

Desafios da Geração Distribuída Solar na Agricultura Familiar: um ensaio metodológico exploratório no contexto pós-Lei nº 14.300/2022

André Macário Barros (UTFPR) abarros@utfpr.edu.br

Edilson Pontarolo (UTFPR) epontarolo@utfpr.edu.br

Géremi Gilson Dranka (UTFPR) geremidranka@utfpr.edu.br

Resumo

A geração distribuída solar tem se expandido na agricultura familiar brasileira após a Lei nº 14.300/2022, mas ainda faltam instrumentos para estruturar empiricamente os desafios percebidos por agricultores prosumidores. Este estudo apresenta um ensaio metodológico exploratório para estruturar e testar um instrumento analítico baseado em um questionário com 24 variáveis em escala Likert-5, derivadas de uma revisão da literatura realizada. Utilizando respostas simuladas, aplicaram-se estatística descritiva e Análise Fatorial Exploratória, resultando em três fatores latentes: desafios técnico-territoriais e informacionais, riscos econômico-regulatórios e vulnerabilidades ambientais. Os resultados indicam que as percepções se organizam em blocos distintos, apoiando futuras validações empíricas do instrumento em levantamentos de campo.

Palavras-Chaves: *Geração distribuída, energia solar fotovoltaica, agricultura familiar, prosumidores, análise fatorial exploratória*



Abstract

Distributed solar generation has expanded among Brazilian family farmers following Law No. 14,300/2022, yet instruments capable of empirically structuring the challenges perceived by rural prosumers remain limited. This study presents an exploratory methodological essay aimed at structuring and testing an analytical instrument based on a questionnaire comprising 24 Likert-scale variables derived from a literature review that was done. Using statistically consistent simulated responses, descriptive statistics and Exploratory Factor Analysis were applied, resulting in three latent factors: technical-territorial and informational challenges, economic-regulatory risks, and environmental vulnerabilities. The findings indicate that perceived challenges are organized into distinct blocks, supporting future empirical validation of the instrument through field surveys.

Keywords: *Distributed generation, solar photovoltaic energy, family farming, prosumers, exploratory factor analysis.*

1. Introdução

A geração distribuída (GD) solar consolidou-se como componente relevante da transição energética brasileira, representando mais de 90% das unidades conectadas ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica (ANEEL, 2026). No meio rural, sua adoção por agricultores familiares, atuando como prossumidores, contribui para redução de custos operacionais e maior autonomia energética das propriedades.

A promulgação da Lei nº 14.300/2022 redefiniu regras tarifárias e de compensação, afetando diretamente a viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos, especialmente para pequenos produtores rurais, cujo acesso a crédito, infraestrutura e assistência técnica é desigual. Esse novo cenário regulatório intensifica desafios já identificados na literatura, envolvendo dimensões técnicas, econômicas, regulatórias, territoriais, sociais e ambientais.

Apesar do avanço dos estudos sobre GD no Brasil, ainda são escassos instrumentos capazes de estruturar empiricamente tais desafios a partir das percepções de agricultores familiares que operam sistemas próprios conectados ao SCEE. Essa lacuna é particularmente relevante para a agricultura familiar, cuja adoção da geração solar contribui para metas associadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente o ODS 7 (energia acessível e limpa) e o ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico), além de contribuir para o ODS 12 (produção e consumo responsáveis) e o ODS 13 (ação climática) (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Diante disso, este estudo apresenta um ensaio metodológico-exploratório destinado a estruturar e testar um modelo empírico para análise dessas percepções, contribuindo para futuras aplicações do instrumento junto a agricultores familiares no contexto pós-Lei nº 14.300/2022.

2. Referencial Teórico

Esta seção apresenta os conceitos essenciais para compreender a geração distribuída solar no Brasil, com foco no agricultor familiar prossumidor e no marco regulatório pós-Lei nº 14.300/2022. Esses fundamentos sustentam a revisão da literatura apresentada na Subseção 2.2, na qual são sintetizados os desafios identificados em estudos recentes e organizadas as dimensões analíticas que estruturam o instrumento testado neste estudo, composto por 24 desafios posteriormente utilizados no questionário.

2.1 Fundamentação Teórica

Esta subseção apresenta conceitos essenciais para compreender a geração distribuída solar no Brasil, com foco no agricultor familiar prosumidor e nos elementos regulatórios que estruturam sistemas fotovoltaicos conectados ao SCEE, base necessária para a revisão da literatura subsequente.

No Brasil, a agricultura familiar, definida pela Lei nº 11.326/2006, caracteriza-se pela predominância do trabalho e gestão familiar, abrangendo diferentes atividades produtivas nas quais a geração distribuída pode ser aplicada. A GD corresponde à produção de energia por unidades consumidoras conectadas à rede de distribuição, utilizando predominantemente fontes renováveis como a solar fotovoltaica (ANEEL, 2021).

O Sistema de Compensação de Energia Elétrica permite que excedentes gerados sejam convertidos em créditos para abatimento do consumo futuro, viabilizando a atuação do consumidor como produtor de energia. No meio rural, essa modalidade contribui para reduzir custos operacionais e ampliar autonomia energética das propriedades.

A Lei nº 14.300/2022 redefiniu critérios tarifários e regras de transição para micro e minigeração distribuída, introduzindo cobrança progressiva da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), também chamada de “Fio B”, para novos sistemas, fator que influencia diretamente a viabilidade econômica da GD.

Além dos aspectos técnicos e regulatórios, a adoção da geração solar depende de condições estruturais como acesso a financiamento, infraestrutura elétrica e assistência técnica, elementos que influenciam os desafios posteriormente analisados.

2.2 Revisão da Literatura

A revisão da literatura foi orientada por palavras-chave relacionadas à geração distribuída, compensação de energia, prosumidores, energias renováveis, agricultura familiar e Lei nº 14.300/2022, inicialmente aplicadas à base Scopus. Contudo, devido à especificidade do contexto regulatório brasileiro, não foram encontrados registros diretamente correlatos, motivando a ampliação da busca para o Google Acadêmico.

A busca resultou em 73 registros, dos quais foram excluídos teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso, visando manter comparabilidade metodológica entre estudos,

restando 12 artigos. Após nova filtragem, três trabalhos foram descartados por não tratarem especificamente de energia solar fotovoltaica, resultando em nove artigos analisados.

Foram considerados apenas desafios associados ao prosumidor rural individual conectado ao SCEE, excluindo modalidades coletivas de geração compartilhada. A partir da análise dos estudos selecionados, foram identificados 24 desafios aplicáveis à agricultura familiar, organizados nas dimensões técnica, econômica, regulatória, territorial, social/informacional e ambiental.

Embora organizados teoricamente nessas categorias, tais desafios podem agrupar-se de forma distinta quando analisados empiricamente, justificando a aplicação posterior da Análise Fatorial Exploratória para verificação da coerência estrutural do instrumento proposto.

A síntese dos desafios identificados é apresentada na Tabela 1, que serviu de base para a construção do questionário empregado neste estudo.

Tabela 1 – Desafios encontrados na revisão da literatura

Desafio	Código	Descrição	Obra
Técnico	Tec-1	Variabilidade da irradiância solar afeta a geração elétrica disponível	Antoniolli et al. (2020); Souza et al. (2024)
	Tec-2	Diferença entre geração prevista em projeto e geração real observada	Antoniolli et al. (2020); Souza et al. (2024)
	Tec-3	Perdas elétricas em instalações distantes de centros urbanos	Antoniolli et al. (2020)
	Tec-4	Desempenho e vida útil de inversores e componentes do sistema	Antoniolli et al. (2020)
	Tec-5	Limitações no monitoramento e interpretação dos dados operacionais do sistema	Antoniolli et al. (2020); Souza et al. (2024)

Tabela 1 – Desafios encontrados na revisão da literatura (continuação)

Desafio	Código	Descrição	Obra
Econômico	Ec-1	Alto custo inicial de implantação do sistema fotovoltaico	Pinheiro et al. (2023); Rolim et al. (2020)
	Ec-2	Sensibilidade do retorno financeiro às tarifas de energia elétrica	Pinheiro et al. (2023); Susteras e Susteras (2022)
	Ec-3	Incertezas quanto ao tempo de retorno do investimento	Pinheiro et al. (2023)
	Ec-4	Dependência de financiamento e linhas de crédito específicas	Rolim et al. (2020); Pinheiro et al. (2023)
	Ec-5	Impacto do pagamento progressivo da TUSD (Fio B) para novos sistemas	Pinheiro et al. (2023)
Regulatório	Reg-1	Instabilidade normativa anterior ao marco legal atual	Rodi e Bermann (2020); Costa Jr. (2020)
	Reg-2	Complexidade na compreensão das regras tarifárias e compensação de energia	Costa Jr. (2020); Pinheiro et al. (2023)
	Reg-3	Incerteza quanto às regras de transição entre regimes regulatórios	Pinheiro et al. (2023)
	Reg-4	Necessidade constante de atualização normativa frente à expansão da GD	Rodi e Bermann (2020)
Territorial	Ter-1	Infraestrutura elétrica limitada em áreas rurais	Pavanelli et al. (2022); Souza et al. (2024)
	Ter-2	Dificuldades de conexão em redes com baixa capacidade técnica	Pavanelli et al. (2022)
	Ter-3	Dispersão geográfica eleva custos de instalação e manutenção	Souza et al. (2024)
	Ter-4	Acesso desigual a integradores e serviços técnicos qualificados	Pavanelli et al. (2022)
Social	Soc-1	Falta de informação sobre custos, regras e funcionamento da GD	Cavalcante e Caliendo (2021); Costa Jr. (2020)
	Soc-2	Dificuldades na leitura e interpretação de dados de geração e consumo	Costa Jr. (2020)
	Soc-3	Assimetria de informação entre agricultores e integradores de sistemas	Pavanelli et al. (2022)

Tabela 1 – Desafios encontrados na revisão da literatura (continuação)

Desafio	Código	Descrição	Obra
Ambiental	Amb-1	Vulnerabilidade dos sistemas a eventos climáticos extremos	Souza et al. (2024)
	Amb-2	Restrições ambientais locais para instalação de sistemas	Souza et al. (2024)
	Amb-3	Variabilidade climática afeta simultaneamente produção agrícola e energética	Souza et al. (2024)

Fonte: Própria

3. Metodologia

De acordo com o apoio da ferramenta Metodika (PEREIRA et al., 2025), a presente pesquisa adota uma abordagem quantitativa, com ênfase na análise de dados numéricos por meio de métodos estatísticos. Quanto à sua natureza, trata-se de uma investigação aplicada, voltada ao desenvolvimento e teste de um instrumento analítico para estudo das percepções relacionadas à geração distribuída solar na agricultura familiar.

Em relação aos objetivos, a pesquisa classifica-se como exploratória, uma vez que busca estruturar e examinar um fenômeno ainda pouco sistematizado na literatura, especialmente no contexto pós-Lei nº 14.300/2022.

Para o alcance desses objetivos, foram adotados procedimentos metodológicos que compreendem pesquisa bibliográfica e documental, com base na análise de estudos científicos e documentos institucionais e normativos, os quais subsidiaram a identificação e organização dos desafios associados ao tema.

Adicionalmente, foi desenvolvido um instrumento de coleta estruturado na forma de questionário com 24 variáveis em escala Likert de cinco pontos, elaborado a partir da revisão da literatura. Para fins de teste metodológico do instrumento, utilizou-se um conjunto de dados simulados, permitindo avaliar sua consistência e estrutura interna.

A análise dos dados foi realizada por meio de estatística descritiva e Análise Fatorial Exploratória (AFE), via *software* RStudio (POSIT, 2025) com o objetivo de identificar padrões de agrupamento entre as variáveis e verificar a coerência estrutural do instrumento proposto.

O estudo não envolve coleta de dados sensíveis e prevê anonimato em aplicações empíricas futuras.

4. Resultados e Discussão

A análise foi conduzida em duas etapas complementares: a) estatística descritiva das 24 variáveis pertencentes às seis categorias teóricas de desafios (veja Tabela 1); e b) Análise Fatorial Exploratória (AFE), empregada para identificar a estrutura latente associada ao conjunto de variáveis e verificar a coerência estrutural do instrumento proposto para analisar percepções relacionadas aos desafios da operação de sistemas fotovoltaicos conectados ao SCEE no período pós-Lei nº 14.300/2022.

4.1 Estatística Descritiva

A Tabela 2 apresenta as médias e os desvios-padrão das 24 variáveis analisadas a partir do conjunto de respostas utilizado para o teste metodológico do instrumento. A partir desses valores, é possível identificar três padrões consistentes derivados da combinação entre magnitude das médias e grau de variabilidade interna (desvio-padrão). Esses padrões, observados diretamente na estatística descritiva, antecipam estruturas posteriormente confirmadas pela Análise Fatorial Exploratória (AFE).

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis do estudo (N = 180)

Categoria	Variável	Média	DPadrão	Categoria	Variável	Média	DPadrão
Técnicos	Tec-1	3,8	0,92	Econômicos	Ec-1	4,2	0,70
	Tec-2	3,9	0,88		Ec-2	4,3	0,68
	Tec-3	3,7	0,95		Ec-3	4,1	0,73
	Tec-4	3,8	0,90		Ec-4	4,2	0,75
	Tec-5	3,9	0,94		Ec-5	4,4	0,66
Regulatórios	Reg-1	4,0	0,72	Territoriais	Ter-1	3,8	0,89
	Reg-2	4,1	0,69		Ter-2	3,9	0,87
	Reg-3	4,2	0,71		Ter-3	3,7	0,93
	Reg-4	4,3	0,74		Ter-4	3,8	0,90
Sociais / Informacionais	Soc-1	3,8	0,85	Ambientais	Amb-1	4,3	0,63
	Soc-2	3,9	0,91		Amb-2	4,4	0,69
	Soc-3	4,0	0,88		Amb-3	4,2	0,61

Fonte: Própria

O primeiro padrão, referente aos desafios de natureza técnica (Tec-1 a Tec-5) e territorial (Ter-1 a Ter-4), apresenta médias intermediárias, variando entre 3,7 e 3,9, acompanhadas dos maiores desvios-padrão do conjunto analisado (0,87 a 0,95). Essa combinação indica maior dispersão nas avaliações associadas ao desempenho dos sistemas, confiabilidade da infraestrutura elétrica rural e condições de monitoramento. Em termos analíticos, tal dispersão é compatível com a heterogeneidade das condições operacionais descritas na literatura para o meio rural (Antoniolli et al., 2020; Souza et al., 2024).

O segundo padrão, referente às variáveis econômicas (Ec-1 a Ec-5) e regulatórias (Reg-1 a Reg-4), concentra as médias mais altas da Tabela 2, situadas entre 4,0 e 4,4, ao mesmo tempo em que apresenta desvios-padrão mais baixos (0,66 a 0,75). Esse comportamento indica convergência das respostas quanto à relevância dos custos iniciais, das incertezas de retorno e dos impactos tarifários associados ao marco regulatório da GD, especialmente no que se refere ao Fio B e ao processo de transição estabelecido pela Lei nº 14.300/2022. A menor variabilidade observada mostra coerência com evidências reportadas na literatura sobre a centralidade dos fatores econômico-regulatórios nas decisões relacionadas à GD solar (Pavanelli et al., 2022; Rodi & Bermann, 2020; Pinheiro et al., 2023).

O terceiro padrão, referente às variáveis ambientais (Amb-1 a Amb-3), apresenta as maiores médias do conjunto analisado (4,2 a 4,4) e os menores desvios-padrão (0,61 a 0,69). Essa configuração indica avaliações altamente convergentes quanto à influência de eventos climáticos extremos, variabilidade da irradiância solar e restrições ambientais locais sobre a operação dos sistemas fotovoltaicos. A combinação entre médias elevadas e baixa dispersão sugere relativa independência dessa dimensão em relação às demais, antecipando a formação de fator específico na AFE, comportamento consistente com estudos que apontam a variabilidade climática como elemento externo ao controle do prosumidor e com impacto direto sobre o desempenho energético (Souza et al., 2024).

Esses três padrões, dispersão técnico-territorial, convergência econômico-regulatória e homogeneidade ambiental, encontram-se sintetizados na Tabela 3, configurando um diagnóstico descritivo preliminar do comportamento das variáveis analisadas. A subseção seguinte demonstra que esses agrupamentos iniciais se mantêm na estrutura latente estimada via AFE, reforçando a coerência estrutural do instrumento proposto.

Tabela 3 – Síntese dos padrões descritivos das variáveis do estudo

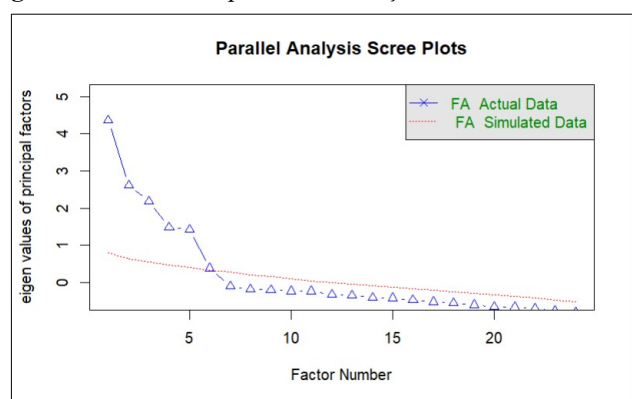
Categoria	Faixa de Médias	DPadrão
Técnicos + Territoriais	Intermediárias (3,7 a 3,9)	Altos (0,85 a 0,95)
Econômicos + Regulatórios	Altas (4,0 a 4,4)	Baixos (0,66 a 0,75)
Ambientais	Muito Altas (4,2 a 4,4)	Muito Baixos (0,61 a 0,69)

Fonte: Própria

4.2 Análise Fatorial Exploratória

A adequação do conjunto de dados à aplicação do modelo fatorial foi confirmada por dois testes preliminares. O índice KMO apresentou valor de 0,70, indicando correlações parciais satisfatórias para a redução da dimensionalidade. O teste de esfericidade de Bartlett reforçou essa adequação: o qui-quadrado com 276 graus de liberdade resultou em 2.589,1 ($\chi^2(276) = 2.589,1$; $p < 0,001$), rejeitando a hipótese de matriz identidade e demonstrando que as correlações existentes são suficientes para justificar a extração de fatores.

A decisão sobre o número de fatores a reter foi orientada por três critérios complementares: o *scree plot*, a comparação entre autovalores empíricos e simulados e a variância explicada. O *scree plot* revelou um ponto de inflexão (cotovelo) após o quinto componente, como apresentado na Figura 1, sugerindo inicialmente a retenção de cinco fatores principais. Embora o quarto e o quinto fatores apresentem autovalores ligeiramente acima de 1 (aproximadamente 1,60 e 1,44), ambos ficaram muito próximos dos autovalores gerados pela simulação paralela, indicando que não se diferenciam substancialmente do que seria esperado por acaso.

Figura 1 – *Scree Plot* para determinação do número de fatores


Fonte: própria

Além desse critério, a análise da variância acumulada também auxiliou a tomada de decisão da seguinte forma: os três primeiros fatores explicaram conjuntamente 42,2% da variância total (15,2%; 13,8%; e 13,2%), valor considerado adequado em estudos sociais

aplicados a contextos heterogêneos (Hair et al., 2019). A inclusão de um quarto fator elevaria a variância acumulada de 42,2% para cerca de 48%, um ganho marginal inferior a seis pontos percentuais, insuficiente para justificar a expansão da estrutura fatorial. O mesmo ocorre com o quinto fator, cujo acréscimo seria ainda menor, sem melhorar a capacidade interpretativa do modelo.

Dessa forma, optou-se pela retenção de três fatores, que apresentaram coerência teórica, estrutura clara e cargas bem distribuídas. Além de corresponderem ao ponto de inflexão observado no *scree plot*, esses fatores foram também os únicos a apresentar autovalores consistentemente superiores aos valores simulados, condição considerada essencial segundo o critério da análise paralela e compatível com o propósito metodológico de testar a coerência estrutural do instrumento.

4.2.1 Estrutura fatorial retida

A estrutura retida mostrou-se coerente e apresentou elevada capacidade de interpretação substantiva, evidenciando três fatores, detalhados a seguir.

O Fator 1 reuniu variáveis das dimensões técnica (Tec), territorial (Ter) e social/informacional (Soc). As maiores cargas corresponderam à variabilidade da geração, limitações da rede rural e barreiras de acesso à informação técnica. A frase interpretativa que pode ser formulada é: “Percepções de baixo desempenho dos sistemas fotovoltaicos estão fortemente associadas às limitações de infraestrutura elétrica rural e às barreiras informacionais, indicando que parte dos desafios decorre de condições estruturais externas ao prosumidor”. Esse padrão dialoga com estudos que descrevem desigualdades territoriais e insuficiências de redes rurais (Pavanelli et al., 2022; Cavalcante e Caliendo, 2021). Considerando a estrutura observada, este fator foi denominado “Desafios Técnico-Territoriais e Informacionais”.

O Fator 2 juntou todas as variáveis econômicas (Ec) e regulatórias (Reg). As cargas mais elevadas se concentraram nos itens relacionados ao custo inicial, retorno financeiro, TUSD e transição normativa da Lei nº 14.300/2022. A frase interpretativa associada pode ser formulada como: “O fator econômico apresentou elevada associação com o fator regulatório, revelando que os impactos tarifários introduzidos pela Lei nº 14.300, especialmente a aplicação progressiva do Fio B, ampliam percepções de risco financeiro entre prosumidores rurais”. O comportamento observado é coerente com evidências apresentadas por Pinheiro et

al. (2023) e Rolim et al. (2020). Este fator foi denominado “Riscos Econômicos e Pressões Regulatórias”.

E o Fator 3 foi composto exclusivamente pelos três itens ambientais (Amb), constituindo uma estrutura isolada. Sua independência indica que eventos extremos, irregularidade climática e restrições ambientais locais tendem a se organizar como dimensão relativamente autônoma no conjunto analisado. A frase interpretativa correspondente é: “A dimensão ambiental emergiu como estrutura isolada, sugerindo que a variabilidade climática e os eventos extremos são percebidos como desafios independentes, não se correlacionando significativamente com dimensões técnicas, econômicas ou regulatórias”. Esse comportamento é consistente com Souza et al. (2024), sendo este fator denominado “Condições e Vulnerabilidades Ambientais”.

4.3 Síntese Interpretativa

A integração entre estatística descritiva e padrões fatoriais evidencia três blocos de desafios organizados no conjunto de dados analisado: a operação técnica dependente do território, envolvendo desempenho, rede rural, monitoramento e informação técnica; as pressões financeiras associadas ao novo marco regulatório, incluindo custos, TUSD e incerteza normativa; e os riscos ambientais estruturados como dimensão relativamente autônoma, relacionados à variabilidade de irradiância e a eventos climáticos extremos.

A organização dessas dimensões sugere que futuras aplicações empíricas do instrumento poderão subsidiar políticas públicas, ações de extensão rural e estratégias institucionais mais eficazes quando segmentadas por tipo de desafio: a) técnico-territorial, envolvendo investimentos em rede, suporte técnico e capacitação; b) econômico-regulatório, associado a linhas de crédito, previsibilidade normativa e simplificação tarifária; e c) ambiental, relacionado à gestão de risco climático e a sistemas de monitoramento de irradiância.

5. Considerações Finais

O estudo teve como objetivo estruturar e testar metodologicamente um instrumento destinado à análise das percepções relacionadas aos desafios enfrentados na operação de sistemas fotovoltaicos conectados ao SCEE no período pós-Lei nº 14.300/2022. A ausência de

instrumentos capazes de organizar tais dimensões de forma estruturada, lacuna identificada na introdução, foi abordada por meio da aplicação conjunta de estatística descritiva e Análise Fatorial Exploratória.

Os resultados evidenciaram uma estrutura latente composta por três fatores independentes: a) Desafios Técnico-Territoriais e Informacionais, que sintetizam aspectos relacionados ao desempenho do sistema, infraestrutura elétrica rural, assim como acesso a informação técnica; b) Riscos Econômicos e Pressões Regulatórias, reunindo preocupações associadas a custos, retorno financeiro e efeitos do Marco Legal da GD; e c) Condições e Vulnerabilidades Ambientais, organizadas como dimensão relativamente autônoma associada à variabilidade climática e a eventos extremos.

Essa organização oferece uma leitura integrada das dimensões que podem estruturar análises futuras sobre a experiência do prosumidor rural, indicando que desafios operacionais, pressões econômico-regulatórias e restrições ambientais tendem a se organizar em núcleos analíticos distintos. O estudo contribui ao propor e testar um modelo empírico de segmentação dos desafios, ainda pouco explorado na literatura brasileira sobre GD fotovoltaica aplicada à agricultura familiar.

Do ponto de vista prático, a estrutura identificada sugere que futuras aplicações empíricas do instrumento poderão subsidiar políticas públicas, programas de extensão rural e arranjos institucionais mais eficazes quando diferenciados por tipo de desafio: investimentos em infraestrutura e capacitação técnica para o fator técnico-territorial; previsibilidade normativa e instrumentos financeiros para o fator econômico-regulatório; e mecanismos de gestão de risco climático para o fator ambiental. Nesse sentido, estratégias que articulem capacitação técnica, previsibilidade normativa e gestão de risco climático podem contribuir para ações alinhadas aos ODS 7, 8, 12 e 13 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Como limitação, destaca-se que os resultados apresentados correspondem ao teste metodológico do instrumento, não substituindo aplicações empíricas em campo. Pesquisas futuras podem aplicar o questionário a diferentes territórios, testar modelos com Análise Fatorial Confirmatória (AFC) e associar o desempenho real dos sistemas fotovoltaicos às percepções coletadas, aprofundando a compreensão dos determinantes estruturais do comportamento do prosumidor rural.

6. Declaração de Uso de Ferramentas Digitais

Em razão da necessidade de submissão prévia do projeto a Comitê de Ética para futura coleta de dados junto a agricultores familiares, este estudo utilizou dados sintéticos exclusivamente para teste metodológico do instrumento proposto.

A base simulada de respostas foi gerada com apoio da ferramenta de inteligência artificial ChatGPT (OPENAI, 2026), permitindo a construção de um conjunto compatível com o delineamento metodológico adotado.

A análise estatística posterior foi conduzida no *software* RStudio (POSIT, 2025), sem uso adicional de ferramentas de IA, sendo as conclusões derivadas exclusivamente dos resultados obtidos, os quais se referem ao teste metodológico do instrumento e não substituem aplicações empíricas futuras.

A metodologia apresentada neste estudo foi estruturada com o apoio da plataforma Metodika, ferramenta *online* de apoio ao desenvolvimento de metodologia científica, desenvolvida por Pereira et al. (2025). A plataforma orientou a definição do tipo de pesquisa, a organização das estratégias metodológicas e a verificação da coerência interna entre problema, objetivos e métodos adotados.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.** Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e institui o Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 abr. 2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021.** Estabelece as regras aplicáveis à prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 dez. 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **SIGA: Sistema de Informações de Geração da ANEEL.** Brasília, DF: ANEEL, [2026]. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/geracao>. Acesso em: 14 fev. 2026.

ANTONIOLLI, Andriago Filippo et al. Projeto bônus fotovoltaico: análise energética de uma das unidades prosumidoras contempladas. In: VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 1–5 jun. 2020, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: ABENS, 2020.

BRASIL. **Lei 11.326, de 24 de julho de 2006.** Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018.** Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília: Presidência da República, 2018.



BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022.** Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída e altera as Leis nº 10.848/2004 e nº 9.427/1996. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jan. 2022.

CAVALCANTE, Denise Lucena; CALIENDO, Paulo. Tributação da energia solar distribuída. In: SARLET, Ingo Wolfgang; RUARO, Regina Linden; LEAL, Augusto Antônio Fontanive (orgs.). **Direito, ambiente e tecnologia: estudos em homenagem ao professor Carlos Alberto Molinaro.** Porto Alegre: Editora Fundação Fênix, 2021. p. 729–743.

COSTA JUNIOR, Arlei. A digitalização do setor elétrico brasileiro. (The digitalization of the Brazilian electric sector). **Revista Brasileira de Pesquisas Jurídicas (Brazilian Journal of Law Research)**, Avarré: Eduvale, v. 1, n. 3, p. 119-138, 2020.

HAIR, Joseph F. et al. **Análise multivariada de dados.** 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.

OPENAI. **ChatGPT (modelo GPT-5.3).** Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 18 mar. 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Brasília: ONU Brasil, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org>. Acesso em: 01 dez. 2025.

PAVANELLI, João Marcos Mott et al. O contexto da geração distribuída e sua evolução na Macrometrópole Paulista. In: BENITES-LAZARO, Lira Luz et al. (org.). **Governança ambiental da macrometrópole paulista face à variabilidade climática.** São Carlos, SP: Rima, 2022. p. 379-394.

PEREIRA, Daniel Augusto de Moura; ARAUJO, Diogo Sebastião Pereira; SANTOS, Jamily Ferreira dos; DINIZ, Bruno Pereira. **Metodika – Ferramenta Online de Apoio ao Desenvolvimento de Metodologia Científica (v1)** 2025. 2025.

PINHEIRO, Sandro Gomes; CARVALHO, Rogério Atem de; MACHADO, Francisco de Assis Léo. Políticas públicas do Brasil para expansão da energia solar fotovoltaica na geração distribuída: uma revisão da literatura no período 2011–2021. **InterSciencePlace – International Scientific Journal**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 1, art. 1, p. 1–23, jan./mar. 2023.

POSIT. **RStudio: Integrated Development Environment for R.** Versão 2025.09.2 (Build 418). Boston: Posit PBC, 2025. Disponível em: <https://posit.co/download/rstudio>. Acesso em: 01 dez. 2025.

RODI, Rodrigo Mota; BERMANN, Célio. A regulação da geração distribuída no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 7–17, 2020. DOI: <https://doi.org/10.47168/rbe.v26i2.565>.

ROLIM, Luiz A. G.; TOSHIOKA, Frank; KUSSLE, Paulo Cesar; VINÍCIUS, Marcos. Marketplace descentralizado para geração distribuída – estrutura, governança e contribuições para o debate regulatório. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 18–28, 2º trimestre de 2020.

SOUZA, Vinícios Trindade; MOREIRA, Hermom Leal; SILVA, Marco Antonio Gomes da; SILVA, José Ricardo da. Análise de viabilidade de contratação de energia via consórcio ou cooperativa para pequenos consumidores no mercado cativo. **Revista Brasileira de Mecatrônica**, São Caetano do Sul, SP, v. 7, n. 2, p. 88–110, out./dez. 2024.

SUSTERAS, Guilherme; SUSTERAS, Alexandra Januário. Cálculo dos benefícios energéticos da geração distribuída solar fotovoltaica. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 192–216, 1º trim. 2022.



ANEXO

QUESTIONÁRIO

Percepções sobre Geração Distribuída Solar na Agricultura Familiar

Instruções ao participante:

Por favor, avalie cada afirmação usando a escala abaixo:

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo parcialmente
- 3 – Nem concordo, nem discordo
- 4 – Concordo parcialmente
- 5 – Concordo totalmente

A) Desafios Técnicos (Tec-1 a Tec-5)

1. Eu percebo que a variação do sol ao longo do dia afeta bastante a geração do meu sistema.
2. Eu percebo que a energia gerada muitas vezes é menor do que o valor que me foi prometido ou estimado.
3. Eu percebo que há perdas de energia devido à distância ou às condições das instalações elétricas da minha propriedade.
4. Eu percebo que o inversor do sistema pode ter limitações que afetam o funcionamento da energia solar.
5. Eu percebo dificuldade para acompanhar e entender os dados de geração do meu sistema solar.



B) Desafios Econômicos (Ec-1 a Ec-5)

6. Eu percebo que o custo inicial para instalar energia solar é muito alto.
7. Eu percebo que meu sistema é muito sensível às mudanças na tarifa de energia elétrica.
8. Eu percebo incerteza sobre em quanto tempo o investimento em energia solar realmente se paga.
9. Eu percebo necessidade de financiamento ou crédito para conseguir instalar o sistema.
10. Eu percebo que o pagamento do Fio B (TUSD) reduz a economia gerada pelo sistema instalado depois da nova lei.

C) Desafios Regulatórios (Reg-1 a Reg-4)

11. Eu percebo que as regras de energia solar mudam com frequência, trazendo insegurança.
12. Eu percebo dificuldade para entender como funciona a TUSD e o Fio B.
13. Eu percebo incerteza sobre as regras de transição entre os modelos antigos e os novos de compensação.
14. Eu percebo que é difícil acompanhar todas as mudanças das leis e normas sobre energia solar.



D) Desafios Territoriais e de Infraestrutura Rural (Ter-1 a Ter-4)

15. Eu percebo que a infraestrutura elétrica da minha região é limitada para sistemas solares.

16. Eu percebo dificuldade para conectar o sistema solar quando a rede da região tem pouca capacidade.

17. Eu percebo que a distância entre propriedades rurais aumenta custos de manutenção do sistema.

18. Eu percebo dificuldade para encontrar instaladores ou técnicos qualificados na minha região.

E) Desafios Sociais e Informacionais (Soc-1 a Soc-3)

19. Eu percebo que faltam informações claras sobre custos e funcionamento da energia solar.

20. Eu percebo dificuldade para entender os relatórios ou gráficos de consumo e geração.

21. Eu percebo que há pouca transparência nas informações passadas pelos instaladores ou fornecedores.

F) Desafios Ambientais (Amb-1 a Amb-3)

22. Eu percebo que eventos climáticos fortes (chuvas, ventos, granizo) podem prejudicar meu sistema solar.

23. Eu percebo que algumas áreas da propriedade têm restrições ambientais que dificultam a instalação dos painéis.

24. Eu percebo que as mudanças climáticas e a irregularidade do clima afetam a geração de energia solar.