecedora de energia elétrica local deverá enviar a carga necessária para manter o equilíbrio do fornecimento. A figura 14 simplifica esse processo.

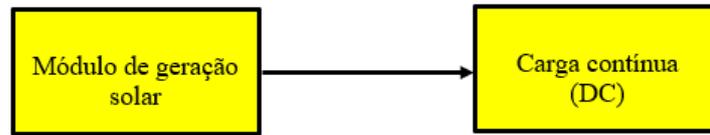
**Figura 14** – Diagrama simples de sistema fotovoltaico conectado à rede



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

Já os sistemas fotovoltaicos independentes são capazes de operar fora da rede elétrica e seu desenvolvimento geralmente tem o objetivo de fornecer determinadas cargas elétricas de CC e, ou, CA. A alimentação desse tipo de sistema pode ser por painel fotovoltaico, vento, gerador de motor ou energia elétrica como fonte auxiliar (sistema híbrido). Seu tipo mais simples é o de acoplamento direto: a saída CC de um módulo é conectada diretamente a uma carga CC, como mostra a figura 15.

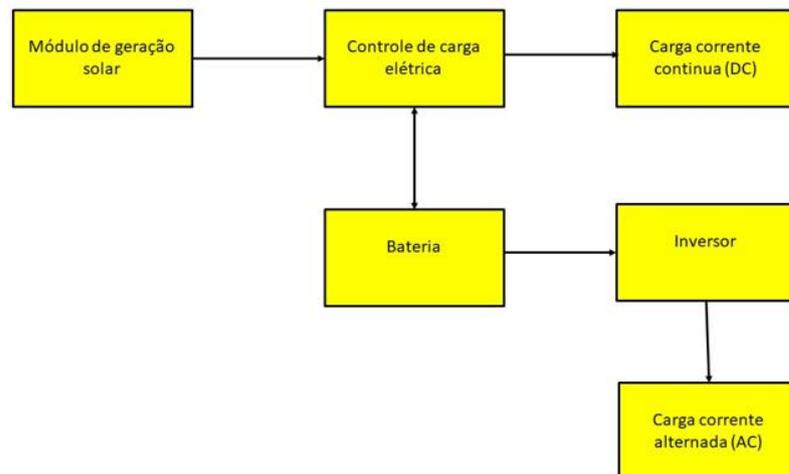
**Figura 15** – Diagrama simples de sistema fotovoltaico de acoplamento direto



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

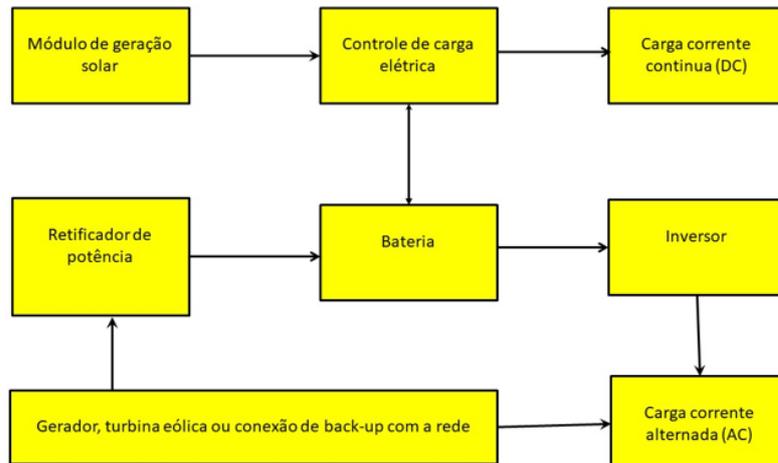
Costuma-se, nos sistemas fotovoltaicos independentes, utilizar baterias para armazenar energia e evitar que se deixe de utilizar um determinado equipamento em ocasiões em que não houver a geração contínua de energia elétrica. Pode-se fazer um sistema fotovoltaico independente típico, que alimente cargas DC e AC (figura 16) ou mesmo um sistema híbrido (figura 17).

**Figura 16** – Diagrama do sistema fotovoltaico independente com armazenamento de bateria alimentando cargas DC e AC



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

**Figura 17** – Diagrama de um sistema híbrido fotovoltaico



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

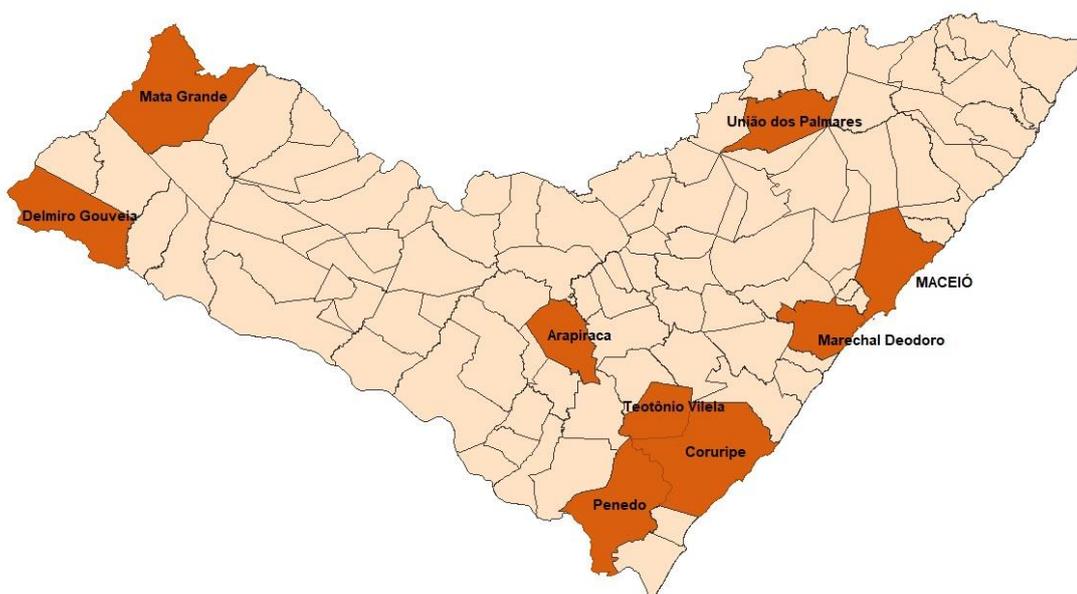
Ademais, em Alagoas ainda não existem grupos de pesquisa ou instituições para esse fim — desenvolvimento de equipamentos geradores de energia fotovoltaicas —, no âmbito de P&D. Essa atividade tem como principal profissional o engenheiro elétrico, que, no estado, pode ser formado em três faculdades: UNINASSAU, CESMAC e FIC (Faculdades Figueiredo Costa), com uma oferta anual de aproximadamente 180 vagas. Uma formação afim é ofertada na Universidade Federal de Alagoas por meio do curso de Engenharia em Energias Renováveis.

### 4.3 Estrutura da Indústria em Alagoas

No âmbito das energias renováveis, até a data de fechamento desse trabalho, não há em Alagoas usinas de energia eólica e nem de energia fotovoltaica. Há somente uma indústria de geração de energia a partir da biomassa, proveniente da cana-de-açúcar, a qual é composta por um total de 14 grandes usinas de açúcar e álcool.

Em relação às empresas que estão na parte *downstream* da cadeia de valor da energia solar, o estado comporta pequenas firmas prestadoras de serviços e montagem de equipamentos para a geração de energia fotovoltaica. São, no total, 38 empresas no setor. Há, ademais, um monopólio competitivo, em que cada empresa no setor busca-se diferenciar por sua reputação. É comum também ocorrer guerra de preços entre empresas menores para conquistar um determinado consumidor. A figura 18 exhibe a distribuição geográfica dessas empresas.

**Figura 18** – Distribuição geográfica das empresas em *downstream* da cadeia produtiva em Alagoas, 2020



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

Alternativamente, 35 empresas foram encontradas na base de dados consolidados da RAIS em 2018 (IBGE, 2022), as quais participaram de contratação de mão de obra e estão aptas para trabalhar no setor, conforme o quadro 5, embora não se possa discriminar quais realmente operam no setor de energia solar.

**Quadro 5** – Setores de atividade econômica com empresas potenciais para a energia solar em Alagoas, 2018

Discriminação por CNAE	Pequena empresa*	Média empresa**	Grande empresa***
Fabricação de Aparelhos e Equipamentos para Distribuição e Controle de Energia Elétrica	2	10	0
Geração de Energia Elétrica	10	0	0
Transmissão de Energia Elétrica	0	0	1
Construção de Estações e Redes de Distribuição de Energia Elétrica	11	6	0
Manutenção de Redes de Distribuição de Energia Elétrica	1	0	0
Medição de Consumo de Energia Elétrica, Gás e Água	0	2	0

Fonte: IBGE, 2022.

\* Pequena empresa = de 1 a 49 empregados.

\*\* Média empresa = de 50 a 499 empregados.

\*\*\* Grande empresa = acima de 500 empregados.

Nota-se que, no estado, não há uma concorrência muito forte, embora haja um volume considerável de instalações realizadas. Por exemplo, caso dividíssemos o mercado em parcelas iguais, em 2020, com 969 instalações realizadas, seriam aproximadamente 25 projetos por empresa. No entanto, após pesquisa exploratória de empresas que anunciam seus serviços na *internet* por meio de indexadores digitais (e.g., Google), encontraram-se somente 21 empresas. Se restringirmos o número de empresas atuantes para tanto, seriam 46 projetos por empresa. Dado que os dados de 2020 disponíveis para esta pesquisa são referentes até o mês de abril, e considerando o preço médio de cada conjunto de equipamentos como R\$ 35 mil, com o número de outorgas de 2019 (1.345 equipamentos), o valor do mercado é de R\$ 47 milhões.

Quanto à diferenciação do produto, visto que o mercado é do setor de serviços, tal diferenciação é feita pela reputação da empresa. O desenvolvimento de uma marca forte é essencial para destacar-se no mercado. Tornam-se importantes também a garantia oferecida e os serviços pós-venda. Além disso, as especificações técnicas, a qualidade dos equipamentos e

a capacidade técnica dos colaboradores da empresa também são fundamentais para a diferenciação, possibilitando vendas consultivas e orientações constantes sobre o uso dos equipamentos adquiridos pelo consumidor final.

Como o mercado alagoano se situa na parte *downstream* da cadeia produtiva da energia solar fotovoltaica, temos como fato estilizado que, no setor de serviços e em mercados competitivos, não há barreiras à entrada consideráveis. Se fôssemos listar algumas barreiras, teríamos a própria capacidade técnica da firma e a construção da rede de fornecedores. Contudo, considerando possíveis barreiras à saída no longo prazo, temos os custos operacionais de uma empresa com reputação qualificada. Tais custos oscilam, em média, entre R\$ 12 mil e R\$ 17 mil por mês. Visto que é comum ocorrer guerra de preços para garantir clientes, essas cifras podem representar um valor alto.

No âmbito institucional, são órgãos reguladores no estado o Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA), o qual exige Anotações de Responsabilidade Técnica (ART), e as prefeituras municipais, que exigem alvarás para as instalações. Os conselhos profissionais regulam o exercício da profissão, destacando-se nessa indústria o CREA e o Conselho Federal dos Técnicos em Eletrotécnica (CFTE).

#### **4.4 Estudo do Ambiente de Negócio**

Após o recrudescimento da pandemia de COVID-19, em março de 2020, o ambiente de negócios tem sofrido mudanças drásticas em curtos espaços de tempo. Considerando o setor de energia fotovoltaica, há elementos estruturais que podem levar mais tempo para mudanças. A análise PESTEL (fatores Políticos, Econômicos, Sociais, Tecnológicos, Ambientais e Legais) possibilita uma visão panorâmica das tendências do ambiente geral que influenciam as decisões empresariais em um determinado setor. A figura 19 representa a matriz PESTEL para o setor de energia solar fotovoltaica em Alagoas.

**Figura 19 – Matriz PESTEL**



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

O aumento da consciência de sustentabilidade ambiental, por parte da sociedade, é uma grande tendência que a figura 19 nos permite visualizar. Espera-se que mercados associados a essa tendência se expandam. As demais tendências, tecnológicas e sociais, e.g., tendem a impulsionar a demanda pelos serviços oferecidos no setor; o ambiente econômico, porém, pode ser um entrave nesse crescimento. Por exemplo, o aumento contínuo do câmbio pode encarecer ainda mais a aquisição dos equipamentos. A tecnologia utilizada no Brasil é chinesa, dependendo de conhecimento e peças sobressalentes estrangeiras precificadas em dólar.

**Figura 20** – Análise SWOT para os serviços da indústria de geração de energia fotovoltaica em Alagoas



Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

Foi elaborada, conforme a figura 20, uma análise SWOT setorial. A localização, a forma de atendimento, a assistência técnica, preços competitivos, as formas de pagamento (inclusive de financiamento), o treinamento de pessoal, a realização de projetos personalizados e equipamentos de qualidade são pontos fortes do setor. Há oportunidades surgindo a partir das mudanças na legislação urbana e também do crescimento do mercado de energias renováveis. Apesar de a oportunidade oriunda do crescimento da consciência social sobre o meio ambiente, a heterogeneidade e o tamanho das empresas da indústria são uma grande fraqueza, podendo influenciar o agravamento de uma guerra de preços, que acarretaria o fechamento de várias empresas. A falta de planejamento estratégico e de planos de *marketing* também são grandes fraquezas do setor. Mudanças na legislação e encarecimento dos equipamentos por conta do câmbio têm o potencial de dificultar o ambiente de negócios.

Portanto, o comportamento dos preços como forma de conquistar clientes, assim como a falta de estratégia de produto e propaganda, pesquisa e inovação, etc., afetam de forma extremamente negativa a conduta no mercado, fortalecendo de forma potencializada as ameaças observadas na análise SWOT. Isso afeta, por conseguinte, negativamente o desempenho, em que se percebe um mercado ainda extremamente limitado, apesar de ter enorme potencial de crescimento e impulsionamento da economia alagoana.

#### 4.5 Propostas de Ações para o Desenvolvimento Setorial

A partir dos dados reunidos na presente pesquisa, foram elaboradas proposições para a indução do surgimento, ou adensamento, de novos negócios. O quadro 6 as resume, sendo para o ambiente impactado empresarial as ações propostas diretamente às firmas e, caso possível, a algum parceiro institucional; para o ambiente impactado setorial as ações e sugestões direcionadas aos coletivos de empresas; e para o ambiente impactado sistêmico a proposição de ações e articulações no nível institucional (normas, leis e requerimentos) e articulações público-privadas (APPs) a fim de promover novos negócios e superação de gargalos já identificados anteriormente.

**Quadro 6** – Caracterização das ações e seu impacto nos níveis e ambientes.

Ação/Recomendação	Ambiente impactado		
	Empresarial	Setorial	Sistêmico
1. Aumentar a capacitação das empresas em gestão	X	X	
2. Aumentar o número de cooperados nas compras setoriais	X		
3. Incorporar conceitos de transformação digital nas maiores empresas	X	X	
4. Qualificar melhor a mão de obra			X
5. Estudos tributários para analisar os impactos da tributação identificada	X		
6. Desenvolvimento de projetos para edificações de baixo custo	X		X
7. Desenvolvimento de um projeto padrão de construção sustentável para o setor ( <i>check-list</i> )		X	
8. Desenvolver programas para a incorporação de empresas de base tecnológica na cadeia produtiva		X	X
9. Adequação das empresas para receber certificações de qualidade, aumentando assim a reputação do setor			X
10. Articulação política do setor para a proposição de ações governamentais no sentido de dinamizar a produção de energias renováveis no estado			X

Fonte: SEBRAE/AL, 2020.

Os dez pontos do quadro 6 têm como objetivo melhorar a conduta das empresas do mercado de energia solar fotovoltaica em Alagoas, a fim de melhorar o desempenho. Há também proposições sistêmicas no intuito de elevar a eficiência das políticas públicas no setor.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento econômico requer impreterivelmente a produção de energia, que o faz acontecer e sustenta-o. Portanto, produzir energia é fundamental para desenvolver qualquer região. Entretanto, é importante ter em mente que a sustentabilidade energética também é um ponto essencial a ser considerado, tornando-se preferíveis as energias renováveis, menos poluidoras e com uma longa cadeia composta por pequenas empresas emergentes.

O objetivo do presente trabalho foi analisar o setor de energia solar fotovoltaica em Alagoas. Para isso, utilizou-se como base de análise o Modelo Estrutura-Condução-Desempenho. Como apontado na 3ª seção,

As energias renováveis mais comuns em Alagoas são a biomassa (provenientes das usinas de açúcar e álcool) e a fotovoltaica, essa última limitada a serviços de elaboração de projetos, venda, montagem e manutenção de equipamentos, e ligada ao setor de construção civil por causa da necessidade de obras para seus fins. Ademais, não há usinas para a produção de energias solar e eólica no estado de Alagoas. A geração de energia solar fotovoltaica no estado se dá pela minigeração — geradores individuais em residências, empresas e eletrificação rural.

Uma grande oportunidade, que se mostra como tendência para expandir o setor de energia solar fotovoltaica, é o desenvolvimento de uma consciência social que demanda maior sustentabilidade ambiental. Durante e após a pandemia, espera-se que haja maior crescimento dessa consciência ecológica, que deverá render maiores resultados empresariais. Outro fator que deve aumentar a demanda pela minigeração fotovoltaica é o encarecimento contínuo da energia elétrica por distribuição local.

No entanto, como apontaram Carvalho, Magalhães e Domingues (2019) e Dalfovo *et al* (2019), essa demanda tem sido potencializada apenas por famílias de alta renda, capazes de arcar com a aquisição ou financiamento dos equipamentos e de sua instalação. Em Alagoas, há uma alta concentração de renda e, por essa razão, pode haver um empecilho de longo prazo (saturação do mercado) caso não haja uma maior expansão da economia estadual (i.e., pode ocorrer uma deterioração da renda dessa classe) ou eventuais efeitos de distribuição de renda. Outra ameaça é a possibilidade de mudanças na legislação que hoje garante benefícios para essa natureza de investimentos energéticos. Não obstante, é possível melhorar o desempenho desse setor no mercado local, visto que Alagoas tem um enorme potencial de crescimento para esse produto.

Propõe-se, para futuros estudos, maior interlocução com as empresas do setor, a fim de realizar análises de medidas de concentração e também estudos de curvas de demanda de longo

prazo, além de auxiliá-las na escolha de fornecedores e perspectivas para estudos estratégico-legais.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 481, de 20/04/2012**. 20 de abril de 2012a. Disponível em: <<https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:agencia.nacional.energia.eletrica:resolucao.normativa:2012-04-20;481>>. Acesso em: 15 de maio de 2022.
- \_\_\_\_\_. **Resolução Normativa nº 482, de 17/04/2012**. 17 de abril de 2012b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 15 de maio de 2022.
- \_\_\_\_\_. **Dados Abertos – Agência Nacional de Energia Elétrica estatísticas**. 2020. Disponível em: <<https://dadosabertos.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 14 de maio de 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo, nº 41**. 2020. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 30 de abril de 2021.
- AGÊNCIA SENADO. **Sancionado marco legal para quem gera a própria energia**. 07/01/2022. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/01/07/sancionado-marco-legal-para-quem-gera-a-propria-energia>>. Acesso em: 14 de maio de 2022.
- AGUIAR, D. R. D.; FIGUEIREDO, A. M. Poder de Mercado no Varejo Alimentar: uma análise usando os preços do estado de São Paulo. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, vol. 49, n. 4, pp. 967-990, dez. 2011.
- BLAKERS, A.; DEVINE-WRIGHT, P.; GAZZONI, D. L.; HESTNES, A. G.; KITUYI, E.; KRETZCHMAR, J.; LUTHER, J.; MANWELL, J.; MUKUNDA, H. S.; ROLZ, C.; SKEA, J.; VOLKOV, E.; WANG, Z.; YAMAGUCHI, M. Research and development on renewable energies: A global report on photovoltaic and wind energy. **International Science Panel on Renewable Energies**, Paris, 2009.
- CALEMAN, S. M. de Q.; CUNHA, C. F. da. Estrutura e Conduta da Agroindústria Exportadora de Carne Bovina no Brasil. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, vol. 13, n. 1, pp. 93-108, 2011.
- CARVALHO, M. M. de; MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P. Impactos econômicos da ampliação do uso de energia solar residencial em Minas Gerais. **Nova Economia**, vol. 29, n. 2, pp. 459-485, 2019.
- COMUNELLO, A. L.; GODARTH, K. A. L. Medidas de Concentração, Variações de Preços e Desempenho: um estudo da indústria calçadista brasileira. **Rev. Ciênc. Empres. UNIPAR**, vol. 15, n. 1, pp. 25-40, jan./jun. 2014.
- DALFOVO, W. C. T.; ZILIO, P. C.; SORNBERGER, G. P.; REDIVO, A. A Viabilidade Econômica da implantação de Energia Solar Fotovoltaica para a redução dos custos com energia elétrica das famílias com diferentes níveis de renda: uma análise para a região norte de Mato Grosso. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 14, n. 3, pp. 118-143, set./dez. 2019.

DALVI, G. G.; OLIVEIRA FILHO, D.; RODRIGUES, E. M. B. Feed-in tariff como alternativa de incentivo ao desenvolvimento da geração de energia elétrica por fontes renováveis no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, vol. 23, n. 2, pp. 20-32, 2º trim. 2017.

ELGAMAL, G. N. G.; DEMAJOROVIC, J. As barreiras e perspectivas para a geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira. **Rev. Gest. Ambient. e Sust. - GeAS**, vol. 9, n. 1, pp. 1-28, 2020.

EQUATORIAL ENERGIA. **Valor de tarifas e serviços**. 16 de maio de 2022. Disponível em: <<https://al.equatorialenergia.com.br/informacoes-gerais/valor-de-tarifas-e-servicos/>>. Acesso em: 16 de maio de 2022.

FARIELLO, D. Governo cria programa de incentivo à geração de energia solar. **Jornal O Globo**, 15/12/2015. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/governo-cria-programa-de-incentivo-geracao-de-energia-solar-18302233>>. Acesso em: 14 de maio de 2022.

FRANCO, G. L.; PEREIRA, W. G.; HOTTES, E. J.; HOTTES, I. J.; SILVA, S. J. S. da. O Paradigma Estrutura-Condução-Desempenho: Estudo de Caso de Empresa de Aço do Estado de Rondônia. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza – CE, 13 a 16 de outubro de 2015.

HASENCLAVER, L.; TORRES, R. O Modelo Estrutura, Condução e Desempenho e seus Desdobramentos. In.: KUPFER, D.; HASENCLAVER, L. (Orgs.). **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

KENING, C.; QU, H.; MA, Q.; LUO, Z.; WENJUN, Z. Design of China's Electricity Market Evaluation Indicators Based on SCP Model. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, vol. 657, 2020 International Symposium on Energy Environment and Green Development 20-22 November 2020, Chongqing, China.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Relação Anual de Informações Sociais – RAIS**. 2022. Disponível em: <<https://ces.ibge.gov.br/base-dados/metadados/mte/relacao-anual-de-informacoes-sociais-rais>>. Acesso em: 30 de abril de 2022.

LEMOIS JÚNIOR, L. C.; FACCI, N.; CHEROBIM, A. P. M. S.; GARCIAS, P. M. Cooperativas de Crédito: estratégia e desempenho econômico-financeiro sob a ótica do modelo ECD. **Revista de Contabilidade e Controladoria**, v. 3, n. 2, pp. 6-23, mai./ago. 2011.

LOPES, H. C. O Modelo Estrutura-Condução-Desempenho e a Teoria Neoschumpeteriana: uma proposta de integração teórica. **Revista de Economia Contemporânea**, vol. 20, n. 2, pp. 336-358, 2016.

MACHADO, E. A.; ALMEIDA, L. B. de; GARCIAS, P. M.; BACARJI, A. G. Desempenho operacional-financeiro e concentração de mercado sob o enfoque do paradigma estrutura-condução-desempenho: um estudo exploratório na indústria brasileira de laticínios no período de 1997 a 2006. **Brazilian Business Review**, v. 7, n. 1, pp. 118-140, jan./abr. 2010.

MASON, E. S. Price and Production Policies of Large-Scale Enterprise. **The American Economic Review**, vol. 29, n. 1, pp. 61-74, março de 1939.

MOOSAVIAN, S. M.; RAHIM, N. A.; SELVARAJ, J.; SOLANGI, K. H. Energy policy to promote photovoltaic generation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, pp. 44-58, 2013.

PORTAL SOLAR. **Conceito de Net Metering: Geração Própria de Energia e Banco de Créditos**. 23 de janeiro de 2017. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/incentivos-a-energia-solar/conceito-de-net-metering-geracao-propria-de-energia-e-banco-de-creditos.html>>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

RODRIGUES, W. O. P.; FRAINER, D. M.; EDUARDO, A. S. Cadeia Produtiva de Frango de Corte: uma análise de desempenho a partir da matriz insumo-produto de Mato Grosso do Sul. **Geosul, Florianópolis**, v. 35, n. 76, p. 428-452, set./dez. 2020.

SAMPAIO, Priscila Gonçalves Vasconcelos; GONZÁLEZ, Mario Orestes Aguirre. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, pp. 590-601, 2017.

SCARANO, P. R.; MURAMATSU, R.; FRANCISCHINI, A. S. N. Modelo Estrutura-Condução-Desempenho como Esquema Analítico de Análises Setoriais. In: VARTANIAN, P. R.; MACIEL, V. F. **Estudos Econômicos Setoriais: Máquinas e Equipamentos, Ferrovias, Têxtil e Calçados**. Blucher Open Access, 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E TURISMO DE ALAGOAS – SEDETUR-AL. **Balanco Energético de Alagoas: SEDETUR-AL 2019 ano base 2018**. Maceió, 2019. Disponível em: < <http://www.SEDETUR-AL.al.gov.br/balanco-energetico/category/63-balanco-energetico>>. Acesso em 15 de maio de 2022.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, GESTÃO E PATRIMÔNIO DE ALAGOAS – SEPLAG-AL. **Alagoas em Dados: painel – contas regionais**. 2022. Disponível em: < <https://bit.ly/ContasRegionaisPIB>>. Acesso em: 31 de abril de 2022.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS EM ALAGOAS – SEBRAE/AL. **Estudo da cadeia produtiva de valor da energia fotovoltaica em alagoas**. Maceió: Sebrae, 2020. 57 p.

SOUZA, T. C. de; PIRES, M. de M. Barreiras à concorrência e dinâmica do mercado baiano de salas de cinema: revisitando o paradigma Estrutura-Condução-Desempenho. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, vol. 11, n. 18, pp. 223-249, jul./dez. 2014.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

UZUNIDIS, D. Propaedeutics in the theory of the industrial organisation: the SCP (structure, conduct, performance) model. **Journal of Innovation Economics & Management**, vol. 20, n. 2, pp. 197-215, 2016.