

# Energia Fotovoltaica na Agricultura Familiar: Difusão, Desafios e Potenciais na Campanha Gaúcha Meridional

## Photovoltaic Energy in Family Farming: Diffusion, Challenges and Potentials in the Southern Gaúcha Campanha Region

**Shirley G. da Silva Nascimento** Doutora em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, - Brasil.  
<https://orcid.org/0009-0007-2278-8651> [shirleynascimento@unipampa.edu.br](mailto:shirleynascimento@unipampa.edu.br)

**Maeli Simas dos Santos** Tecnóloga em Agronegócio, UNIPAMPA - Brasil.  
<https://orcid.org/0000-0001-8556-4216> [maeli.simas@unipampa.edu.br](mailto:maeli.simas@unipampa.edu.br)

**Daniel Hanke** Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)- Brasil  
<https://orcid.org/0000-0001-9546-8527> [danielhanke@unipampa.edu.br](mailto:danielhanke@unipampa.edu.br)

**Mariana Rockenbach de Ávila** Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)- Brasil.  
<https://orcid.org/0000-0001-6278-7513> [mariana.avila@colaborador.embrapa.br](mailto:mariana.avila@colaborador.embrapa.br)

### RESUMO

O estudo concentra-se na energia fotovoltaica integrada às propriedades rurais familiares, justificando-se pelos benefícios de estabilização dos custos de energia e de baixo impacto ambiental, uma vez que é considerada uma tecnologia sustentável que proporciona autonomia ao agricultor familiar. Com isso, definiu-se como objetivo geral investigar a difusão e os mecanismos de acesso à Energia Fotovoltaica pela Agricultura Familiar na Região Campanha Gaúcha Meridional. Assim, a finalidade é compreender as limitações e o potencial dessa forma de energia para o desenvolvimento dessa categoria social no meio rural. Os dados da pesquisa foram fornecidos pela Empresa "Portal do Sol" referentes à distribuição da Energia Fotovoltaica em pequenos e grandes estabelecimentos agrícolas da referida região e analisados por meio de estatísticas descritivas e multivariadas. Os resultados mostram que o meio rural tem avançado na adesão de sistemas de energia solar fotovoltaica mesmo que em um número pequeno de propriedades. Contudo, as propriedades familiares ainda estão longe do ideal, o que pode ser explicado pelas limitações de instalação dos sistemas, como valor de investimento alto e ainda o impacto do índice de desenvolvimento de cada município. Por fim, estudos como este necessitam evoluir para promover cada vez mais a implementação de práticas sustentáveis, trazendo benefícios para a sociedade como um todo.

**Palavras-chave:** sustentabilidade; energia renovável; desenvolvimento sustentável; energização rural.

### ABSTRACT

This study focuses on photovoltaic energy integrated into family-owned rural properties, justified by the benefits of stabilizing energy costs and its

low environmental impact, as it is considered a sustainable technology that brings autonomy to the family farmer. Therefore, the general objective is to investigate the diffusion and access mechanisms of photovoltaic energy in family farming in the Southern Gaúcha Campanha Region. The purpose is to understand the limitations and potential of this form of energy for the development of this social category in rural areas. The research data were provided by the company "Portal do Sol" and relate to the distribution of photovoltaic energy in both small and large agricultural establishments in the aforementioned region, analyzed through descriptive and multivariate statistics. Data analysis reveals that rural areas have made progress in adopting photovoltaic solar energy systems, even in a small number of properties. However, family-owned farms remain far from the ideal level of adoption, largely due to installation limitations such as high investment costs and the influence of each municipality's development index. Finally, studies of this nature must continue to advance to further promote the adoption of sustainable practices, delivering broader benefits to society as a whole.

**Keywords:** sustainability; renewable energy; sustainable development; rural energization.

Recebido em 06/06/2024. Aprovado em 04/10/2024. Avaliado pelo sistema *double blind peer review*. Publicado conforme normas da ABNT.  
<https://doi.org/10.22279/navus.v14.1937>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia é um insumo importante para o fornecimento de serviços e necessidades humanas básicas, como o preparo de alimentos, abastecimento de água, iluminação, serviços de saúde, bem como comunicação e educação (Kuo et al., 2012; Cossu et al., 2014). Adicionalmente, se caracteriza como um elemento essencial para o aumento da produção rural e para garantia das condições de segurança alimentar (Góes et al., 2018), por meio das operações de preparo do solo, fertilização, irrigação, processamento, conservação e transporte.

O esgotamento das fontes de energia fóssil para os próximos 40 ou 50 anos, destaca a urgência de procurar outras fontes alternativas de energia (Castellanelli, 2015). Além disso, é fundamental destacar o impacto da queima de combustíveis fósseis no agravamento do aquecimento global e nas mudanças climáticas que estão ocorrendo no planeta (Buckeridge et al., 2008; Kadowaki et al., 2012; Tayra; Reis, 2020). Entre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o objetivo número sete aborda, justamente, a 'Energia acessível e limpa'.

A redução de poluentes e a disponibilidade de energia localizada, que muitas vezes é mais econômica, constituem as principais vantagens de se comprometer com investimentos em energias renováveis em regiões específicas (Yano et al., 2010; Brunemann et al., 2013; Ureña-Sánchez et al., 2013; Cho et al., 2020). Farias e Sellito (2011) enfatizam que a energia pode ser comparada a uma balança, onde em um dos lados encontra-se o consumo e no outro a produção. Em relação à crescente preocupação com o futuro ambiental e a sustentabilidade do planeta, inúmeras pesquisas têm se voltado para a utilização de fontes renováveis de energia (FAO, 2000). Nesse contexto, o aproveitamento do potencial solar está entre as diversas alternativas para a geração da energia (REN21, 2015; Silva et al.; 2019).

A região do Pampa Gaúcho é privilegiada quanto à radiação solar, especialmente no verão. Inclusive, nas demais estações do ano, segue existindo luz solar suficiente para produzir muita energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos. Dados revelam que, anualmente, a irradiação média varia entre 1200 e 2400 KWh/m<sup>2</sup>/ano. Comparando-se com a Alemanha, por exemplo, nota-se uma diferença, já que nesse país a variabilidade é de aproximadamente 900 a 1250 KWh/m<sup>2</sup>/ano (Oliveira et al., 2019). Tais informações corroboram com Goldemberg e Lucon (2007), que afirmam que o Brasil apresenta condições bastante favoráveis sobre a utilização de energias renováveis quando comparado ao resto do mundo. Conforme o Relatório da Agência Internacional de Energia (2003), 41,3% de toda energia brasileira consumida no ano de 2003 procedia de fontes renováveis contra 14,4% da média mundial.

Em relação à agricultura, diversos autores propuseram combinar a produção de energia a partir da energia solar (Goetzberger; Zastrow, 1982), e estudos recentes têm demonstrado interesse na implementação da energia solar no setor agrícola (Borges-Neto et al., 2010; Perez-Alonso et al., 2012; Brudermann et al., 2013; Marrou et al., 2013a, Marrou et al., 2013b; Dinesh; Pearce, 2016). No entanto, esse interesse cresce lentamente, devido a barreiras econômicas, além do ceticismo generalizado em relação às novas tecnologias (Reuss et al., 1990; Jager, 2006. Estudos conduzidos na Europa (Goetzberger; Zastrow, 1982) relatam que suas principais barreiras residem na política e na legislação (Rojas; Tubio, 2015). No que tange ao potencial econômico, diversos estudos foram realizados com o objetivo de demonstrar a

viabilidade energética e financeira do uso de sistemas fotovoltaicos, como os de Borges, Gomes e Sanches (2019).

Enfocando-se na parte operacional, o sistema fotovoltaico se divide em duas formas de geração e consumo: "on-grid" e "off-grid". No primeiro método, a energia gerada que não foi consumida, passa por um wattímetro bidirecional que lança o excedente nas linhas de transmissão ocasionando equivalente a uma diminuição de energia. No segundo método, "off-grid", a energia é armazenada em baterias de corrente contínua, convertida em corrente alternada e então podendo ser consumida. Já no sistema "on-grid" não há necessidade de uso de baterias, já que "[...] toda a potência gerada pelo sistema fotovoltaico é consumida pelas cargas ou são injetadas diretamente na rede elétrica" (Bortoloto et al., p. 3, 2017). O sistema "off-grid" para a geração de energia é conhecido por não se conectar à rede elétrica. Este sistema é muito usado em meios rurais, fazendas e regiões sem acesso à rede elétrica.

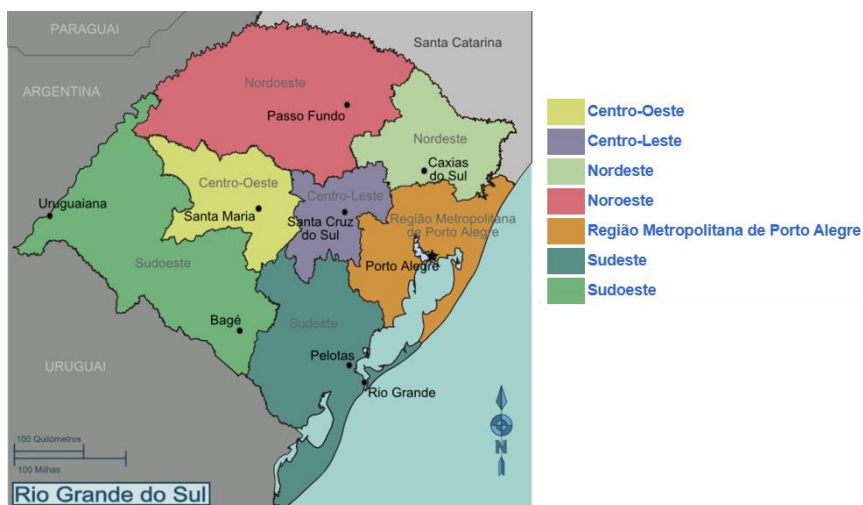
O Rio Grande do Sul é o terceiro Estado com maior número de unidades de produção fotovoltaicas conectadas à rede elétrica, ficando atrás apenas de Minas Gerais e São Paulo (IPEA, 2018). Tendo em vista o potencial que o uso dessa forma de energia pode apresentar sobre o Desenvolvimento Rural, com especial foco nos pequenos estabelecimentos agrícolas familiares da Campanha Gaúcha meridional e com o intuito de compreender as limitações e potenciais para o desenvolvimento dessa categoria social no meio rural, objetivou-se investigar a difusão e os mecanismos de acesso à Energia Fotovoltaica pela Agricultura Familiar da Região Campanha Gaúcha Meridional.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O Universo do estudo é constituído por agricultores - envolvendo a categoria de produção familiar, locados na Região Fisiográfica da Campanha Gaúcha Meridional.

Sob condições de clima temperado, nessa região, predominam os Ecossistemas Campestres do Bioma Pampa (Overbeck et al., 2023), com temperatura média de 18°C e com fisiografia constituída basicamente de relevo plano - suave ondulado. A Figura 01 ilustra a região da Campanha, exibida no mapa como macrorregião sudoeste do estado do Rio Grande do Sul.

Figura 01 – Mapa das macrorregiões do estado do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, de Raphael Lorenzeto de Abreu, versão em português.



Fonte: Mapa do Rio Grande do Sul, Brasil. Publicado em 10 de fevereiro de 2011. Fonte: Trabalho próprio com base no mapa das macrorregiões do Rio Grande do Sul por Raphael Lorenzeto de Abreu, publicado por Wikivoyage.

Os dados referentes à realidade do estudo foram fornecidos pela Empresa "Portal do Sol" – empresa vinculada ao Banco ODV, uma instituição financeira pioneira em financiamento e estímulo a projetos solares fotovoltaicos voltados ao meio rural gaúcho. A "Portal do Sol" já realizou mais de treze mil atendimentos no país, envolvendo estabelecimentos rurais, comerciais e residenciais e possui mais de três mil projetos fotovoltaicos realizados no Estado gaúcho, com aproximadamente 82,8 MWP de capacidade já instalada.

As informações apresentadas referem-se à distribuição da energia fotovoltaica em estabelecimentos agrícolas de pequeno e grande porte na região da Campanha Gaúcha meridional (para fins de comparação), onde avaliou-se o sistema de geração e distribuição de energia (sistema "on-grid" e o sistema "off-grid"). Avaliou-se no total 270 propriedades rurais. As questões que nortearam este estudo foram a percepção dos entrevistados acerca dos aspectos que influenciam a adoção de projetos fotovoltaicos no meio rural, apresentadas na forma de uma amostra de palavras coletadas através de questionário aplicado pela Empresa ao público-alvo. De forma paralela, também foram coletados os números (totais e familiares) de unidades de produção agropecuária nos municípios avaliados (IBGE, 2018; SEBRAE, 2020), utilizados para fins de correlação com os dados cedidos pela empresa.

Os dados foram tabulados, sistematizados e posteriormente analisados a partir dos seguintes procedimentos: i) parâmetros estatísticos descritivos (média e desvio padrão); ii) perfil de distribuição dos sistemas fotovoltaicos por mesorregião/município/categoria produtiva (frequência); iii) análise multivariada exploratória por Componentes Principais (ACP), ferramenta importante para análise exploratória de dados (Josse et al., 2009), considerando-se uma matriz de correlação como medida de semelhança para a estruturação do padrão de dispersão dos dados e; iv) análise de frequência, utilizando um software aplicativo para a construção da "nuvem de palavras" (Vilela et al., 2020), aplicada à percepção dos aspectos que influenciam a adoção de projetos fotovoltaicos no meio rural da região.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao número total de unidades agropecuárias com Energia Solar Fotovoltaica nos municípios analisados; estratificação da Energia Solar entre as Unidades fotovoltaicas (AF) e outras unidades de produção; número de unidades fotovoltaicas "on-grid" (conectado à rede da concessionária) e "off-grid" (sistema não conectado à rede, com uso de baterias para armazenamento de energia); e informações dos municípios são apresentados na Tabela 1.

Tabela 01 - Informações sobre Unidades fotovoltaicas em estabelecimentos rurais familiares e totais, número de estabelecimentos rurais e propriedades familiares, quantidade de sistemas "on-grid" e "off-grid" instalados em estabelecimentos rurais e propriedades familiares e IDH dos municípios da Campanha Gaúcha Meridional analisados.

Município	Unidades fotovoltaicas (T)	estratificação da Energia Solar entre a AF (AF)	OG - Total	IG - Total	OG - AF	IG - AF	UP AF	Estabelecimentos rurais	AF com EF (%)	IDH M
Bagé	78	6	54	24	6	0	766	1127	0,8	0,740
Dom Pedrito	37	4	23	14	3	1	471	1121	0,8	0,708
Sant`Ana do Livramento	41	11	30	11	9	2	168 9	2965	0,7	0,727
Candiota	19	3	11	8	3	0	298	560	1,0	0,698
Rosário do Sul	24	6	13	11	5	1	983	1632	0,6	0,769
Lavras do Sul	17	3	11	6	3	0	498	865	0,6	0,699
Caçapava do Sul	21	8	14	7	7	1	147	2653	0,5	0,768
Aceguá	33	13	25	8	11	2	501	806	2,6	0,687
<b>Total</b>	<b>270</b>	<b>54</b>	<b>181</b>	<b>89</b>	<b>47</b>	<b>7</b>	<b>668</b> <b>5</b>	<b>11729</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Média</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>23</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>836</b>	<b>1466</b>	<b>1,0</b>	<b>0,725</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>509</b>	<b>889</b>	<b>0,7</b>	<b>0,032</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2024). \*Obs: Unidades fotovoltaicas (T) = número de estabelecimentos agropecuários totais, nos municípios analisados, com energia solar fotovoltaica; Unidades fotovoltaicas (AF) = número de propriedades familiares (até 4 módulos rurais), nos municípios analisados, com energia solar fotovoltaica; OG - Total = número de estabelecimentos agropecuários totais com energia solar fotovoltaica no sistema "off-grid" (sem conexão com a rede elétrica das concessionárias e com uso de baterias para o armazenamento de energia); IG - Total = número de estabelecimentos agropecuários totais com energia solar fotovoltaica no sistema "on-grid" (com conexão à rede elétrica das concessionárias e sem uso de baterias para o armazenamento de energia); OG - AF = número de propriedades familiares (até 4 módulos fiscais) com energia solar fotovoltaica no sistema "off-grid" (sem conexão com a rede elétrica das concessionárias e com uso de baterias para o armazenamento de energia); IG - AF = número de propriedades familiares (até 4 módulos fiscais) com energia solar fotovoltaica no sistema "on-grid" (com conexão com a rede elétrica das concessionárias e sem uso de baterias para o armazenamento de energia); UPAF = número de propriedades agrícolas familiares nos municípios do estudo, com base nos dados do SEBRAE (2020) e IBGE (2018); Estabelecimentos rurais = número total de estabelecimentos agropecuários, com base nos dados do SEBRAE (2020) e IBGE (2018); AF com EF (%) = percentual de propriedades agrícolas familiares com energia solar fotovoltaica; IDHM = índice de desenvolvimento humano municipal; Total = soma dos municípios; Média = média aritmética dos dados e; Desvio padrão = desvio padrão (±) das variáveis utilizadas.

Com base nos dados apresentados na Tabela 01, observa-se que dos 11.729 estabelecimentos rurais nos municípios analisados, apenas 270 possuem energia solar fotovoltaica instalada, dos quais 181 são sistemas 'off-grid' (com bateria) e 89 são 'on-grid' (conectados à rede). Além disso, apenas uma pequena fração das propriedades rurais da região possui acesso a esse tipo de fonte de energia (cerca de 2,3%). Já na agricultura familiar, que ocupa em média 57% dos estabelecimentos rurais na região do estudo, a proporção é

ainda menor: das 668 propriedades agrícolas familiares, apenas 54 utilizam essa forma de energia (aproximadamente 0,8% do total). Também se evidencia que, dessas 54 propriedades, 47 utilizam o sistema 'off-grid' e 7 o sistema 'on-grid'. Assim, o sistema 'off-grid' é o mais difundido entre os estabelecimentos rurais da região (Tabela 1).

O procedimento do sistema "on-grid" funciona em função de sua conexão à rede de transmissão. Esse sistema permite que a energia produzida em excesso, que não for consumida pela residência, seja injetada na rede elétrica e convertida em créditos de energia para a mesma residência. Por outro lado, o sistema "off-grid" é autônomo (Cordeiro; Couceiro, 2024) e necessita de baterias para armazenar a energia que é gerada pelas placas fotovoltaicas. Entretanto, esse sistema demanda um investimento maior para produzir a mesma quantidade de kWh consumida por uma residência, comparado à energia fornecida pelas concessionárias tradicionais.

No sistema "on-grid", o consumidor produz a sua própria energia e gera crédito na concessionária local, o que permite uma redução média de 95% na conta de energia. Por outro lado, o sistema "off-grid" é usado em locais remotos, onde não há rede de distribuição de energia elétrica, ou como alternativa às emissões de poluentes geradas pela combustão (Boso; Gabriel; Filho, 2015).

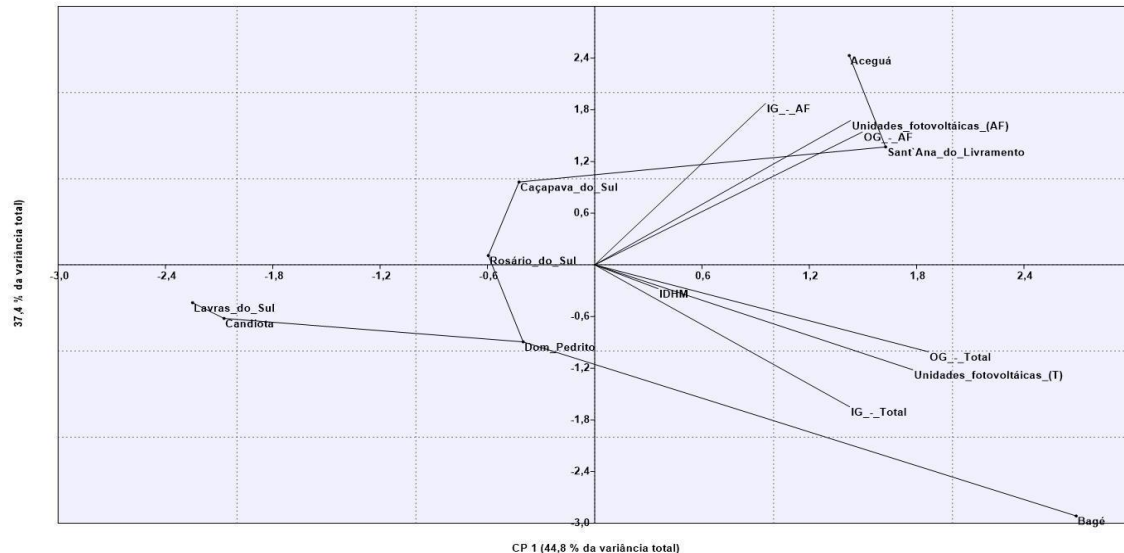
É fundamental utilizar determinados componentes em conjunto para que um sistema fotovoltaico seja capaz de proporcionar autonomia energética aos consumidores, garantindo o armazenamento e a distribuição da energia elétrica gerada. Nesse sentido, as placas solares, controladores de carga, baterias e inversores - que provocam a transformação da corrente contínua em alternada - são os componentes que formam o ciclo de geração de energia em um sistema isolado. O armazenamento de energia é de extrema importância no aproveitamento de energia solar nos sistemas isolados. Uma vez que a geração e o consumo de energia não estão sempre alinhados, é necessário armazená-la, especialmente em situações em que não há sol, pois a autonomia do sistema não pode ser comprometida por essas circunstâncias (Ribeiro, 2020).

Conforme Bortoloto *et al.* (2017), este sistema é usufruído em áreas rurais, fazendas e regiões que não tem acesso à rede elétrica. O sistema "off-grid" já alcança as residências e está recebendo espaço em cidades grandes, como em casas de condomínios que almejam manter um consumo específico (Villalva, 2012). Utilizados para propósitos específicos e locais, como o bombeamento de água, eletrificação de cercas e postes de luz, os sistemas de baixo porte têm capacidade energética que varia entre 1,5 kW.p<sup>-1</sup> e 20 kW.p<sup>-1</sup> e os sistemas de grande porte, de 20 kW.p<sup>-1</sup> a 1 MW.p<sup>-1</sup>. Demandas de cargas que tenham muita potência, como é o caso de motores, bomba d'água e máquinas agrícolas, exigem um sistema "off-grid" também muito potente. Um diferencial é que esse modelo de sistema possui uma potência alta e costuma ter um preço bem elevado do ponto de vista financeiro.

Após a aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP) nos dados obtidos, pôde-se verificar padrões nítidos entre variáveis (Total de Unidades fotovoltaicas agropecuárias; Unidades fotovoltaicas na agricultura familiar; número de sistemas "off-grid" e "on-grid" total e no contexto da Agricultura Familiar e o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM - que foi utilizado para fins de correlação) e unidades amostrais (municípios da região analisados). O diagrama (gráfico de dispersão das amostras e variáveis) por componentes principais, apresentado na Figura 02, descreveu mais de 83% da variância total dos dados, sendo 44,8% retida no eixo "x" (Componente Principal 1) e 37,4% retida no eixo "y" (ambos os eixos significativos, com

$p < 0,05$ , ao teste de "reamostragem bootstrap", realizado com dez mil interações com reposição).

Figura 02 - Diagrama de ordenação por Componentes Principais envolvendo variáveis relacionadas à Energia Solar Fotovoltaica em estabelecimentos rurais e propriedades agrícolas familiares nos municípios da Região da Campanha Gaúcha Meridional.



(Unidades fotovoltaicas (T) = número de estabelecimentos agropecuários totais, nos municípios analisados, com energia solar fotovoltaica; Unidades fotovoltaicas (AF) = número de propriedades familiares (até 4 módulos rurais), nos municípios analisados, com energia solar fotovoltaica; OG - Total = número de estabelecimentos agropecuários totais com energia solar fotovoltaica no sistema "off-grid" (sem conexão com a rede elétrica das concessionárias e com uso de baterias para o armazenamento de energia); IG - Total = número de estabelecimentos agropecuários totais com energia solar fotovoltaica no sistema "on-grid" (com conexão à rede elétrica das concessionárias e sem uso de baterias para o armazenamento de energia); OG - AF = número de propriedades familiares (até 4 módulos fiscais) com energia solar fotovoltaica no sistema "off-grid" (sem conexão com a rede elétrica das concessionárias e com uso de baterias para o armazenamento de energia); IG - AF = número de propriedades familiares (até 4 módulos fiscais) com energia solar fotovoltaica no sistema "on-grid" (com conexão com a rede elétrica das concessionárias e sem uso de baterias para o armazenamento de energia e; IDHM = índice de desenvolvimento humano municipal).

Em relação às unidades amostrais (municípios da região) observou-se que há um nítido gradiente, estando os municípios de Candiota e Lavras do Sul com menor capacidade de adoção dessa tecnologia em Estabelecimentos Rurais (total e familiares), seguido por Dom Pedrito, Rosário do Sul e Caçapava do Sul (capacidade intermediária de adoção) e, por último, Aceguá, Bagé e Sant'Ana do Livramento (maior adoção dessa matriz energética). Ou seja, na região da Campanha Gaúcha Meridional há uma diferenciação no que tange à consolidação da Energia Solar Fotovoltaica no meio rural e, sobretudo, no contexto da Agricultura Familiar. A ACP revelou que há um certo nível de correlação com o IDH dos municípios, o que sugere que atributos/parâmetros econômicos e de desenvolvimento podem ser limitantes no processo de implementação da Energia Solar Fotovoltaica no desenvolvimento rural da Campanha Gaúcha Meridional. O IDH foi concebido com o claro propósito de caracterizar o nível de desenvolvimento de forma mais abrangente do que o indicador que considera simplesmente a renda, expressa pelo Produto Interno Bruto (PIB) per capita (Norberto et al., 2021). Os resultados acerca do índice IDHm exibidos na Tabela 1 nos permite evidenciar que o principal entrave da população em investir em energia solar está relacionada principalmente ao



fator econômico, que dificulta diretamente a adoção dessa tecnologia sustentável, apesar de seus benefícios a longo prazo.

Na realidade do campo, quando se trata do contexto da agricultura familiar, a energia solar se apresenta como uma maneira suficiente para diminuir os problemas que estão ligados à questão agrária (Nunes, 2007). Em outra expressão, a produção fotovoltaica caracteriza resposta para as crises de geração e gestão de energia elétrica no meio rural, visto que, a energia solar é livre e pode ser instalada por qualquer particular com o intuito de utilizar para promover o desenvolvimento no campo, apesar da existência das redes das concessionárias da energia e de licenciamento ambiental (Jordão et al.; 2020).

Para que a tríade de indicadores da sustentabilidade (social, ambiental e econômico) se torne uma realidade no meio rural, os agricultores necessitam obter conhecimento destsobre essas práticas, uma que as atividades desenvolvidas no campo influenciam diretamente o meio ambiente. Os sistemas de energia solar fotovoltaica é uma das tecnologias renováveis que tem ganhado apoio para uso no país, especialmente na agricultura (Santos; Cândido, 2013).

Introduzir a utilização de energias sustentáveis na zona rural tornou-se uma forma reduzir gastos e, ao mesmo tempo, ser menos prejudicial ao meio ambiente. O fornecimento de energia renovável por meio de placas solares em zonas rurais, que são distantes e remotas, está aumentando cada vez mais, resultando em uma solução eficiente para vários agricultores. Para aumentar a acessibilidade dos consumidores ao sistema de energia solar, os agricultores rurais podem se beneficiar da redução no custo dos sistemas fotovoltaicos. Ou seja, o custo desta tecnologia está em contínua queda para atender a demanda das necessidades do pequeno agricultor.

Esse resultado é suportado pela análise de frequência de palavras (nuvem de palavras - análise textual de discurso), apresentada na Figura 03. Observa-se que condições como o "preço" e "custo" da implementação da Energia Solar Fotovoltaica aparecem como palavras frequentemente utilizadas para explicar as dificuldades, por parte da população rural entrevistada, para a implementação dessa forma de matriz de produção energética. Essas questões, relacionadas ao custo de implementação da tecnologia, são seguidas por palavras que descrevem percepções do público sobre as condições climáticas ("nublado, chuva, chuvoso, estações do ano", entre outras) (dados cedidos pela Empresa: Caminhos Solares - Banco DJW).

Figura 03 - Análise de frequência por estruturação de nuvem de palavras, envolvendo os principais termos usados para representar a percepção dos entrevistados sobre as limitações impostas à adoção da Energia Solar Fotovoltaica.



Mesmo que tais fatores ainda dificultem a larga implementação das placas fotovoltaicas, é salutar destacar que, segundo Luiz e Silva (2017), este é um mercado próspero, que tem crescido constantemente, essencialmente nos países desenvolvidos. Segundo Silva (2019, p. 2) e Lana e seus colaboradores (2015), existem dois principais fatores que elevam a busca pela diversificação da matriz energética no Brasil, sendo o primeiro [...] devido às recentes crises de abastecimento das hidrelétricas por causa da diminuição das chuvas, principalmente no Estado de São Paulo, o que levou a redução da energia gerada por esse sistema. Este fato ocasionou a necessidade da utilização de termelétricas, aumentando dessa forma, significativamente, o preço da energia.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através da realização deste estudo, pôde-se investigar a difusão e os sistemas de acesso à Energia Fotovoltaica pela Agricultura Familiar da Região Campanha Gaúcha Meridional. Os resultados apontaram um importante avanço na utilização de sistemas fotovoltaicos, principalmente quando se trata da agricultura familiar, embora esse avanço ainda não alcance os níveis desejados, já que se constatou que um número muito pequeno do total de propriedades pesquisadas possui um sistema de energia fotovoltaica. Contudo, a existência de propriedades com interesse neste tipo de energia é um ponto importante a ser ressaltado, pois, embora o investimento inicial seja consideravelmente alto, os benefícios para as propriedades são substanciais.

A energia proveniente dos sistemas fotovoltaicos em suma está relacionada aos sistemas "off-grid", que são independentes e não conectados à rede de energia elétrica convencional. Este sistema, dentro das unidades familiares, têm diferentes finalidades, principalmente para o funcionamento de bombas de água de poços artesianos ou açudes.

O sistema "off-grid", mesmo sendo o que possui maior difusão na área urbana e tenha ganhado força na zona rural, apresenta benefícios e também limitações, principalmente ao que se refere ao montante de valor monetário investido para sua instalação. Esse sistema possui potência de energia elétrica elevada, o que exige um maior grau de aparatos, resultando em um custo agregado mais alto. Contudo, para as atividades rurais que exigem um montante de energia mais elevado, ele ainda é o sistema que mais se adapta a este tipo de demanda.

Através da análise dos dados captados durante este estudo, observou-se algumas limitações acerca da utilização da energia fotovoltaica que vão além do valor de investimento consideravelmente alto. O IDH sintetiza três índices: o de educação, o de saúde e o de renda (Salazar et al., 2014). Nesse sentido, pode-se observar que a adesão aos sistemas de energia fotovoltaica ainda é incipiente e sem um padrão ou protocolo nos municípios estudados, característica que pode ser explicada pelo grau de desenvolvimento de cada município estudado, pois através observou-se uma relação entre o nível do IDH com a implantação de sistemas fotovoltaicos nos municípios estudados.

Este fato revela que os parâmetros econômicos e de desenvolvimento podem ser limitantes no processo de implementação da Energia Solar Fotovoltaica no desenvolvimento rural da Campanha Gaúcha Meridional. Essa questão é uma sugestão para estudos futuros, uma vez que representa um dado essencial para o planejamento de intervenções que promovam o uso da energia fotovoltaica em propriedades rurais e na zona urbana. Este cenário destaca a utilidade da energia solar, evidenciando-a como uma opção viável, com

potencial para oferecer uma fonte energética inesgotável e limpa, que pode ser gerada em localidades próprias.

Embora ainda requeira incentivos econômicos para se popularizar, o sistema fotovoltaico já é amplamente utilizado. Mesmo assim, constata-se que essa energia estaria muito mais difundida se houvesse um suporte que permitisse que uma maior parte da população tivesse acesso a ela. Diante de todo o exposto ao longo dessa pesquisa, é relevante destacar que se pode investigar diversas características da energia solar fotovoltaica na região Campanha Gaúcha Meridional, contribuindo para que novos estudos possam fomentar ainda mais os sistemas de energia solar renovável. Dessa forma, fica evidente que os benefícios se estendem não apenas aos beneficiários do sistema, mas também à sociedade em geral, pois, ainda que em pequena escala, contribui para reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis e, adicionalmente, contribui com a sustentabilidade do planeta.

#### REFERÊNCIAS

- BORGES-NETO, M. R.; CARVALHO, P. C. M.; CARIOCA, J. O. B.; CANAFÍSTULA, F. J. F. Biogas/photovoltaic hybrid power system for decentralized energy supply of rural areas. **Energy Policy**, v.38, n8, p.4497-4506, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.004>
- BORGES, G. D.; GOMES, V. S.; SANCHES, M. E. Viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica: estudo de caso em uma empresa de pequeno porte. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, v.5, n.2, p.79-92, 2019.
- BORTOLOTO, V. A.; SOUZA, A. J.; GOIS, G., MARTINS, M. A.; BERGHE, M. J.; MONTANHA, G. K. Geração de energia solar on-grid e off-grid. **6ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu**, 2017.
- BOSO, A. C. M. R.; GABRIEL, C. P. C.; FILHO, L. R. A. G. Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos *on-grid* e *off-grid* no Brasil. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 12, p. 57- 66, 2015.
- BRUDERMANN, T.; REINSBERGER, K.; ORTHOFER, A.; KISLINGER, M.; POSCH, A. Photovoltaics in agriculture: A case study on decision making of farmers. **Energy Policy**, v. 61, p.96-103, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.081>
- BUCKERIDGE, M.S.; AIDAR, M.P.M.; SILVA, E.A.; MARTINEZ, C.A. Respostas de Plantas às Mudanças Climáticas Globais. In: Buckeridge, M.S. (Org.). **Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil**. 1.ed. São Carlos: Rima Editora, v. 1, p.77-91, 2008.
- CAMPOS, M. S.; ALCANTARA, L. D. S. Interpretação dos Efeitos de Tempo Nublado e Chuvoso Sobre a Radiação Solar em Belém/PA Para Uso em Sistemas Fotovoltaicos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 570-579, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786312314b20150065>
- CHO, J.; PARK, S. M.; PARK, A. R.; LEE, O. C.; NAM, G.; RA, I. H. Application of Photovoltaic Systems for Agriculture: A Study on the Relationship between Power Generation and Farming for the Improvement of

Photovoltaic Applications in Agriculture. **Energies**, v.13, p.1-18, 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/en13184815>

COSSU, M.; MURGIA, L.; LEDDA, L.; DELIGIOS, P. A.; SIRIGU, A.; CHESSA, F.; PAZZONA, A. A. Solar radiation distribution inside a greenhouse with south-oriented photovoltaic roofs and effects on crop productivity. *Appl. Energy*, v.133, p.89-100, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.070>

CORDEIRO, N. D., & COUCEIRO, M. A. Sistema fotovoltaico no brasil e em roraima e as diferenças entre os sistemas *on grid* e *off grid*. **Revista de Administração de Roraima-RARR**, v.15, n.1, 2024.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Solar Photovoltaics for Sustainable Agriculture and Rural Development**. Rome, 91p, 2000.

GREEN, M. A. Commercial progress and challenges for photovoltaics. *Nature Energy*, v.1, n.1, p.1-4, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2015.15>

GOETZBERGER, A.; Zastrow, A. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. **Int. J. Sol. Energy**, v.1, p.55-69, 1982.

DINESH, H.; PEARCE, J.M. The potential of agrivoltaic systems. **Renew. Sustain. Energy Revista**, v. 54, p. 299-308, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>.

GÓES, B. C; PIAZENTIN; J.; GABRIEL FILHO, L. R.; PUTTI; F.; GABRIEL, C. **Produção de biocombustíveis e segurança alimentar**. Enciclopédia Biosfera, v.15, n.28, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa e informações de biomas, vegetação e unidades agrícolas**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2018.

Indicação de Procedência Campanha Gaúcha. **Sommelierschool**. Disponível em: <https://www.sommelierschool.com.br/indicacao-de-procedencia-campanha-gaucha/>. Acesso em 25 de agos. de 2021.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. Brasil - Rio de Janeiro, IPEA, 41p, 2018.

JAGER, W. Stimulating the diffusion of photovoltaic systems: A behavioural perspective. **Energy Policy**, v.34, p.1935-1943, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.12.022>

JORDÃO, L. R.; SILVA, T. H. C.; DAS CHAGAS, G. G.; BARREIRA, S. **Energia solar como fator de desenvolvimento rural e a produção de leite em Goiás**, 2020.

JOSSE, J.; HUSSON, F.; PAGÉS, J. Gestion des données manquantes en Analyse en Composantes Principales. **Journal de la Société Française de Statistique**, v. 150, n. 2, pp. 28-51, 2009. Acesso em : 02 de setembro de 2024.

Disponível em : [http://www.numdam.org/item/JSFS\\_2009\\_\\_150\\_2\\_28\\_0/](http://www.numdam.org/item/JSFS_2009__150_2_28_0/)

KADOWAKI, M.; YANO, A.; ISHIZU, F.; TANAKA, T.; NODA, S. Effects on greenhouse photovoltaic array shading on Welsh onion growth. **Biosyst. Eng.**, v.111, p.290-297, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.12.006>

KUO, Y. C.; CHIANG, C. M.; CHOU, P. C.; CHEN, H. J., LEE, C. Y.; CHAN, C. C. Applications of building integrated photovoltaic modules in a greenhouse Northern Taiwan. **J. Biobased Mater. Bioenergy**, v.6, p.721-727, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1166/jbmb.2012.1297>

LANA, L. T. C., ALMEIDA, E., DIAS, F. C. L. S., ROSA, A. C., DO ESPÍRITO SANTO, O. C., SACRAMENTO, T. C. B., & BRAZ, K. T. M. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. *Engenharias On-line*, 1(2), 21-33, 2015.

MARQUES, K.; PEREIRA, T.P.; ASSIS, S.V. Análise do comportamento mensal do Índice de Limpidez. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, edição XI. Anais..., Rio de Janeiro, 2000.

MARROU, H.; GUILIONI, L.; DUFOUR, L.; DUPRAZ, C.; WERY, J. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? **Agric. Forest Meteorol**, v.177, p.117-132, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.04.012>

MARROU, H.; WÉRY, J.; DUFOUR, L.; DUPRAZ, C. Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. **Eur. J. Agron**, v.44, p.54-66, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>

MASUTTI, M. C.; TABARELLI, G.; DOS SANTOS, Í. P. Potencial de implantação de um sistema fotovoltaico gerador de energia em coberturas de estacionamentos. **Revista de Arquitetura IMED**, v.4, n.2, p.15-23, 2016.

MEKHILEF, S.; FARAMARZI, S. Z.; SAIDUR, R.; SALAM, Z. The application of solar technologies for sustainable development of agricultural sector. *Renew. Sustain. Energy Rev*, v.18, p.583-594, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.049>

NETO, L. G.; MASSA, A.; FLORIAN, F. **Estudo do Sistema Fotovoltaico on-grid e off-grid on-grid and off-grid photovoltaic system study**, 2019. Disponível em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/leonardo\\_gomes\\_neto\\_-\\_estudo\\_do\\_sistema\\_fotovoltaico\\_on-grid\\_e\\_off-grid\\_0.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/leonardo_gomes_neto_-_estudo_do_sistema_fotovoltaico_on-grid_e_off-grid_0.pdf) Acesso em 3 de out. de 2021.

OLIVEIRA, A. M.; DOS SANTOS, D. C. S.; PACHECO, M. T. T.; MÁRIO, M. C. Uma Avaliação das Projeções da ANEEL para Avanço da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil em Área Rural. **Anais do Encontro Nacional de Pós-Graduação - VIII ENPG**, v .3, 2019.

OVERBECK, G. E.; DA SILVA, R. D.; THOMAS, P. A.; PORTO, A. B.; ROLIM, R. G.; MÜLLER, S. C. A restauração ecológica dos campos do bioma Pampa: Avanços e desafios na Década da Restauração de Ecossistemas. **Bio Diverso**, v.3, n.1, p.115-139, 2023.

NORBERTO, A. S, et al. Estudo da relação entre a geração de resíduos sólidos urbanos e o Produto Interno Bruto (PIB) per-capito no Brasil. **Research, Society and Development**, v.10, n.1, 2021.

PÉREZ-ALONSO, J. Performance analysis and neural modelling of a greenhouse integrated photovoltaic system. *Renew. Sustain. Energy Rev.* v.16, p.4675-4685, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.002>

RADULOVIC, V. Are new institutional economics enough? Promoting photovoltaics in India's agricultural sector. **Energy Policy**, v.33, p.1883-1889, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.03.004>

REN21. Renewables 2015 **Global Status Report**; REN21 Secretariat: Paris, France, 2015.

REUSS, M.; SCHUERZINGER, H.; SCHULZ, H. Practical application of photovoltaics in agriculture and horticulture. In: Clean and Safe Energy Forever; Horigome, T., Kimura, K., Takakura, T., Nishino, I., Fujii, I., Eds.; Elsevier Ltd.: Amsterdam, **The Netherlands**, v.1, p. 277-281, 1990.

RIBEIRO, G. F. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico off-grid em um motorhome**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Brasília, 2020.

ROJAS, A.; TUBÍO, B. La retribución de las energías renovables: Retos e incertidumbres. **Cuadernos de Información Económica**, n.245, p.73-83,2013.

SALAZAR, R. E. M.; GARCÍA, J. M. J. P. El Índice de Desarrollo Humano como indicador social. *Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, v.44, n.4, 2014.

SANTOS, J. G.; CÂNDIDO, A. Sustentabilidade e agricultura familiar: um estudo de caso em uma Associação de agricultores rurais. **Revista de Gestão Social e Ambiental-RGSA**, v. 7, n. 1, p.70-86, 2013.

SEBRAE-RS - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul. **Perfil das Cidades Gaúchas**, 2020. 478p.

SEBRAE. **Energia Solar para o Produtor Rural**. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RN/Anexos/gestao-e-comercializacao-energia-solar-para-o-produtor-rural.pdf>. Acesso em 25 de set. 2021.

SHAMSHIRI, R.; WELTZIEN, C.; HAMEED, I. A.; J YULE, I.; E GRIFT, T.; BALASUNDRAM, S. K.; CHOWDHARY, G. Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. **Int. J. Agric. Biol. Eng.**, v.11, p.1-14, 2018.

SILVA, G. F. et al. Energias alternativas: tecnologias sustentáveis para o nordeste brasileiro. **Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual**, 2019.

SILVA, L. S. et al. Avaliação de Custo Benefício da Utilização de Energia Fotovoltaica. **Revista Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 9, 2019.

SILVA, R. M. **Entenda os benefícios da energia solar na agricultura (2018)**. Disponível em:  
<https://biofort.com.br/entenda-os-beneficios-da-energia-solar-na-agricultura/>. Acesso em 28 de ago. de 2021.

TAYRA, F. T.; DOS REIS, J. A. Impactos dos subsídios aos combustíveis fósseis: impostos sobre carbono e desdobramentos no Brasil. **Revista Contexto Geográfico**, v.5, n.10, p.116-132, 2020.

UREÑA-SÁNCHEZ, R.; CALLEJÓN-FERRE, Á. J.; PÉREZ-ALONSO, J.; CARREÑO-ORTEGA, Á. Greenhouse tomato production with electricity generation by roof-mounted flexible solar panels. **Sci. Agric.**, v.69, p.233-239, 2013. DOI:  
<https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000400001>

USITALO, L.; LEHIKONEN, A.; HELLE, I.; MYRBERG, K. An overview of methods to evaluate uncertainty of deterministic models in decision support. **Environ. Model. Softw**, v.63, p.24-31, 2015.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.09.017>

VILLALVA, M. G. **Energia solar fotovoltaica, conceitos e aplicações, sistemas isolados e conectados à rede**. 2 ed. São Paulo: Erica, 2012.

VILELA, R. B.; RIBEIRO, A.; BATISTA, N. A. Nuvem de palavras como ferramenta de análise de conteúdo. **Millenium**, v.11, p.29-36, 2020.

YANO, A.; KADOWAKI, M.; FURUE, A.; TAMAKI, N.; TANAKA, T.; HIRAKI, E.; NODA, S. Shading and electrical features of a photovoltaic array mounted inside the roof of an east west oriented greenhouse. **Biosyst. Eng.** v.106, p.367-377, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.04.007>.

WIKIVOYAGE. Disponível em:  
[https://pt.wikivoyage.org/wiki/Rio\\_Grande\\_do\\_Sul](https://pt.wikivoyage.org/wiki/Rio_Grande_do_Sul). Acesso em: 06 de setembro de 2024.