

Conhecimentos e Habilidades

Para o Uso De Energia Solar

Na Agricultura Familiar



Dezembro, 2023.



ELABORAÇÃO:

Kathlen Schneider – IESS/IDEAL/FV-UFSC

Laís Cassanta Vidotto – IESS/IDEAL/FV-UFSC

REVISÃO:

Lucas Nascimento – IESS/IDEAL/FV-UFSC

Ricardo Rütter – IESS/IDEAL/FV-UFSC

COORDENAÇÃO:

Martin Studte – GIZ

Roberta Knopki – GIZ

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO.....	4
2.	CONTEXTO.....	5
2.1.	Energias Renováveis no Brasil.....	5
2.2.	Energias renováveis na agricultura familiar.....	7
3.	USOS DA ENERGIA SOLAR NA AGRICULTURA FAMILIAR.....	8
3.1.	Bombeamento de água associado à irrigação.....	9
3.2.	Sistemas Agrivoltaicos.....	13
4.	CASOS DE SUCESSO.....	21
4.1.	CCampo.....	21
4.2.	Projeto Ecolume.....	22
4.3.	Projeto Comunidade Pankará.....	24
4.4.	Sistema de irrigação para agricultura familiar em Boa Vista.....	26
4.5.	Sistema de bombeamento com irrigação e FV híbrido de grande porte em goiás.....	27
4.6.	Estudos de caso internacionais – Sistemas Agrivoltaicos.....	28
5.	ENERGIA SOLAR NO CAMPO: PERFIS PROFISSIONAIS REQUISITADOS.....	33
5.1.	Conhecimentos e habilidades necessárias.....	33
5.2.	Perfis profissionais requisitados.....	35
5.3.	Novos profissionais requisitados.....	39
6.	ENERGIA SOLAR NO CAMPO: REGIÕES COM MAIORES DEMANDAS.....	40
6.1.	Agricultura familiar por regiões.....	40
6.2.	energia solar por regiões.....	43
7.	ENERGIA SOLAR NO CAMPO: LINHAS DE FINANCIAMENTO.....	46
7.1.	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf).....	47
7.2.	Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp).....	50
7.3.	Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária (Inovagro).....	50
7.4.	Programa de Financiamento à Agricultura Irrigada e ao Cultivo Protegido (Proirriga).....	51
7.5.	Programa de Desenvolvimento Cooperativo para Agregação de Valor à Produção Agropecuária (Prodecoop).....	52
7.6.	Fundo Constitucional de Financiamento (FNE, FNO e FCO).....	53
7.7.	BNDES Finame Baixo Carbono.....	57
8.	CONCLUSÕES.....	59
	REFERENCIAS.....	62

1. APRESENTAÇÃO

O presente estudo faz parte do projeto Profissionais do Futuro: Competências para a Economia Verde, desenvolvido pela GIZ com o Ministério da Educação. A temática do estudo envolve os conhecimentos e habilidades necessários para o uso de energia solar na agropecuária familiar brasileira.

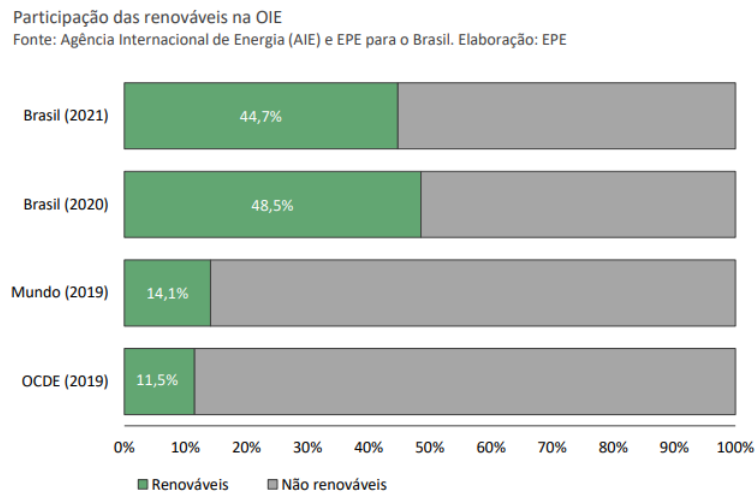
Como principal objetivo, tem-se o fornecimento de informações para a elaboração de ementas e currículos, que servirão de base para a oferta de cursos de educação profissional e tecnológica por instituições de ensino nacionais. Desta forma, o estudo abrange um breve panorama nacional do uso da energia solar no Brasil e no contexto da agropecuária familiar, um levantamento das alternativas de aplicações de energia solar neste contexto, assim como casos bem-sucedidos destas aplicações. Um compilado das principais linhas de financiamento aplicáveis para esta tecnologia também fazem parte do escopo deste estudo. Por fim, as habilidades e conhecimentos necessários para os profissionais demandados e as regiões com maiores demandas são identificadas,

2. CONTEXTO

2.1. ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Muitos confundem os termos “matriz energética” e “matriz elétrica”. Enquanto a matriz energética engloba atividades como transportes, energia para cozinhar e energia elétrica, a matriz elétrica olha apenas para a geração de eletricidade. Tanto a matriz energética quanto a elétrica brasileira possuem uma elevada contribuição de fontes renováveis comparado à matriz mundial (EPE, 2022). A FIGURA 1 mostra a participação de fontes renováveis na Oferta Interna de Energia (não apenas elétrica) para o Brasil em 2021 e 2020, assim como no mundo em 2019 e na OCDE em 2019. Nota-se que a matriz energética brasileira é muito mais renovável do que a média mundial.

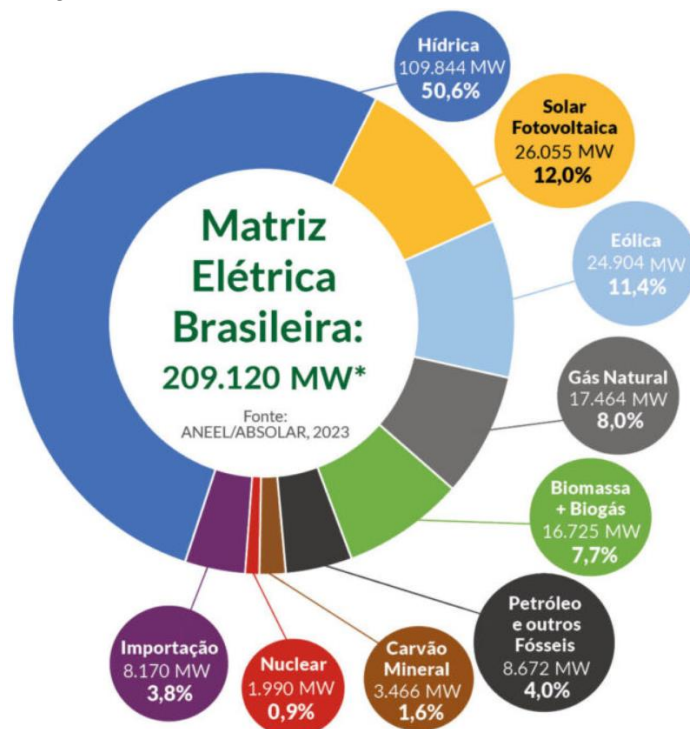
Figura 1 - Participação das renováveis na Oferta Interna de Energia



Fonte: EPE (2022)

Já, segundo dados atualizados para março de 2023 da Aneel, é possível verificar que as renováveis são ainda mais representativas na matriz elétrica, somando mais de 80% da geração (ANEEL/ABSOLAR, 2023), como mostra a FIGURA 2 retirada do infográfico elaborado pela Absolar.

Figura 2 - Matriz elétrica brasileira - Março de 2023



Fonte: Aneel / Absolar (2023)

A energia solar fotovoltaica (FV) está crescendo de forma exponencial desde 2010 a nível global, e tem se tornado atraente e aplicável em diversas situações, como sistemas *on-grid* (conectados à rede de distribuição de energia) e *off-grid* (isolados da rede). A capacidade instalada de módulos fotovoltaicos em todo o mundo cresceu em média 30% ao ano entre 2011 e 2021, de acordo com estudo do *Fraunhofer Institute* realizado em 2022 (FRAUNHOFER, 2023). A geração de energia fotovoltaica atingiu o marco de mais de 1TW de potência instalada no mundo e já conta com preços competitivos e até mais baratos comparada a outras fontes (WEAVER, 2022).

No Brasil, o crescimento se intensificou em 2012, a partir da publicação da Resolução 482 da ANEEL e vem apresentando crescimento exponencial, principalmente nos últimos 5 anos. A tecnologia iniciou o ano de 2023 ultrapassando a fonte eólica e tornando-se a segunda maior fonte de geração de energia elétrica (CNN BRASIL, 2023). O país está desde março do mesmo ano ocupando o oitavo lugar no ranking dos países que têm a maior potência instalada de energia solar no mundo (IRENA, 2023).

Dentre as vantagens da utilização da tecnologia FV estão o fato de ser uma fonte renovável, a possibilidade de geração descentralizada e distribuída nas próprias unidades consumidoras, em regiões isoladas da rede elétrica, e possuir baixa necessidade de manutenção.

2.2. ENERGIAS RENOVÁVEIS NA AGRICULTURA FAMILIAR

A agricultura familiar representa 77% dos estabelecimentos agrícolas do Brasil (IBGE, 2019) e tem uma importante contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) nacional. De acordo com dados do Censo Agropecuário de 2017, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017), a agricultura familiar responde por cerca de 24% do valor bruto da produção agropecuária do país. A partir dos dados do censo também fica evidente a importância do setor na geração de empregos – a agricultura familiar emprega cerca de 10,5 milhões de pessoas, o que representa cerca de 67% da mão de obra do setor agrícola brasileiro (IBGE, 2017). Dentre os desafios enfrentados por pequenos produtores brasileiros, uma questão de destaque é a energética. De acordo com um estudo realizado por Esperancini *et al.* (2007), estas famílias tendem a ser afetadas com maior expressividade em situações de oscilação do custo e de disponibilidade de energia elétrica. Por esse motivo, a geração própria de energia, de forma descentralizada e em muitos casos isolada do sistema de distribuição de energia, tem especial potencial nesse setor.

A geração de energia alternativa em contextos agrícolas é possível de diferentes formas. O aproveitamento de biomassa através da biodigestão anaeróbia de resíduos animais, por exemplo, é de grande interesse, particularmente a partir de resíduos de criação animal (ESPERANCINI *et al.*, 2007). O tratamento dos dejetos de suínos pela digestão anaeróbia possui grande potencial de impacto na agricultura familiar, uma vez que transforma passivos ambientais em energia, por meio do biogás, em biofertilizante e reduz a carga orgânica poluente (BÜHRING; SILVEI, 2016). Essa geração de energia pode ser realizada de maneira individual, por meio dos biodigestores individuais, que além de aproveitar um resíduo agrícola para geração de biogás, reduz a transferência de renda para outros agentes e diminui a dependência de fontes externas de energia. Um outro exemplo de modelo de negócios que facilita o acesso dessa

tecnologia a pequenos produtores é o de cooperativas de energia, como a iniciativa da Ambicoop¹ no estado do Paraná. A cooperativa coleta os resíduos para a geração de energia, gerando créditos de energia para os seus cooperados/as por meio da modalidade de geração distribuída compartilhada (ENERGIA.COOP, 2023).

Para o agricultor familiar, a necessidade de aumentar a eficiência do uso da água e de energia, junto com aumento de produtividade é de grande importância. Sistemas automáticos de controle de irrigação se tornaram uma ferramenta essencial para o uso eficiente dos recursos hídricos, porém, existem obstáculos como a indisponibilidade da energia elétrica comercial, ou alto custo da energia, sobretudo em regiões afastadas dos grandes centros. Neste contexto, a fonte de energia elétrica que ganha maior destaque é a solar fotovoltaica. Esta fonte pode ser empregada em contextos produtivos diversos, e está presente há cerca de 30 anos, sobretudo em áreas mais isoladas do país, onde a rede elétrica não está presente (ALVARENGA; FERREIRA; FORTES, 2014).

O foco desse estudo será nas oportunidades do uso da energia fotovoltaica na agricultura familiar no Brasil.

3. USOS DA ENERGIA SOLAR NA AGRICULTURA FAMILIAR

As aplicações de energia solar na agricultura estão aumentando para atividades como irrigação, iluminação, aquecimento, arrefecimento e secagem de grãos (RAHMAN et al., 2022). Esta fonte ganha destaque no contexto agrícola devido a sua autossuficiência, possibilidade de geração modular, conectada ou não à rede e redução dos custos energéticos.

Nos itens seguintes são explicados em maiores detalhes duas principais tecnologias que utilizam a energia solar para a obtenção de benefícios no contexto da agricultura familiar, que vão além de apenas economia de energia: bombeamento de água e sistemas agrivoltaicos.

¹ <https://www2.energia.coop/brasil/mapa-de-iniciativas/cooperativa/ambicoop/>

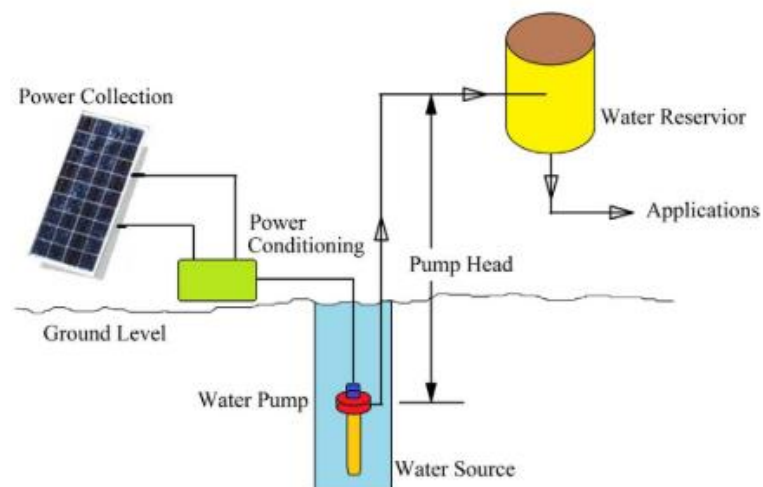
3.1. BOMBEAMENTO DE ÁGUA ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO

3.1.1 CONCEITO E BREVE HISTÓRICO

Experimentos de conversão de energia solar para energia mecânica/elétrica para o uso de bombeamento de água é datado desde o século XV-XIX (PYTILINSKI, 1978). No contexto agricultura sustentável, a demanda por água de irrigação tem aumentado recentemente, inclusive nos países em desenvolvimento. O sistema de bombeamento movido a energia solar pode ser uma forma promissora para a extração de água de fontes como rios, lagoas e canais para irrigação (RAHMAN et al., 2022).

Os sistemas de bombeamento de água movidos a energia solar são compostos por módulos fotovoltaicos que utilizam a energia solar para gerar eletricidade (normalmente em corrente contínua), uma bomba d'água e um reservatório de água (FIGURA 3). A bomba é instalada na fonte de água ou em sua proximidade, e, utilizando a energia gerada, ela bombeia a água da fonte para um reservatório de água localizado em uma elevação mais alta do nível do solo. A diferença de elevação da bomba de água até a entrada do reservatório é um parâmetro importante na concepção do sistema de bombeamento (ALIYU et al., 2018).

Figura 3 - Esquema de sistema de bombeamento com energia solar



Fonte: Aliyu et al. (2018)

3.1.2 BENEFÍCIOS

O uso de sistemas de bombeamento de água movidos a energia solar contribui para o desenvolvimento mais sustentável, reduzindo a emissão de carbono, evitando o uso de combustíveis fósseis e aumentando o sequestro de carbono devido à melhora na qualidade e quantidade de vegetação (ALIYU et al., 2018).

Dentre os benefícios da utilização de energia solar para bombeamento de água e irrigação na agricultura tem-se que os sistemas podem ser usados em locais remotos onde as redes elétricas não estão disponíveis. Além disso, quando o critério é o econômico, as bombas solares são mais econômicas do que as bombas a diesel (RAHMAN et al., 2022). Outra vantagem das bombas solares em comparação com as bombas a diesel citadas em literatura é a facilidade de instalação, operação e manutenção destes sistemas (RATHORE; DAS; CHAUHAN, 2018).

3.1.3 TIPOLOGIAS

De acordo com uma revisão feita por Sontake e Kalamkar (2016), os sistemas de bombeamento com energia solar podem ser classificados de acordo com quatro principais aspectos:

- **Armazenamento de energia:** os sistemas podem ter ou não um componente de armazenamento de energia por baterias. A existência das baterias possibilita o bombeamento de água em momentos muito nublados ou durante a noite, porém, acrescentam complexidade e um custo inicial considerável no sistema. Os sistemas sem armazenamento são chamados de sistemas de acoplamento direto, e funcionam apenas durante o dia – a intensidade do bombeamento depende da intensidade da irradiação. Os sistemas com armazenamento, por sua vez, são chamados de sistemas de acoplamento indireto e podem funcionar mesmo em momentos de baixa ou nenhuma irradiação.
- **Input de energia elétrica:** os módulos fotovoltaicos geram energia em corrente contínua (CC), que pode ser transformada em corrente alternada (CA) por um inversor. Existem sistemas de bombeamento

que utilizam motores de bombas CC, sem a necessidade de conversão (são as configurações mais comuns) e outros que possuem inversores CC-CA, que fazem essa conversão, que acaba reduzindo a eficiência do sistema, mas possibilita a utilização de energia da rede em períodos noturnos ou de baixa irradiação, no caso de existir conexão.

- **Tipos de bombas:** as bombas podem ser classificadas também de acordo com o nível da água – podem ser colocadas na superfície ou submersas na água, chamadas de bombas submersas. As bombas submersas só funcionam se estiverem completamente submersas em líquido, e possuem eficiência entre 40-70%. Já, as bombas de superfície possuem maiores limitações quanto à capacidade de sucção e, além disso, ficam normalmente mais expostas ao clima e tendem a ter mais falhas mecânicas, possuindo normalmente menor eficiência do que as submersas.
- **Rastreadores de energia solar:** os sistemas também podem ser classificados de acordo com o sistema FV, se é um sistema com rastreadores, estruturas que permitem o acompanhamento da orientação solar, ou um sistema fixo. Os sistemas fixos possuem menor custo, mas também, menor eficiência. Os com rastreadores podem ser automáticos ou ajustáveis manualmente.

3.1.4 APLICAÇÕES

A partir do bombeamento de água, seja a diesel ou com energia solar, diversas aplicações são possíveis, e desempenham um papel significativo no crescimento socioeconômico da população beneficiada. As aplicações podem estar relacionadas à agricultura e restauração ambiental do local, como restauração de pastagens e irrigação de cultivos. Além da aplicação focada na agricultura, o bombeamento de água pode apoiar outros fins como dessalinização, aplicação em mineração, e geração e distribuição de água potável para uso doméstico (ALIYU et al., 2018).

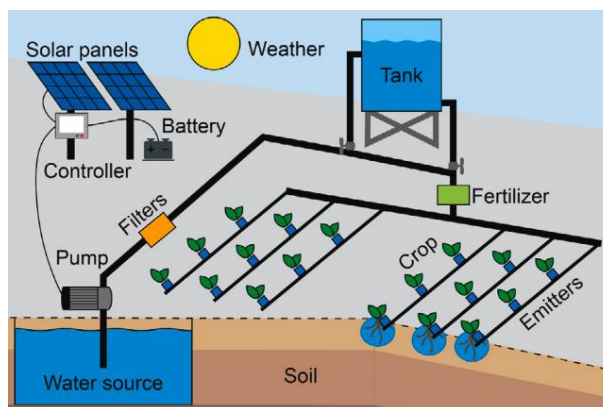
A irrigação de cultivos, principal aplicação do bombeamento de água da agricultura, quando bem planejada e executada evita desperdícios e aumenta a

produtividade da atividade. Existem quatro principais métodos de irrigação de na agricultura:

- Irrigação por aspersão: a água é aplicada sobre a folhagem acima do solo com jatos pressurizados, assim, é necessário a utilização de motobombas de alta potência.
- Irrigação por superfície: acontece aproveitando a superfície do solo e sua inclinação. Nestes sistemas a dispersão da água ocorre por gravidade, sem a necessidade de bombas.
- Microirrigação ou irrigação localizada: neste sistema, também chamado de sistema de gotejamento, a água é aplicada sob pressão com a presença de bombas, em locais de interesse, normalmente sombreados.
- Irrigação por subsuperfície ou subterrânea: a água é aplicada abaixo da superfície do solo, geralmente pela formação, manutenção e controle de um lençol de água artificial ou pelo controle de um lençol natural.

Um exemplo de modelo de sistema de bombeamento com armazenamento, bomba de superfície e irrigação por gotejamento, uma aplicação comum na agricultura, está representado na FIGURA 4. O sistema de bombeamento de água solar, além dessas aplicações, possibilita a geração de energia elétrica para consumo pela unidade de agricultura familiar.

Figura 3 - Sistema de irrigação por gotejamento movido a energia solar com uma bomba e uma rede de tubulação hidráulica



Fonte: Grant et al. (2022)

3.1.5 DESAFIOS

Algumas desvantagens dos sistemas é que estes podem não ser adequados para irrigação em maior escala que necessitam de maior elevação, e que estão sujeitos à condições climáticas, ou seja, podem não fornecer energia suficiente durante estações mais chuvosas ou com menor irradiação (RAHMAN et al., 2022).

De acordo com o estudo publicado por Short e Thompson (2003), em muitos casos, a aplicação da tecnologia de bombas solares ignora as necessidades sociológicas e econômicas dos usuários. Assim, a aplicação sem considerar o conhecimento da população sobre o funcionamento dos sistemas pode levar à falta de manutenção. Além disso, outros desafios identificados pelos autores a nível global são esquemas de financiamento inadequados, gerenciamento inadequado do sistema e, finalmente, falha da bomba (SHORT; THOMPSON, 2003).

3.2. SISTEMAS AGRIVOLTAICOS

3.2.1 CONCEITO E BREVE HISTÓRICO

Um sistema agrivoltaico (SAFV) pode ser definido como uma tecnologia que visa utilizar, simultaneamente, terras para fins agrícolas e para geração de energia fotovoltaica (FV) (HERMANN et al., 2022). Os agrivoltaicos geram um aumento da eficiência do uso do solo, podem ser construídos associados a diversas culturas e possuem estruturas de sustentação adaptadas.

Ao longo da última década os sistemas agrivoltaicos se tornaram presentes na Europa, Ásia e Estados Unidos e atualmente estão em rápida ascensão (HERMANN et al., 2022), existindo desde pequenos sistemas a nível de agricultura familiar até sistemas de grande porte com mais de 700 MW na China, por exemplo.

Observando o contexto internacional, existe um grande potencial para sistemas de pequeno porte, gerando ainda mais benefícios sociais para as famílias envolvidas. Países como Japão, Itália e Coreia do Sul, que possuem uma pequena extensão territorial para sua população já estão investindo nos sistemas agrivoltaicos para diversificação de renda do setor agrícola (HERMANN et al., 2022).

A Alemanha também é um dos países pioneiros no desenvolvimento da tecnologia (FIGURA 5). A nível de pesquisa, o território conta com diversos projetos

em operação que fornecem dados para a validação e melhoria contínua da tecnologia. Além disso, o país se destaca quando o assunto é criação de diretrizes técnicas para sistemas agrivoltaicos. O Instituto Fraunhofer ISE e a Universidade de Hohenheim trabalharam com o Instituto Alemão de Padronização (DIN) e outros parceiros para desenvolver o padrão DIN SPEC 91434². O documento, denominado *Agri-photovoltaic systems – Requirements for primary agricultural use*, publicado em maio de 2021, tem como objetivo preparar um método de teste para sistemas agrivoltaicos. Ele visa fornecer uma padronização de medição agrivoltaica para relatórios e documentação perante os órgãos legislativos, financiadores e as autoridades de aprovação, bem como para etapas de pós-teste e certificação dos sistemas por especialistas e organizações de certificação.

Figura 5 - Sistema agrivoltaico na fazenda de frutas orgânicas de Nachtwey, Alemanha



Fonte: Hermann et al. (2022)

3.2.2 BENEFÍCIOS

Em um contexto de mudanças climáticas, crescimento populacional e de aumento na demanda por energia elétrica, a tecnologia fotovoltaica tende a continuar crescendo e ganhar cada vez mais espaço na matriz global. Porém, há também uma crescente demanda de produção de alimentos e consequente competição por terras e espaço, especialmente em áreas densamente povoadas. Assim, uma vez que sistemas fotovoltaicos podem ocupar uma área considerável, a tecnologia agrivoltaica surge como uma alternativa importante para o uso eficiente de terras em muitas regiões (TOLEDO; SCOGNAMIGLIO, 2021).

² <https://www.en-standard.eu/din-spec-91434-agri-photovoltaic-systems-requirements-for-primary-agricultural-use/>

O uso associado de terra para produção de alimentos e geração de energia possui algumas outras vantagens para ambos os fins, além do uso eficiente da terra (HERMANN et al., 2022), como:

- redução da necessidade de irrigação;
- possibilidade de coleta de água da chuva para fins de irrigação e outros;
- redução da erosão eólica no solo e no cultivo;
- uso da estrutura de montagem fotovoltaica para redes ou películas de proteção para a plantação;
- otimização da disponibilidade de luz para as culturas (por meio de sistemas de rastreamento FV);
- maior eficiência do módulo através de melhor resfriamento convectivo;
- maior eficiência dos módulos bifaciais devido a distâncias maiores do solo.

Além dos benefícios técnicos para um maior rendimento da geração de energia e produção de alimentos, a tecnologia agrivoltaica também pode gerar benefícios econômicos e sociais para os agricultores envolvidos. Os sistemas trazem maior autonomia energética para as famílias agricultoras, e podem proporcionar uma diversificação de sua renda, no caso de venda da energia gerada. Na Coreia do Sul, por exemplo, o governo planeja, a partir do *Renewable Energy 2030 plan*, construir 100.000 sistemas agrivoltaicos em fazendas (FIGURA 6) para gerar uma garantia de aposentadoria para os agricultores (renda mensal de cerca de 1.000 dólares americanos com a venda de eletricidade) e, assim, evitar a extinção das comunidades agrícolas (HERMANN et al., 2022).

Figura 4 - Um agricultor dirige uma colheitadeira para colher arroz abaixo de sistema agrivoltaico na vila de Gidong, Coreia do Sul



Fonte: Hanwha Solutions (2022)

3.2.3 TIPOLOGIAS

De acordo com Macknick et al. (2022), a configuração dos sistemas agrivoltaicos é dividida em duas principais configurações: (1) sistemas elevados com produção abaixo do sistema FV e (2) sistemas mais baixos com o cultivo entre fileiras de módulos. Já, quando olhamos para as aplicações (FIGURA 7), as principais categorias são:

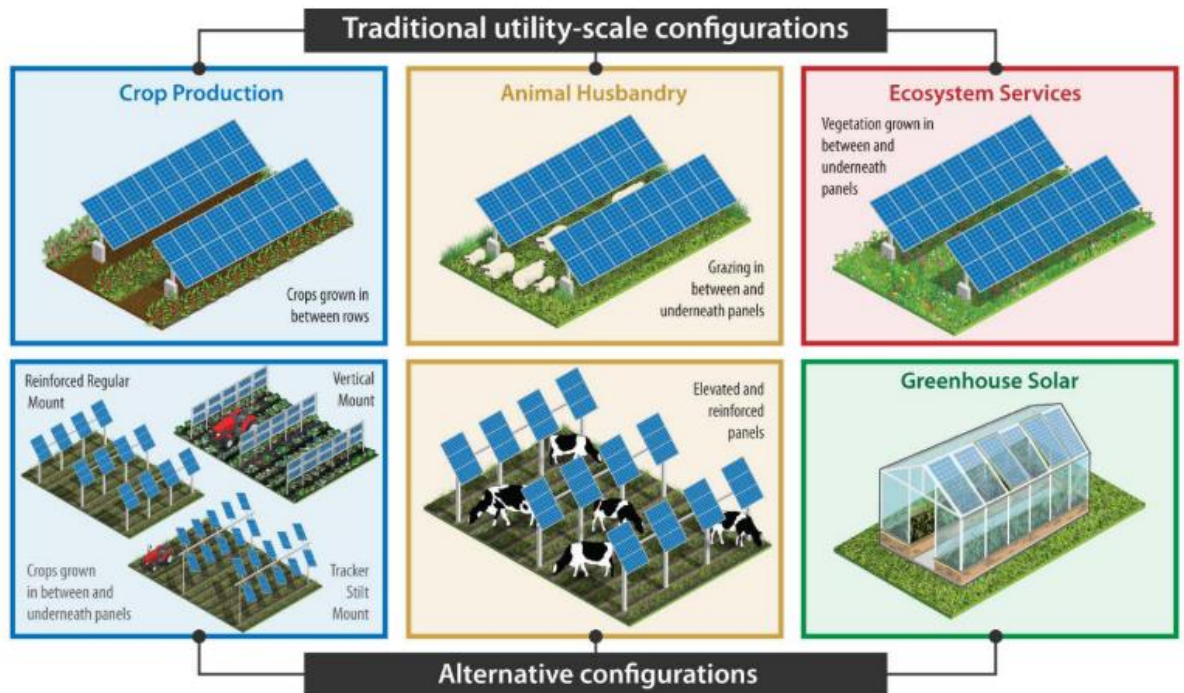
(1) produção agrícola: cultivo abaixo ou entre fileiras de módulos;

(2) produção pecuária: pastagem abaixo ou nas proximidades dos sistemas e conforto térmico por sombreamento;

(3) provisão de serviços ecossistêmicos por meio do manejo da vegetação: ecossistema para insetos polinizadores, formação de solo, manutenção de biodiversidade, sequestro de carbono;

(4) estufas solares: módulos instalados acima de estufas aproveitando a estrutura da estufa para instalação dos módulos e oferecendo sombreamento parcial.

Figura 7 - Configurações tradicionais (produção agrícola, criação animal e serviços ecossistêmicos) e alternativas de sistemas agrivoltaicos (montagem regular reforçada, montagem vertical, plantações entre e abaixo de módulos, montagem com trackers, montagens elevadas e reforçadas e estufas solares)



Fonte: Macknick (2022)

Com relação às tecnologias de módulos, todos podem ser utilizados em sistemas agrivoltaicos. Porém, algumas tecnologias, como as que possuem transparência ou um *backsheet* transparente, permitem maior passagem de luz e podem beneficiar o cultivo agrícola. Além disso, existem modelos de módulos FV adaptados para sistemas agrivoltaicos, como módulos tubulares de filme fino e módulos com maior espaçamento entre células. Algumas empresas que trabalham com estas tecnologias são a Tubesolar, DAS Energy e a Grip Parity. Além destas, empresas com fornecedores nacionais como a BYD estão avaliando a possibilidade de fabricação nacional de módulos para a aplicação agrivoltaica.

As estruturas de fixação podem ser mais baixas (cultivo entre fileiras de módulos) ou mais altas, até mais de 5m de altura, permitindo a passagem de maquinário agrícola abaixo do sistema. Existem sistemas com estruturas fixas, móveis e com rastreamento em 1 ou 2 eixos. Algumas configurações são adaptadas para aplicações específicas, como módulos bifaciais verticais ou estruturas dispostas a fim de possibilitar a coleta da chuva (FIGURA 8) (HERMANN et al., 2022).

Figura 8 - Conceito de sistema com coleta de água da chuva e reservatório



Fonte: Fraunhofer ISE (2022)

3.2.4 MODELOS DE NEGÓCIO

Os sistemas agrivoltaicos possuem custos mais elevados do que os fotovoltaicos convencionais, uma vez que possuem estruturas adaptadas para o uso combinado de cultivo e geração de energia. Assim, os sistemas podem ser financiados pelo próprio agricultor e beneficiário do sistema, mas também, outros atores podem estar envolvidos no modelo de negócio, em quatro principais áreas: (1) Fornecimento de terra (propriedade); (2) Uso agrícola da terra; (3) Fornecimento do sistema fotovoltaico (propriedade/investimento); e (4) Operação do sistema fotovoltaico (HERMANN et al., 2022).

Dessa forma, os sistemas agrivoltaicos permitem a criação de diversos modelos de negócio para os agricultores. Nestes modelos, não são consideradas apenas as receitas da produção de eletricidade, via geração distribuída, e de alimentos, mas também a economia nos custos da terra e água devido ao uso mais eficiente dos recursos, proteção das culturas e oportunidade de melhorar a competitividade dos agricultores pelo desenvolvimento de atividades agrícolas de valor agregado baseadas em energia solar (GESE et al., 2019). Os sistemas podem ser instalados com financiamento próprio e individuais, ou podem funcionar através do arrendamento parcial da terra para a instalação do sistema por um investidor terceiro por exemplo.

Além disso, existem diversos projetos desenvolvidos através de modelos cooperativos, nos quais tanto o investimento quanto os benefícios da geração de

energia podem ser compartilhados entre os agricultores envolvidos na cooperativa. Alguns exemplos são:

- O Community solar park³, em Aasen, Alemanha, construído com módulos verticais em parceria com a cooperativa de energia Solverde Bürgerkraftwerke Energiegenossenschaft em 2020 (HERMANN et al., 2022);
- Gidong Village Power Plant⁴, na Coreia do Sul, que possui parceria com a cooperativa social de "*solar sharing*" de residentes locais, que em sua maioria estão já idosos e não conseguem mais trabalhar no campo (JAE-HYUK; COUNTY, 2022);
- Projeto da empresa Enerjisa⁵ em parceria com a cooperativa agrícola Komşuköy, na Turquia - o primeiro piloto agrivoltaico no país (TODOROVIĆ, 2023);
- Projeto da Cooperativa Agrícola CCampo⁶, em Santarém – PA, Brasil. O projeto, também em escala piloto, foi realizado com apoio da DGRV, OCB e laboratório Fotovoltaica UFSC.

3.2.5 DESAFIOS

Para a garantia dos benefícios da adoção da tecnologia agrivoltaica, é preciso que todas as etapas de planejamento, projeto e instalação dos sistemas sejam realizadas de maneira adequada. No Brasil a tecnologia ainda está em fase inicial de desenvolvimento, e os projetos existentes são em escala piloto.. Para os próximos anos, é extremamente importante que sejam feitos mais estudos sobre a adequabilidade da tecnologia às condições climáticas e cultivos locais, uma vez que a tecnologia possui um grande potencial no país. Além disso, estes estudos e aprendizados com projetos piloto são fundamentais para a elaboração de diretrizes que guiem o desenvolvimento dos agrivoltaicos.

³ <https://www.renewable-energy-industry.com/news/press-releases/pm-6456-start-of-construction-of-an-innovated-agro-photovoltaic-open-space-plant-in-donaueschingen-aasen-germany->

⁴ https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2023/03/129_335503.html

⁵ <https://balkangreenenergynews.com/enerjisa-launches-first-agrivoltaic-pilot-project-in-turkey/>

⁶ Mais informações no Item **CAPÍTULO 4**, sobre os estudos de caso.

A necessidade de diretrizes e de uma regulação nacional é uma realidade no Brasil. Segundo relatório da Fraunhofer de 2020, a França é um país que sofreu consequências com a falta de diretrizes técnicas, pois houve uma rodada de licitações nacionais para projetos agrivoltaicos e em alguns dos projetos licitados, os resultados de produtividade agrícola não foram satisfatórios. Esse resultado levou a uma certa resistência aos agrivoltaicos, especialmente no setor agrícola (ISE, 2020). Porém, em 2021 padrões para a instalação destes sistemas foram elaborados e publicados pela Agência Francesa de Meio Ambiente e Gestão de Energia (Ademe) (ADEME et al., 2021).

Um dos desafios relatados por profissionais do setor de energia solar é que os agrivoltaicos possuem maiores complexidades nas etapas de design, detalhamento técnico e adequação para o uso duplo com o cultivo associado (DOE,2022). De forma geral, a tecnologia ainda é nova para as empresas brasileiras do setor fotovoltaico e até mesmo para as instituições de ensino, que contam com pouca oferta de capacitação sobre agrivoltaicos disponível para profissionais da área de energia. Dessa forma, a falta de profissionais capacitados para a realização de projetos e execução deles no mercado brasileiro pode representar um desafio importante. Além disso, apenas conhecimentos de energia fotovoltaica não são suficientes para a elaboração de um bom projeto de agrivoltaico. De acordo com o conteúdo disponibilizado por documentos técnicos orientativos como o *Agri-photovoltaic systems – Requirements for primary agricultural use*⁷ (DIN SPEC 91434) da Alemanha e o *Guidelines for The Design, Construction and Operation of Agrovoltaic Plants*⁸ da Itália, a presença de equipes multidisciplinares é fundamental para o planejamento, manutenção e acompanhamento dos sistemas. Mais detalhes sobre os perfis profissionais requisitado para sistemas de energia solar no campo estão disponíveis no [ITEM 5 ENERGIA SOLAR NO CAMPO: PERFIS PROFISSIONAIS REQUISITADOS](#).

⁷ <https://www.en-standard.eu/din-spec-91434-agri-photovoltaic-systems-requirements-for-primary-agricultural-use/>

⁸ <https://www.pv-magazine.com/2022/07/05/italy-publishes-new-national-guidelines-for-agrovoltaic-plants/>

4. CASOS DE SUCESSO

Neste capítulo são apresentados três estudos de caso de sistemas agrivoltaicos no Brasil, sendo um deles localizado na região Norte (4.1 CCAMPO) e dois na região Nordeste (4.2 PROJETO ECOLUMÉ e 4.3 PROJETO COMUNIDADE PANKARÁ). São apresentados ainda dois estudos de caso no Brasil com sistemas de irrigação associados a sistemas de energia solar fotovoltaica, um localizado na região Norte (4.4 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PARA AGRICULTURA FAMILIAR EM BOA VISTA) e outro na região Centro-Oeste (4.5 SISTEMA DE BOMBEAMENTO COM IRRIGAÇÃO E FV HÍBRIDO DE GRANDE PORTE EM GOIÁS).

Complementando os estudos de caso brasileiros, o sub-capítulo 4.6 ESTUDOS DE CASO INTERNACIONAIS apresenta alguns estudos de caso de projetos agrivoltaicos a nível internacional que podem servir de inspiração para o contexto brasileiro.

4.1. CCAMPO

O único projeto agrivoltaico brasileiro⁹ mapeado até o momento que está fora da região nordeste está localizado no Pará e foi desenvolvido com apoio da Confederação das Cooperativas Alemãs (DGRV), Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) e laboratório Fotovoltaica UFSC. O projeto foi desenvolvido por uma empresa de energia solar local, e o laboratório Fotovoltaica UFSC ofereceu apoio técnico para a concepção do projeto.

O sistema agrivoltaico da cooperativa CCampo iniciou sua instalação em janeiro de 2023 e combinou técnicas agrivoltaicas com práticas agroecológicas e de agricultura orgânica (FIGURA 9). A CCampo é uma cooperativa agrícola de produtores do oeste do Pará, que conta com mais de 200 famílias cooperadas e tem como propósito fortalecer a agricultura familiar e levar produtos regionais com segurança para mesa dos consumidores. No sistema agrivoltaico, ainda em fase de implantação, serão produzidos pimentão, couve, coentro e cebolinha. Além disso, o projeto contou com a capacitação de cooperados da cooperativa agrícola em sistemas agrivoltaicos e agricultura orgânica.

⁹ <https://paracooperativo.coop.br/noticias/1921-cooperados-da-ccampo-foram-capacitados-para-atuar-com-sistema-agrifotovoltaico>

Figura 9 - Cooperados da CCampo em frente ao sistema agrivoltaico em construção e cooperados plantando em área de controle ao lado da usina



Fonte: OCB Pará (2023)

Os créditos gerados pela usina fotovoltaica serão utilizados para reduzir custos de energia elétrica da agroindústria da cooperativa, que possui um alto gasto energético para a produção de polpas de frutas – chegando a 8.000 kWh/mês, equivalente a cerca de R\$ 10.000,00 em alguns meses. Os sistemas agrivoltaicos como no caso da cooperativa CCampo podem ser uma grande oportunidade para o cooperativismo brasileiro, uma vez que cooperativas agrícolas podem investir em sistemas agrivoltaicos e utilizar modelos de negócio de Energia Cooperativa¹⁰ com os créditos gerados. Os créditos de energia podem ser utilizados para reduzir a conta de energia elétrica da própria cooperativa, como também podem ser distribuídos para cooperados e outras organizações parceiras.

4.2. PROJETO ECOLUMÉ

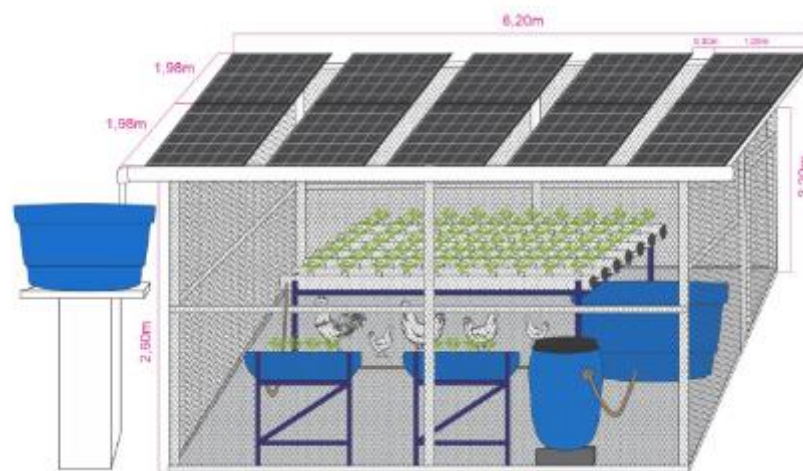
Um projeto que exemplifica um sistema agrivoltaico para unidades familiares da região semiárida é o Ecolume. O projeto foi desenvolvido por uma rede de mais de 40 pesquisadores e instalado em uma escola de agroecologia de Pernambuco em 2019. O modelo proposto consiste em “unidades familiares” distribuídas, que combinam a geração de energia com produção de hortaliças por sistema de aquaponia, peixes em tanques e galinhas, com o objetivo de gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos a um grande número de pessoas no semiárido

¹⁰ Saiba mais sobre o conceito de Energia Cooperativa em: <https://www2.energia.coop/>

nordestino. Só em termos de capacitação, mais de 700 pessoas receberam treinamentos sobre energia solar e as outras atividades produtivas associadas ao agrivoltaico (LACERDA et al., 2022).

O sistema agrivoltaico Ecolume produz 17 tipos de vegetais e duas proteínas animais, destinados para consumo dos alunos e funcionários da escola Serta, além de mudas de umbu, que são doadas para o reflorestamento da Caatinga (MARTINEZ, 2022). A FIGURA 10 mostra um esquema do protótipo experimental, composto por 10 módulos fotovoltaicos.

Figura 10 - Sistema agrivoltaico com tela piloto proposto no projeto Ecolume



Fonte: Lacerda et al. (2022)

A unidade experimental (FIGURA 11) foi construída pensando nas condições climáticas da região, ocupa uma área de 24 m², utiliza o método de aquaponia para produção de hortaliças e teve um custo aproximado de R\$ 20.000,00. De acordo com os resultados do projeto, a unidade mostrou um potencial anual de produção de 4.800 kWh de energia, 130 kg de peixes, 730 ovos de galinha caipira, 816 unidades ou 336 kg de hortaliças e 200 unidades de mudas de plantas nativas. Esta produção gera uma receita total anual de R\$ 9.997,00. Os resultados do projeto mostraram possibilidades de desenvolvimento para o semiárido, considerando aspectos da mudança climática e o grande potencial da energia solar nessa região do Nordeste através de arranjos produtivos locais com formação de renda familiar e conservação do Bioma Caatinga (LACERDA et al., 2022).

Figura 11 - Sistema agrivoltaico e montagem de sistema de aquaponia abaixo dos módulos (LACERDA et al., 2022)



Fonte: Lacerda et al. (2022)

Desde sua concepção e operação, o sistema gerou resultados promissores, confirmando seu potencial de gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos para a região, porém, foram observados desafios estruturais, especialmente a falta de políticas públicas de incentivo (MARTINEZ, 2022).

4.3. PROJETO COMUNIDADE PANKARÁ

Outro projeto piloto em solo nordestino foi realizado em parceria com a Comunidade Indígena Pankará, em dezembro de 2020. O objetivo do projeto era fornecer de forma segura água potável e possibilitar o cultivo de hortaliças por meio de bomba d'água movida a energia solar, em combinação com a tecnologia agrivoltaica na aldeia indígena Pankará (FIGURA 12 e FIGURA 13). O projeto está localizado na Caatinga brasileira, na região da Aldeia Serrote dos Campos, em Itacuruba (PE).

Figura 12 - Representantes da aldeia Pankará e do projeto



Fonte: Atmosfair

Figura 13 - Plantação de melão no sistema agrivoltaico



Fonte: Agrega

O projeto consiste em um sistema solar de 33 kWp com estruturas de 3m de altura do solo, abaixo dos quais foi construída uma horta comunitária de 400m² (ZELLER, [s.d.]). De acordo com a matéria divulgada pela Atmosfair¹¹, o

¹¹ <https://www.atmosfair.de/en/climate-protection-projects/solar-energy/brazil-agriphotovoltaics-in-the-village-of-the-indigenous-pankara/>

sombreamento oferece proteção do sol forte e altas temperaturas da Caatinga brasileira. O cultivo de melão¹² foi associado ao sistema agrivoltaico em parceria com pesquisadores da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O projeto prioriza a produção de alimentos orgânicos, produção de energia e preservação ambiental, alinhados ao conceito de agroecologia (ARAGÃO, 2023).

4.4. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PARA AGRICULTURA FAMILIAR EM BOA VISTA

Em julho de 2022 foi lançado em Boa Vista/RO, o Plano Municipal de Desenvolvimento do Agronegócio de irrigação (PMDA Irrigação). O objetivo do PMDA Irrigação é oferecer uma solução para pequenos agricultores que possuem dificuldades para arcar com os altos custos de sistemas de irrigação em suas propriedades. Ao total serão 35 kits entregues aos agricultores familiares, dentre eles, cinco serão para comunidades indígenas (Roraima em Foco, 2023).

Durante o evento de lançamento, que ocorreu na AgroBV 2022 - Maior Feira da Agricultura Familiar de Boa Vista, foi inaugurado o primeiro sistema de irrigação com energia fotovoltaica de uma série de kits que serão disponibilizados, com seis módulos fotovoltaicos com potência de 440W cada (FIGURA 14). O primeiro sistema é um demonstrativo no plantio de batata doce (MOTA, 2022).

Figura 14 - Novo sistema de irrigação do PMDA conta com seis placas fotovoltaicas com potência de 440W cada



Fonte: Roraima em Foco (2023)

¹² <https://www.agrega.org.br/2023/06/13/sistemas-agrofotovoltaicos-e-o-papel-fundamental-do-povo-pankara-junto-a-comunidade-cientifica-em-itacuruba-pe-%ef%bf%bc/>

4.5. SISTEMA DE BOMBEAMENTO COM IRRIGAÇÃO E FV HÍBRIDO DE GRANDE PORTE EM GOIÁS

Em 2022, na cidade de Quirinópolis, estado de Goiás, foi inaugurado o primeiro sistema fotovoltaico híbrido voltado à irrigação que combina energia fotovoltaica, diesel e armazenamento com baterias¹³. O sistema conta com 773 kWp de módulos fotovoltaicos (FIGURA 15), associados a um gerador a diesel de 750 kVa e um banco de baterias de lítio de 300 kWh de autonomia.

Figura 15 – Usina fotovoltaica de 773 kWp



Fonte: Canal Solar (2022)

Foram dois anos tentando levar eletricidade para a fazenda, que fica a 45 km da subestação de energia mais próxima. Este contexto motivou o agricultor responsável pela propriedade a investir no sistema híbrido, que leva água de um rio nas proximidades da fazenda para os pivôs de irrigação (FIGURA). O acionamento e monitoramento do sistema de bombeamento é realizado através de um aplicativo para celular. Além da economia de 85% no consumo de diesel, o sistema trouxe maior produtividade nas plantações e possibilitou a realização de uma safra a mais de feijão na propriedade, devido ao aumento da irrigação. Levando em consideração estes benefícios, o retorno estimado do investimento é de cerca e 22 meses.

¹³ <https://canalsolar.com.br/conheca-o-maior-sistema-fv-hibrido-voltado-a-irrigacao-do-brasil/>

Figura 16 - Sistema de irrigação do sistema FV híbrido voltado à irrigação em Quirinópolis



Fonte: Canal Solar (2022)

Este sistema de bombeamento é um exemplo de aplicação prática e viável da tecnologia de energia solar fotovoltaica combinada com outras tecnologias que permitem maior garantia de disponibilidade energética em momentos de baixa disponibilidade do recurso solar. Projetos como este são inovadores e trazem diversos benefícios para os empreendedores, e podem contribuir para a sustentabilidade e eficiência energética na agricultura.

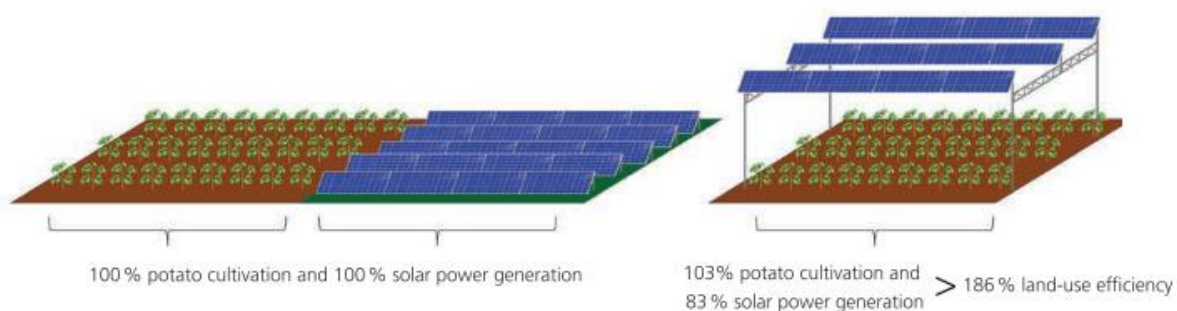
4.6. ESTUDOS DE CASO INTERNACIONAIS – SISTEMAS AGRIVOLTAICOS

A Alemanha é um dos principais países no contexto do desenvolvimento dos sistemas agrivoltaicos. A nível de pesquisa, o território conta com diversos projetos em operação que fornecem dados para a validação e melhoria contínua da tecnologia. Um exemplo de sistema alemão, o terceiro projeto a ser construído a nível de pesquisa no país, é o da fazenda Heggelbach. Este projeto foi construído em 2016 como parte do projeto APV-RESOLA, e consiste em um sistema agrivoltaico com módulos bifaciais vidro-vidro com 5m de altura, de orientação sudoeste e uma largura maior do que a convencional entre fileiras de módulos FV.

Os resultados da pesquisa mostram que o sistema conseguiu suprir uma grande parte da demanda de energia da fazenda. Além disso, no verão de 2018

houve uma onda de calor, durante a qual a produtividade de uma área do sistema agrivoltaico que tinha cultivo de batatas teve um aumento significativo da produção devido ao sombreamento parcial dos módulos, o que aumentou em 86% a eficiência do uso da terra (FIGURA 17). Estes números mostram que em regiões mais secas, os agrivoltaicos podem gerar benefícios significativos para alguns cultivos agrícolas.

Figura 17 - Esquema do sistema de Heggelbach, onde houve um aumento de 86% em eficiência no uso da terra durante um verão de calor extremo



Fonte: Hermann (2022)

Nos Estados Unidos, o Departamento de Energia (DOE) apoia iniciativas de pesquisa na tecnologia agrivoltaica desde 2015 por meio de seu projeto de pesquisa práticas solares inovadoras integradas com economias e ecossistemas rurais (InSPIRE) (Laboratório Nacional de Energia Renovável 2022). O projeto examinou oportunidades e compensações em mais de 25 locais em todo o país que abrangem produção agrícola, *habitat* de polinizadores, serviços ecossistêmicos e produção pecuária.

Os resultados dos pilotos do projeto InSPIRE serviram de insumo para a elaboração de um documento publicado em agosto de 2022 pela NREL, denominado *The 5 Cs of Agrivoltaic Success Factors in the United States: Lessons from the InSPIRE Research Study*. No documento, são comentados os 5 C's para sistemas agrivoltaicos serem bem sucedidos: *Climate* (Clima), *Configuration* (Configuração), *Crops and Cultivation* (Plantações e cultivo), *Compatibility* (Compatibilidade) e *Collaboration* (Colaboração) (MACKNICK et al., 2022).

Um exemplo dos mais de 25 locais de pesquisa do projeto InSPIRE é o projeto agrivoltaico de Grafton¹⁴, localizado em Massachusetts, nos Estados Unidos (FIGURA 18). A usina de grande escala é uma fazenda solar comunitária inovadora de 2 MW com capacidade de armazenamento de energia de bateria de 1,4 MW. Este projeto integra geração de energia solar, produção agrícola no local e inúmeras parcerias dentro da comunidade de pesquisa.

Figura 18 - Parte sul da usina agrivoltaica do projeto Grafton Solar



Fonte: AES (2023)

Na Ásia, a China possui destaque em relação à potência instalada de sistemas agrivoltaicos, com 12 GWp (até julho de 2021) (HERMANN et al., 2022). O país também conta com o maior sistema agrivoltaico do mundo, perto do deserto de Gobi, com 640 MWp (FIGURA 19). Neste projeto, existe a produção de *goji berries*, um ingrediente da medicina tradicional chinesa, coreana e japonesa. A área era desertificada e os responsáveis pelo projeto fizeram inicialmente a plantação de alfafa para recuperação do solo, e depois a instalação do agrivoltaico com *goji berries*.

¹⁴ <https://www.aes.com/grafton-solar>

Figura 19 - Sistema agrivoltaico de grande porte com plantação de goji berry na China - que será expandido para 1 GW



Fonte: Bellini (2020)

O Japão e a Coreia do Sul também investiram na tecnologia, porém, em sua maioria os sistemas são de pequena escala. O Japão conta com mais de 3.000 sistemas instalados (HERMANN et al., 2022). Na Coreia do Sul, como comentado no [ITEM 3.3.2.2](#), devido às altas taxas de êxodo rural no país, o governo planeja construir 100.000 sistemas agrivoltaicos até 2030 em fazendas como uma forma de aposentadoria para os agricultores, que podem receber até 1.000 dólares americanos com a venda de energia gerada. Esta estratégia faz parte do *Renewable energy 2030 plan* e visa combater o declínio da agricultura no país (HERMANN et al., 2022).

Os primeiros projetos na América Latina estão no Chile ([FIGURA 20](#)), onde foram instalados três sistemas com capacidade de 13 kWp cada nos arredores de Santiago, nos municípios de El Monte, Curacaví e Lampa. A região possui alta radiação solar e baixa precipitação anual. Uma seca contínua no clima já seco e ensolarado fez com que a precipitação diminuísse de 20 a 40 por cento nos últimos dez anos.

Devido às condições climáticas, os agricultores estão procurando instalações de sombreamento para proteger as plantas das queimaduras solares e do ressecamento. O projeto tem apoio do governo local e do Instituto Fraunhofer

Chile, e os resultados são muito positivos, tanto em termos de produtividade agrícola quanto de geração de energia (HERMANN et al., 2022).

Figura 20 - Projeto piloto no Chile



Fonte: Hermann (2022)

5. ENERGIA SOLAR NO CAMPO: PERFIS PROFISSIONAIS REQUISITADOS

A adoção de sistemas de energia renovável na agricultura oferece benefícios para tornar a agricultura mais sustentável. Porém, estes sistemas são hoje uma realidade para os países desenvolvidos, enquanto, de forma geral, os países em desenvolvimento ainda enfrentam vários desafios econômicos, técnicos, contratuais e de informação para levar energia renovável para os pequenos agricultores e ecossistemas agrícolas (RAHMAN et al., 2022). Neste contexto, a formação de profissionais capacitados para instalarem e ofertarem serviços de manutenção é de grande importância para o sucesso das aplicações fotovoltaicas no campo.

Segundo Rahman et al. (2022), no contexto da agricultura dois principais desafios técnicos na implementação destas tecnologias de energia solar são a falta de um processo de controle de qualidade técnico e eficaz dos sistemas e a ausência de padrões técnicos nos países em desenvolvimento.

5.1. CONHECIMENTOS E HABILIDADES NECESSÁRIAS

Os profissionais de energia solar no campo precisam ter um conjunto diverso de habilidades e conhecimentos técnicos, que incluem engenharia elétrica e sistemas fotovoltaicos, conhecimentos em eletrônica e sistemas de controle, segurança elétrica, entre outros. Além disso, habilidades interpessoais, como trabalho em equipe, gerenciamento de projetos e habilidades de comunicação são importantes para a colaboração efetiva com a equipe e com os agricultores, e, conseqüentemente, são fundamentais para o sucesso de projetos de energia solar.

A comunicação é um aspecto de alta relevância porque grande parte dos pequenos agricultores não possuem fácil acesso a informações sobre o funcionamento ou a serviços de instalação e manutenção dos sistemas de energia solar, seja em sistemas de bombeamento de água de pequeno porte ou de sistemas agrivoltaicos.

Os sistemas de bombeamento de água movidos a energia solar têm se tornado cada vez mais indispensáveis em contextos isolados e áreas remotas, que

muitas vezes não possuem eletricidade, pois a implementação e manutenção da rede de energia é difícil e cara (PERIASAMY; JAIN; SINGH, 2015). De acordo com Alyiu et al. (2018) a manutenção adequada garante a durabilidade e um longo tempo de vida dos sistemas de bombeamento solar.

Como comentado no item 3.1.5, um dos principais desafios para os sistemas de bombeamento é que estes são muitas vezes instalados sem considerar as necessidades sociológicas e econômicas dos usuários, e como consequência estas situações podem ocasionar falta de manutenção (SHORT; THOMPSON, 2003). Uma sugestão dos autores é que os fabricantes e compradores dos sistemas de bombeamento devem pensar em sistemas simples, levando em consideração o emprego de profissionais locais, com conhecimentos de mecânica, para realizar manutenção e reparo.

No caso de sistemas agrivoltaicos, o perfil de profissionais para realizar o projeto e instalação ainda não é bem definido, por não existir diretrizes oficiais em corpos de normas na maioria dos países. Uma vez que o Brasil ainda está na etapa de projetos piloto da tecnologia, é importante que os responsáveis pelos futuros projetos e operação dos sistemas no país estejam cientes dos aprendizados obtidos com a evolução da tecnologia em outros países. Assim, pode-se garantir um melhor desempenho e eficiência de geração de energia e de produção de alimentos, com a adequada manutenção do cultivo, para que o sistema continue caracterizado como agrivoltaico ao longo da vida do projeto.

O documento alemão DIN SPEC 91434 (ver item 3.2.1) reforça a importância da manutenção do cultivo para que o sistema como um todo permaneça em boas condições. Além disso, o documento propõe que explicações mais detalhadas sobre a atividade agrícola nas áreas agrivoltaicas devem ser registradas em uma proposta de cultivo agrícola, a qual deve ser elaborada na fase de planejamento anterior à construção do sistema fotovoltaico (DIN Standards, 2021).

Ainda segundo o documento alemão, a proposta de cultivo agrícola deve ser elaborada (desenhada) em conjunto pelo usuário da terra (agricultor, inquilino) e o empreiteiro EPC (do termo em inglês *Engineering, Procurement and Construction – EPC*) responsável pelo projeto e instalação do sistema fotovoltaico, e deve ser anexada à documentação do projeto. Para além da informação geral sobre a exploração agrícola (por exemplo, estrutura de propriedade, dimensão da

exploração e produção atual), deve também ser apresentado na presente proposta um plano de utilização que descreva detalhadamente a forma como a terra será utilizada nos três anos seguintes à construção do sistema agrivoltaico, ou dentro de um ciclo de rotação de culturas (DIN Standards, 2021).

A partir do estudo realizado por Pascaris et al. (2021) é possível observar que empreendedores da área percebem o potencial da tecnologia agrivoltaica, mas questões como uma maior complexidade, risco e preocupação com segurança surgem entre os envolvidos no projeto, e representam desafios para a adoção da tecnologia no setor. A partir dessas reflexões, percebe-se, para projetos agrivoltaicos, a importância de profissionais multidisciplinares na elaboração, implantação e acompanhamento do sistema tanto na parte elétrica quanto para o cultivo agrícola.

5.2. PERFIS PROFISSIONAIS REQUISITADOS

No Brasil, os sistemas de bombeamento com energia solar de pequeno porte são comumente encontrados, e são acessíveis tecnicamente para os pequenos agricultores. Empresas que oferecem estes serviços e / ou produtos, assim como alternativas de kits prontos e orientações podem ser encontradas *online* facilmente. Por serem serviços e produtos com uma tecnologia mais consolidada e conhecida, não requerem um conhecimento técnico muito específico, além do entendimento técnico do sistema em si, tanto para dimensionamento, como para instalação e manutenção. Ou seja, observa-se que não há necessidade de uma habilidade técnica diferente da habilidade e conhecimento já conhecidos para projeto e instalação de sistemas fotovoltaicos

Porém, no caso dos sistemas agrivoltaicos foram identificadas demandas de profissionais mais específicas, sendo identificados dois perfis técnicos necessários. Um perfil é de um profissional técnico na área elétrica, que será responsável por projetar o sistema de geração de energia, suas estruturas, pensar na segurança, na instalação e manutenção do sistema. O outro perfil é de um profissional da área agrônômica, que será responsável pelo planejamento das culturas agrícolas que irão compor o agrivoltaico, assim como pensar na sua manutenção para que a área siga produzindo conforme esperado nos próximos anos. Os dois profissionais

devem trabalhar em conjunto para a elaboração dos projetos, pensando nos fatores necessários para que tanto a geração de energia quanto a produtividade do cultivo sejam otimizados para as condições ambientais e do projeto. A seguir são detalhados os perfis para os sistemas agrivoltaicos.

5.2.1 PERFIL TÉCNICO NA ÁREA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Para realizar a instalação de sistemas agrivoltaicos o profissional deve possuir formação na área de instalação de sistemas fotovoltaicos, com conhecimentos técnicos da área, como: Fundamentos de eletricidade e de sistemas elétricos: grandezas elétricas, circuitos elétricos, energia elétrica; Tecnologias de sistemas fotovoltaicos, processos para sua montagem e instalação, assim como interpretação de diagramas e layouts.

O profissional da área elétrica responsável pelo projeto agrivoltaico deve ter grande conhecimento de energia solar fotovoltaica, e, além da formação e características citadas anteriormente, algum conhecimento sobre a tecnologia agrivoltaica e conhecimentos básicos de agronomia. As características deste profissional são:

- Possuir formação em nível de graduação, técnico ou tecnólogo na área elétrica como por exemplo formação em Engenharia, Eletrotécnica ou Tecnólogo na área Elétrica ou afim;
- Conhecimento em fundamentos de eletricidade e de sistemas elétricos: grandezas elétricas, circuitos elétricos e energia elétrica;
- Conhecimento de normas técnicas, ambientais, regulamentadoras e legislações aplicáveis aos sistemas fotovoltaicos;
- Conhecimento das documentações envolvidas no processo, assim como de processos logísticos necessários;
- Conhecimento de metrologia aplicada e solarimetria;
- Conhecimentos de metodologias de manutenção preventiva, preditiva e corretiva dos sistemas;
- Conhecimento em procedimentos e ensaios elétricos associados ao comissionamento do sistema fotovoltaico;

- Conhecimento em ferramentas aplicadas ao dimensionamento e simulação de desempenho em sistemas fotovoltaicos.
- Conhecimentos básicos em agronomia e suas aplicações em sistemas agrivoltaicos.

5.2.2 CONHECIMENTOS BÁSICOS EM AGRONOMIA OU CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS DE SISTEMAS AGRIVOLTAICOS. PERFIL TÉCNICO NA ÁREA DE AGRONOMIA

O profissional da área agrônômica deve ter conhecimento na área de agronomia, e, além disso, algum conhecimento sobre a tecnologia agrivoltaica. As características deste profissional são:

- Possuir formação acadêmica na área de agronomia, seja graduação ou curso técnico;
- Conhecimento em construção de planos de plantio;
- Conhecimento em construção de planos de acompanhamento e monitoramento de cultivo agrícola;
- Conhecimento em diferentes tipos de cultivos presentes no contexto brasileiro, e suas necessidades relacionadas a irradiação e irrigação;
- Conhecimentos básicos em energia solar fotovoltaica e suas vantagens quando da aplicação na agricultura.

5.2.3 PERFIL COMPORTAMENTAL

Por comporem uma equipe multidisciplinar, tanto o profissional da área elétrica quanto da agrônômica devem também possuir habilidades comportamentais para a atuação em projetos de sistemas agrivoltaicos, tais como:

- Compreensão oral - Capacidade de ouvir e entender informações e ideias apresentadas de forma verbal e escrita;
- Comunicação - demonstrar atitudes éticas no comportamento e nas relações interpessoais, demonstrar espírito colaborativo em atividades coletivas;
- Ética e trabalho em equipe - apresentar postura ética, reconhecer o seu papel como integrante de equipe multidisciplinar nos diferentes processos de trabalho, considerando os níveis hierárquicos e outras pessoas envolvidas no projeto;

- Capacitação e / ou experiência em projetos participativos ou construções conjuntas;
- Profissionalismo - atuar de forma profissional no exercício de suas responsabilidades;
- Atenção seletiva - Capacidade de se concentrar em uma tarefa durante um período de tempo determinado, sem distração;
- Resolução de problemas - Capacidade de perceber quando algo está errado ou poderá dar errado, assim como reconhecer situações de risco à saúde e à segurança dos trabalhadores. Além disso, identificar as possíveis causas de erros ou falhas operacionais, propor e aplicar ações de solução de acordo com procedimentos e normas de saúde, segurança e meio ambiente;
- Capacidade analítica de controle de qualidade - Realizar testes e inspeções de produtos, serviços ou processos para avaliações de qualidade e desempenho;
- Capacidade analítica de operações - Analisar requisitos e procedimentos para o projeto ou aprimoramento da produção, parâmetros e objetivos de operações, padrões de inspeções, materiais e formas de utilização, instalações, equipamentos, ferramentas, condições e métodos de trabalho;
- Coordenação - Organizar, decidir e empregar suas ações em relação às ações dos outros, para o atingimento de objetivos comuns;
- Gestão do tempo - Gerenciar o próprio tempo e o tempo de outros, considerando os objetivos do trabalho a ser realizado;
- Pensamento Crítico - Utilizar a lógica e o raciocínio para o desenvolvimento de atividades e para identificar os pontos fortes e fracos de soluções alternativas, conclusões ou formas de abordagem de problemas;
- Orientação espacial - Capacidade de saber sua localização em relação ao lugar ou saber a localização de outros objetos em relação à sua localização;

- Criatividade - Capacidade de gerar ideias inovadoras sobre um determinado assunto ou situação, ou desenvolver formas criativas para resolver um problema.

5.3. NOVOS PROFISSIONAIS REQUISITADOS

Como visto nos tópicos anteriores, os profissionais que serão requisitados para os projetos agrivoltaicos deverão possuir conhecimentos além dos técnicos específicos de suas áreas de formação - elétrica ou agronomia. Assim como o trabalho de arquitetos e engenheiros civis, que possuem atuação complementar e conhecimentos básicos da área do outro profissional, o mesmo deve ocorrer para os sistemas agrivoltaicos. Ambos os profissionais também devem ter conhecimentos básicos de agrivoltaicos e como funciona a integração das atividades, para poder trabalhar em conjunto e elaborar um bom planejamento do sistema, considerando a otimização tanto da geração de energia quanto da produtividade do cultivo agrícola.

Dessa forma, os profissionais devem ter um perfil com maior visão sistêmica do projeto, trabalhar de forma colaborativa e pensando na continuidade das atividades agrivoltaicas a longo prazo. Uma outra particularidade destes profissionais são as habilidades comportamentais, que são fundamentais para o bom desenvolvimento do projeto técnico e sua execução, e, além disso, para a boa relação com os agricultores. Esta comunicação efetiva é essencial para o sucesso do projeto e para a aceitação da tecnologia no meio rural.

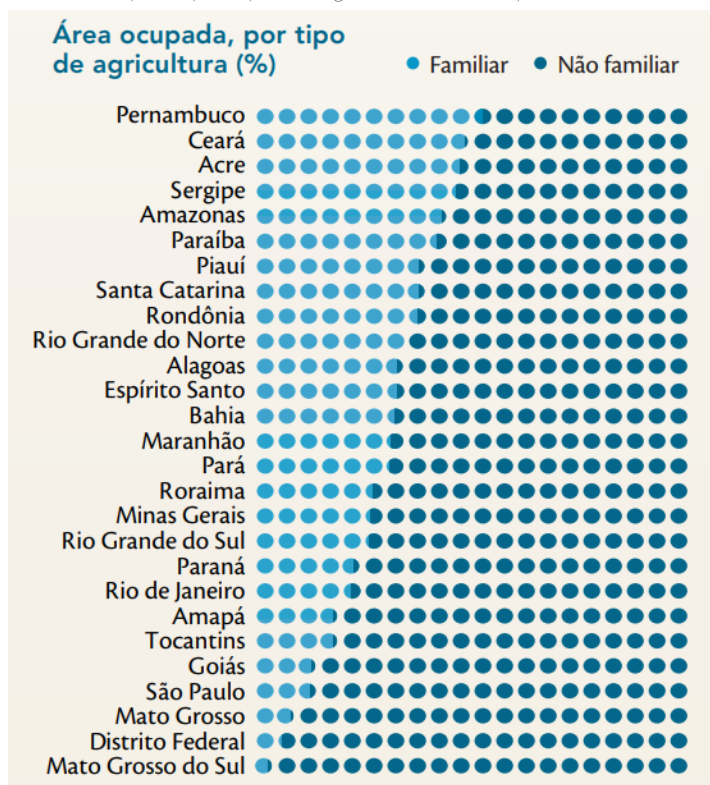
6. ENERGIA SOLAR NO CAMPO: REGIÕES COM MAIORES DEMANDAS

6.1. AGRICULTURA FAMILIAR POR REGIÕES

No Censo Agropecuário de 2017 do IBGE (2019), o mais recente disponível, um total de cerca de 3,9 milhões de estabelecimentos foram identificados como agricultura familiar representando aproximadamente 77% do total de estabelecimentos agropecuários registrados durante o censo daquele ano. Em termos de área, esses estabelecimentos ocupavam cerca de 81 milhões de hectares, o que corresponde a aproximadamente 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários no Brasil (IBGE, 2019).

Referente aos 81 milhões de hectares ocupados pela agricultura familiar, 48% estão destinados a pastagens, enquanto áreas com matas, florestas ou sistemas agroflorestais ocupavam 31% das áreas e por fim, as lavouras ocupavam 15,5%. Os estados de Pernambuco, Ceará e Acre têm as maiores proporções de área ocupada pela agricultura familiar. Já os estados do Centro-Oeste e São Paulo têm as menores (veja FIGURA 21).

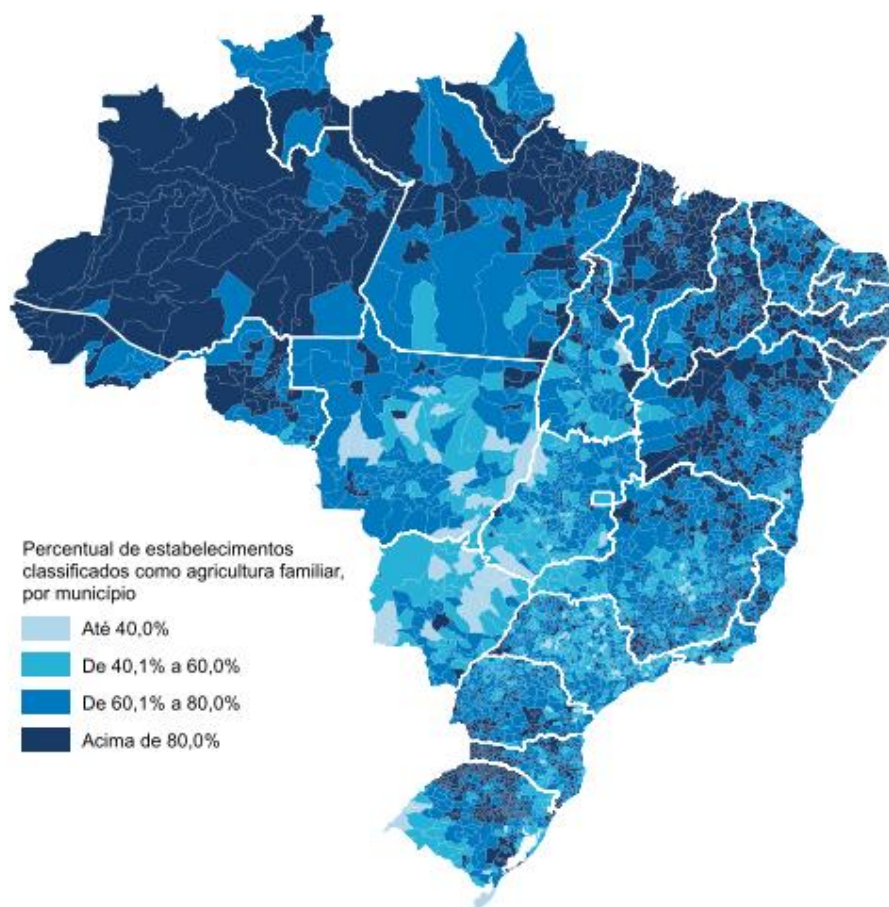
Figura 21 – Área ocupada por tipo de agricultura em % (familiar versus não familiar)



Fonte: IBGE (2019)

A nível municipal, estabelecimentos caracterizados como agricultura familiar predominam (em número) em muitos municípios, com destaque para a região norte e nordeste (IBGE, 2019). As regiões sul e sudeste também possuem uma parte considerável dos municípios onde predominam percentualmente os estabelecimentos de pequenos produtores. Já no centro-oeste do país já existe uma presença mais forte de grandes produtores e latifundiários (FIGURA 22).

Figura 22 - Percentual de estabelecimentos caracterizados como de agricultura familiar em relação ao total de estabelecimentos, por municípios - 2017

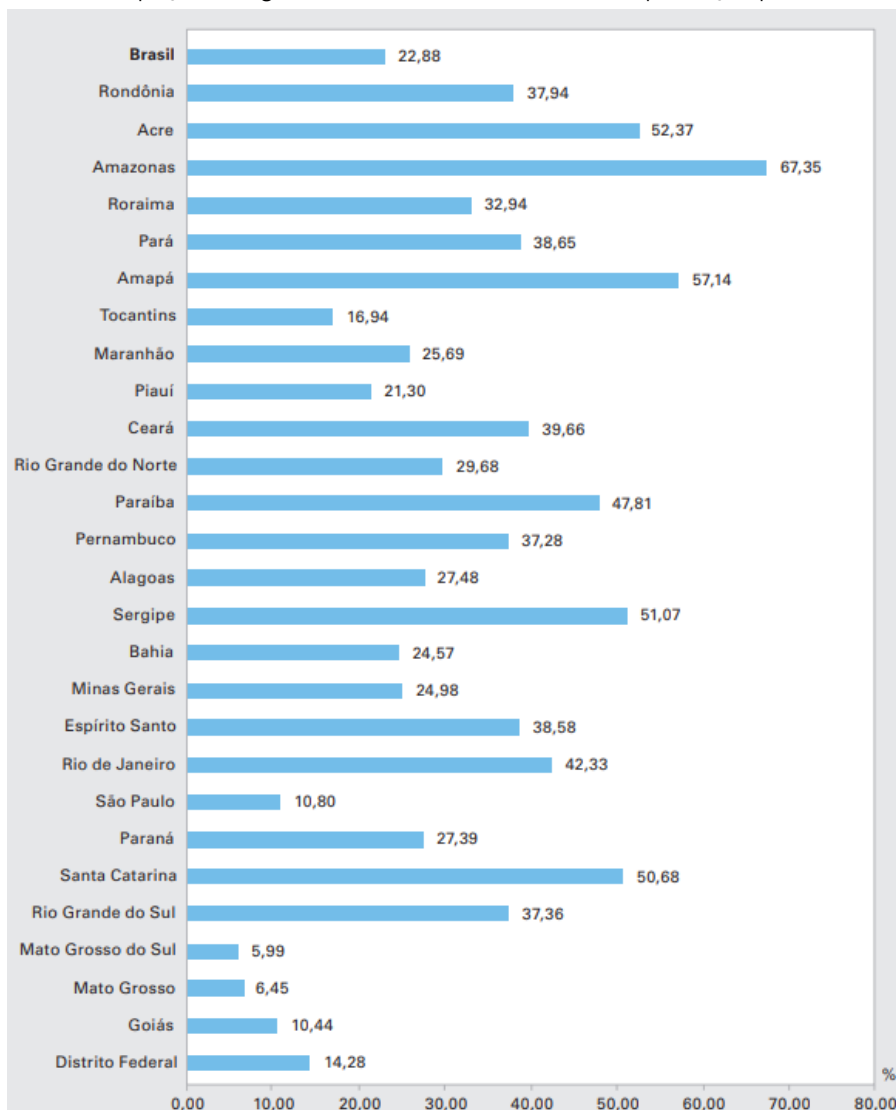


Fonte: IBGE (2019)

Em relação ao valor da produção, a agricultura familiar é responsável por 23% do valor total da produção dos estabelecimentos. Se avaliarmos essa produção por Estados, esse percentual varia bastante, conforme pode-se observar na FIGURA 23. Os estados de maior produção foram o Amazonas, Amapá, Acre, Sergipe, e Santa Catarina. A nível de grandes regiões do país, ao comparar-se a agricultura

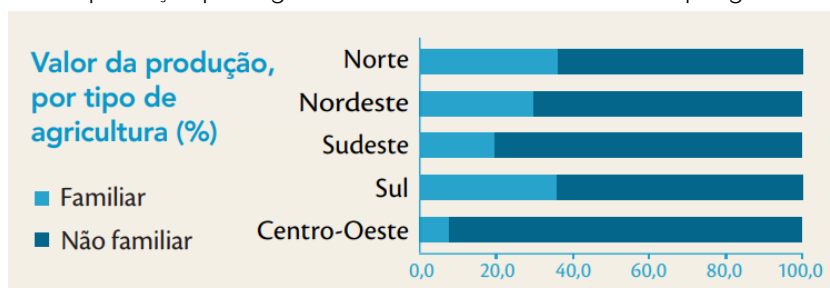
familiar *versus* não familiar, observa-se que os estados do Norte, Sul e Nordeste são responsáveis pelas maiores percentagens de valor da produção (FIGURA 24).

Figura 23 - Participação da agricultura familiar no valor total da produção por Estados (em %)



Fonte: IBGE (2019)

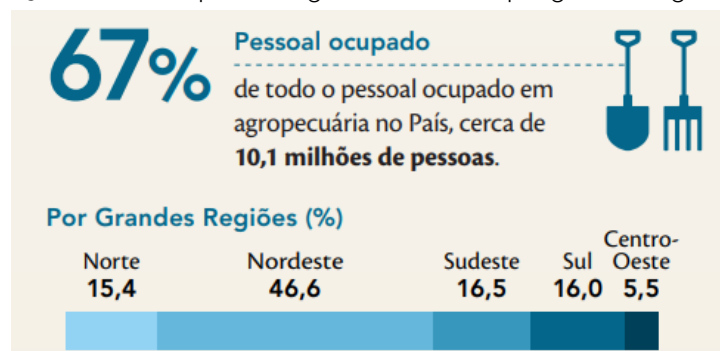
Figura 24 – Valor da produção para agricultura familiar versus não familiar por grandes regiões (em %)



Fonte: IBGE (2019)

De todo o pessoal ocupado em agropecuária no país, cerca de 10,1 milhões de pessoas faziam parte da agricultura familiar, ou seja, 67% do total identificado (FIGURA 25). Desse número de pessoas, a grande maioria encontra-se na região Nordeste do país (46,6%), seguido da região Sudeste (16,5%), Sul (16%), Norte (15,4%) e Centro-Oeste (5,5%).

Figura 25 – Pessoal ocupado na agricultura familiar por grandes regiões (em %)



Fonte: IBGE (2019)

Observa-se portanto, que a agricultura familiar representa a maior parte dos estabelecimentos agropecuários do país (77%) e também representa a maior parte do pessoal ocupado deste setor (67%). Contudo, entre os estabelecimentos agropecuários, agricultura familiar ocupa uma pequena área de terra do país (23%), concentrando-se principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Sul. A região Nordeste destaca-se com a maior parte do pessoal ocupado na agricultura familiar do país, representando quase 47% do total, seguida das regiões Sudeste (16,5%) e Sul (15%). A região Centro-Oeste destaca-se pela agropecuária de larga escala e a monocultura de soja, milho e pecuária.

6.2. ENERGIA SOLAR POR REGIÕES

O nível de irradiação solar varia nas diferentes regiões do Brasil devido a fatores como latitude, altitude, clima e cobertura de nuvens. No entanto, em todas as regiões do país, o potencial de irradiação solar é notável, o que cria oportunidades para o desenvolvimento de projetos de energia solar em diferentes escalas. Isso inclui usinas solares fotovoltaicas de grande porte, bem como a implementação de sistemas de geração distribuída em residências, estabelecimentos comerciais e indústrias, e sistemas agrivoltaicos.

A FIGURA 26 ilustra o valor médio anual do total diário de irradiação solar nas cinco regiões do Brasil. A região Nordeste possui o maior potencial solar., com uma média diária de irradiação global horizontal de 5,49 kWh/m². As regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentam valores diários próximos de irradiação global horizontal, em torno de 5,07 kWh/m². Na região Sul, a média diária de irradiação global horizontal é de 4,53 kWh/m² e na região Norte é 4,64 kWh/m². Os valores relativamente mais baixos de irradiação solar na região Norte são explicados pelas características climáticas, com nebulosidade frequente que reduz a quantidade de radiação solar incidente na superfície. Como resultado, a média diária de irradiação global nos planos horizontal e inclinado é próxima à da região Sul, e a irradiação direta normal é inferior à de todas as outras regiões do país.

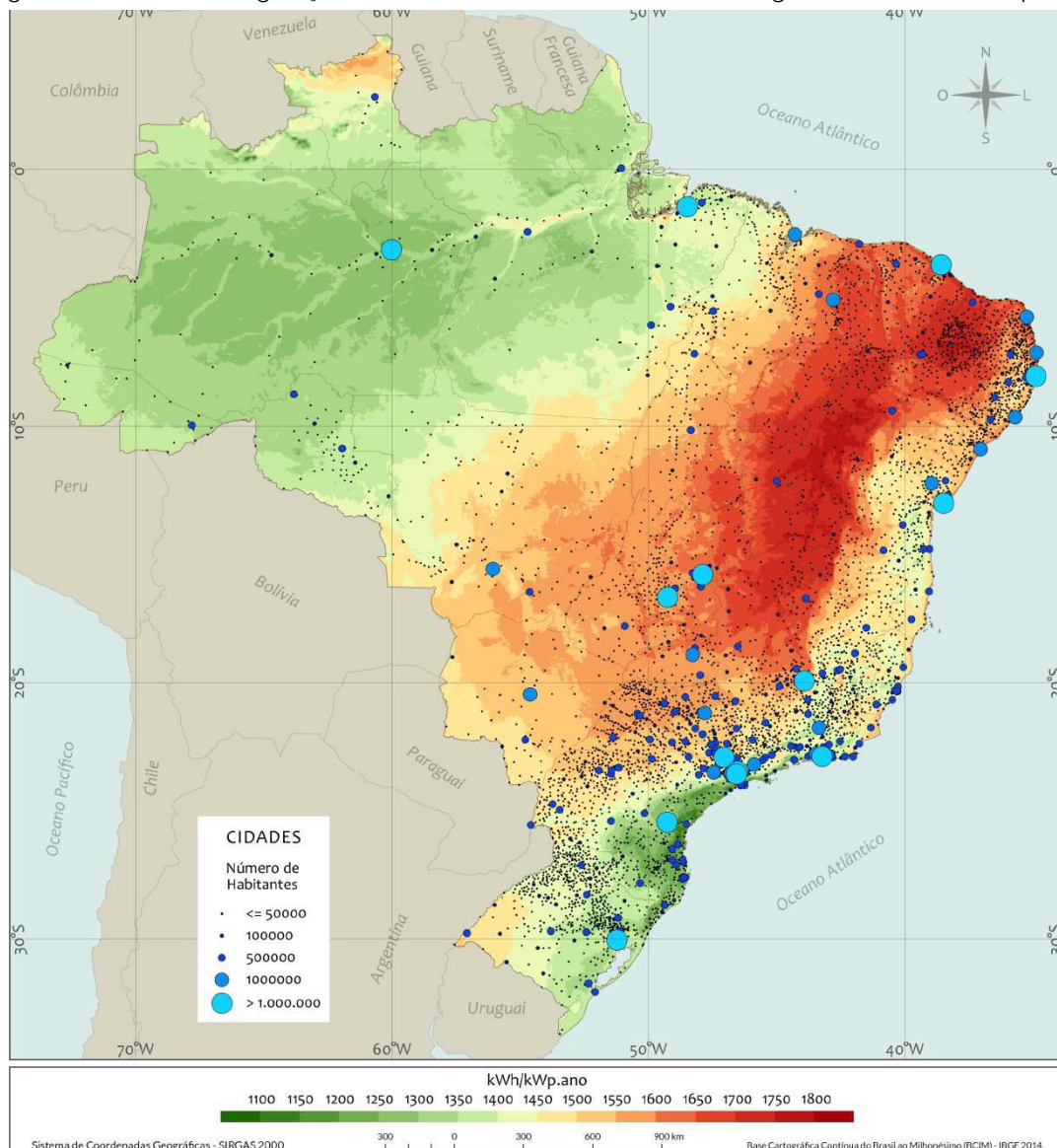
Figura 26 - Níveis de irradiação solar por região



Fonte: INPE (2017)

No Brasil, a geração de energia elétrica por meio de painéis solares fotovoltaicos possui um imenso potencial, como evidenciado no mapa apresentado na FIGURA . O mapa ilustra o rendimento energético anual máximo (medido em kWh de eletricidade gerada por ano para cada kWp de potência fotovoltaica instalada) em todo o território brasileiro. Além disso, a figura apresenta círculos azuis espalhados pelo território brasileiro para destacar as áreas de concentração populacional. Mesmo em regiões com menor incidência solar, é possível gerar mais eletricidade solar do que em locais altamente ensolarados da Alemanha, por exemplo.

Figura 27 – Potencial de geração solar fotovoltaica em rendimento energético anual (kWh/kWp.ano)



Fonte: INPE (2017)

7. ENERGIA SOLAR NO CAMPO: LINHAS DE FINANCIAMENTO

Nos últimos anos, diferentes tipos de linhas de financiamento para projetos em energia solar surgiram no Brasil. Algumas linhas são exclusivas para pessoas físicas ou jurídicas, enquanto outras atendem ambas. Há ainda aquelas exclusivas para o setor rural, que têm como objetivo fomentar o desenvolvimento de produtores e empresas do campo. Este capítulo tem como objetivo apresentar as linhas de financiamento atualmente disponíveis que são passíveis de serem utilizadas na agricultura familiar para uso de tecnologias de energia solar.

O Plano Safra é um dos principais programas do governo federal brasileiro, via Ministério da Agricultura, para o fomento da produção rural do país por meio da garantia de crédito para investimento e custeio da produção agrícola. O Plano Safra é destinado principalmente para pequenos e médios produtores rurais e todos os anos, desde 2003, o governo destina verbas para o programa, que tem vigência de um ano, começando em 1º de julho até junho do ano seguinte. Para a edição de 2022/2023 do Plano Safra o governo disponibilizou um montante de 340,8 bilhões de reais em diversas modalidades de crédito rural (GOVERNO FEDERAL, 2022)(GOVERNO FEDERAL, 2022)

As linhas de crédito do Plano Safra pertencem a variados programas, sendo os principais deles o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e o Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp). Há ainda recursos destinados a outros programas como o Inovagro, Moderagro, Prodecoop, Proirriga, entre outros. Cada programa do Plano Safra tem subdivisões específicas, com taxas de juros que variam de acordo com a situação. O enquadramento em uma ou outra modalidade varia conforme a atividade exercida pelo produtor rural, conforme sua renda anual e o tamanho da propriedade. Essa diferenciação existe justamente para estimular a produção do pequeno produtor, uma vez que esse tende a possuir vantagens competitivas mais baixas em relação a produtores de larga escala.

Outro instrumento financeiro passível de ser utilizado na agricultura familiar para adoção de sistemas energia solar fotovoltaica são os Fundos Constitucionais de Financiamento (FCO, FNE e FNO). Esses fundos são previstos na constituição brasileira, por meio da Lei 7.827 de 1989, que têm como objetivo promover o desenvolvimento econômico e social de determinadas regiões(MINISTÉRIO DA

INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO CONSTITUCIONAL, 2023). Cada fundo é direcionado para uma região específica do país: Fundos Constitucionais de Financiamento do Centro-Oeste (FCO), do Nordeste (FNE) e do Norte (FNO).

Outra linha que pode ser interessante para os pequenos agricultores é o Finame (Financiamento de Máquinas e Equipamentos). O Finame é um programa do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) que oferece crédito para a aquisição de máquinas, equipamentos, veículos e outros bens de capital a serem empregados no exercício da atividade econômica do cliente. Há ainda programas estaduais que podem ser adequados para agricultores familiares que tenham interesse em investir em sistemas de energia solar, como por exemplo o programa *Renova PR*. O programa *Renova PR* foi lançado em 2019 pelo Governo do Estado do Paraná e tem como objetivo estimular a geração de energia renovável e uso eficiente dos recursos naturais no estado.

Essas linhas de financiamento e programas estão apresentados em maiores detalhes nos sub capítulos a seguir.

7.1. PROGRAMA NACIONAL DE FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR (PRONAF)

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) é uma linha de crédito pertencente ao Plano Safra que tem como objetivo prestar atendimento diferenciado a diversos grupos da agricultura família como: assentados da reforma agrária, beneficiários do crédito fundiário, agricultores familiares de baixa renda, agricultores familiares dinâmicos e, inclusive, povos e comunidades tradicionais como indígenas, quilombolas, pescadores artesanais, ribeirinhos e outros.

O Pronaf está presente em praticamente quase todos os municípios do país e a sua execução se dá por meio de bancos públicos e privados, o BNDES e cooperativas de crédito rural. O Pronaf disponibiliza linhas de crédito adequadas às necessidades da agricultura familiar, cada uma com sua especificidade, para atender determinadas finalidades ou público. As linhas de crédito rural ao amparo do Pronaf atualmente disponíveis são: Pronaf Custeio, Pronaf Mais Alimentos (Investimento), Pronaf Microcrédito Produtivo Rural, Pronaf "A", Pronaf "A/C", Pronaf Agroindústria, Pronaf Industrialização, Pronaf ABC + Floresta, Pronaf ABC +

Semiárido, Pronaf ABC+ Agroecologia, Pronaf ABC+ Bioeconomia, Pronaf Mulher, Pronaf Jovem, Pronaf Cotas-Partes, Pronaf Produtivo Orientado (PROGRAMA NACIONAL DE FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR, 2023) .

Dessas linhas disponíveis, as linhas passíveis de financiamento de sistemas de energia solar fotovoltaica são Pronaf ABC + Bioeconomia e Pronaf Agroindústria, ambas apresentadas em maiores detalhes nos subcapítulos a seguir.

7.1.1 PRONAF ABC + BIOECONOMIA

A linha Pronaf ABC + Bioeconomia possibilita o financiamento para investimento na utilização de tecnologias de energia renovável, tecnologias ambientais, armazenamento hídrico, pequenos aproveitamentos hidroenergéticos, silvicultura e adoção de práticas conservacionistas e de correção da acidez e fertilidade do solo, visando sua recuperação e melhoramento da capacidade produtiva.(PROGRAMA NACIONAL DE FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR, 2023)

Podem solicitar essa linha de financiamento agricultores e produtores rurais familiares, pessoas físicas, que apresentem Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP) válida e que cumpram os requisitos para enquadramento. A TABELA 1 apresenta as condições gerais desta linha de financiamento para aquisição de tecnologias de energia renovável. É importante ressaltar que a disponibilidade da linha pode variar de acordo com a região e a agência do banco, além das condições de crédito oferecidas.

Tabela 1 - Condições da linha Pronaf ABC + Bioeconomia para financiamento de tecnologias de energia renovável.

Taxa de juros	Até 5% a.a.
Valor máximo do financiamento	R\$ 200mil
Prazo máximo de financiamento	10 anos
Prazo máximo de carência	5 anos
Onde está linha de crédito está disponível	BNDES, Banco do Brasil, Banco do Nordeste, Banco da Amazônia, Banrisul, Sicredi, Sicoob, entre outros.

7.1.2 PRONAF AGROINDÚSTRIA

O Pronaf Agroindústria foi criado para apoiar a implantação, ampliação ou modernização de agroindústrias familiares, que transformam a produção agropecuária em produtos com maior valor agregado. Os recursos do Pronaf Agroindústria podem ser utilizados para a aquisição de máquinas, equipamentos, veículos utilitários, construção e reforma de instalações e aquisição de matérias-primas, e investimentos em tecnologias de energia renovável, como o uso de biomassa, eólica, miniusinas de biocombustíveis e a substituição de tecnologia de combustível fóssil por renovável nos equipamentos e máquinas agrícolas de uso na agroindústria.

Para ter acesso ao Pronaf Agroindústria, é necessário que o empreendimento esteja cadastrado no Programa Nacional de Agricultura Familiar (Pronaf) e seja considerado uma unidade familiar de produção rural. Além disso, a agroindústria deve estar localizada em área rural e ter como atividade principal a transformação de produtos agropecuários produzidos pela própria unidade familiar.

O objetivo do Pronaf Agroindústria é promover a agregação de valor à produção agropecuária, gerando renda e melhorando a qualidade de vida das famílias agricultoras. Além disso, o programa busca fomentar o desenvolvimento sustentável e a diversificação das atividades produtivas no campo. A TABELA 2 apresenta as condições gerais desta linha de financiamento. É importante ressaltar que a disponibilidade da linha pode variar de acordo com a região e a agência do banco, além das condições de crédito oferecidas.

Tabela 2 - Condições da linha Pronaf Agroindústria

Taxa de juros	Até 6% a.a.
Valor máximo do financiamento	Pessoa física – até R\$ 200mil Pessoa jurídica – até R\$ 7 milhões Cooperativa – até 35 milhões, com R\$ 45mil por cooperado/a
Prazo máximo de financiamento	Até 10 anos
Prazo máximo de carência	Até 3 anos
Onde está linha de crédito está disponível	BNDES, Banco do Brasil, Banco do Nordeste, Banco da Amazônia, Caixa, entre outros.

7.2. PROGRAMA NACIONAL DE APOIO AO MÉDIO PRODUTOR RURAL (PRONAMP)

O Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp) é também, assim como o Pronaf, um programa pertencente ao Plano Safra. A diferença está no público-alvo de cada iniciativa: o Pronamp atende as propriedades de médio porte, enquanto o Pronaf vale para os representantes da agricultura familiar. Podem solicitar crédito do Pronamp os produtores rurais que tenham renda bruta anual de até R\$ 2,4 milhões. Além disso, é necessário que o produtor esteja em dia com suas obrigações financeiras e tributárias, e apresente um projeto técnico para a utilização do crédito.

O Pronamp pode financiar atividades de Custeio e de Investimento. A modalidade Pronamp Custeio atende a despesas operacionais, que auxiliam na manutenção da propriedade. Por sua vez, a modalidade Pronamp Investimento serve para aprimorar a produção agropecuária do produtor solicitante, seja via aquisição de maquinário ou implementação de um sistema de energia renovável, por exemplo.

A TABELA 3 apresenta em mais detalhes as condições de financiamento do Pronamp. É importante salientar que as condições e critérios de financiamento podem variar de acordo com a instituição financeira que oferece a linha de crédito.

Tabela 3 – Condições do Pronamp

Taxa de juros	8% a.a.
Valor máximo do financiamento	Até R\$ 430mil por ano-safra
Prazo máximo de financiamento	Até 8 anos
Prazo máximo de carência	Até 3 anos
Onde está linha de crédito está disponível	BNDES, Banco do Brasil, Caixa, Santander, entre outros.

7.3. PROGRAMA DE INCENTIVO À INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (INOVAGRO)

O Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária (Inovagro) tem como objetivo apoiar investimentos necessários à incorporação de inovação tecnológica nas propriedades rurais, inclusive sistemas de energias

renováveis, visando ao aumento da produtividade, à adoção de boas práticas agropecuárias e de gestão da propriedade rural, e à inserção competitiva dos produtores rurais nos diferentes mercados consumidores. Se enquadram como beneficiários deste programa produtores rurais (pessoa física e jurídica) e suas cooperativas de produção.

A TABELA 4 apresenta em mais detalhes as condições de financiamento do Inovagro. É importante salientar que as condições e critérios de financiamento podem variar de acordo com a instituição financeira que oferece a linha de crédito.

Tabela 4 - Condições de financiamento do Inovagro

Taxa de juros	10,5% a.a.
Valor máximo do financiamento	Empreendimento individual - R\$ 1,3 milhões por cliente Empreendimento coletivo - R\$ 3,9 milhões, respeitando limite individual
Prazo máximo de financiamento	Até 10 anos
Prazo máximo de carência	Até 3 anos
Onde está linha de crédito está disponível	BNDES, Banco do Brasil, Caixa, Santander, entre outros.

7.4. PROGRAMA DE FINANCIAMENTO À AGRICULTURA IRRIGADA E AO CULTIVO PROTEGIDO (PROIRRIGA)

O Programa de Financiamento à Agricultura Irrigada e ao Cultivo Protegido (Proirriga) tem como objetivo:

- apoiar o desenvolvimento da agropecuária irrigada sustentável, econômica e ambientalmente viáveis;
- fomentar o uso de estruturas para a produção em ambiente protegido, com o objetivo de aumentar a produtividade e qualidade das culturas;
- proteger a fruticultura em regiões de clima temperado contra a incidência de granizo.

Os beneficiários do programa são produtores rurais (pessoas físicas e jurídicas) e suas cooperativas de produção agrícola. Sistemas de energia solar fotovoltaica não são diretamente mencionados entre os itens financiáveis do

programa, contudo menciona-se que são financiáveis “investimentos relacionados com todos os itens inerentes aos sistemas de irrigação, inclusive infraestrutura elétrica, reserva de água e equipamento para monitoramento da umidade no solo” (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022a) . Portanto, é possível que projetos relacionados à energia solar fotovoltaica, principalmente sistemas agrivoltaicos, possam ser financiados, desde que estejam em conformidade com as diretrizes do programa. Se há interesse do produtor rural implementar um sistema de irrigação com um sistema de energia solar utilizando o Proirriga como linha de financiamento, é importante verificar com a instituição financeira escolhida quais são as condições e requisitos para o financiamento deste tipo de equipamento.

A TABELA 5 apresenta as condições de financiamento do Proirriga. As condições e critérios de financiamento podem variar de acordo com a instituição financeira que oferece a linha de crédito.

Tabela 5 - Condições de financiamento do Proirriga

Taxa de juros	10,5% a.a.
Valor máximo do financiamento	Empreendimento individual – R\$ 3,3 milhões Empreendimento coletivos – R\$ 9,9 milhões, respeitando o limite individual
Prazo máximo de financiamento	Até 10 anos
Prazo máximo de carência	Até 3 anos
Onde está linha de crédito está disponível	BNDES, Banco do Brasil, Caixa, Banrisul, entre outros.

7.5. PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO COOPERATIVO PARA AGREGAÇÃO DE VALOR À PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (PRODECOOP)

O Programa de Desenvolvimento Cooperativo para Agregação de Valor à Produção Agropecuária tem como objetivo fornecer crédito para a modernização de sistemas produtivos e comercialização do complexo agroindustrial das cooperativas brasileiras. Os beneficiários deste programa incluem:

- cooperativas singulares de produção agropecuária, agroindustrial, aquícola ou pesqueira;
- cooperativas centrais formadas exclusivamente por cooperativas de produção agropecuária, agroindustrial, aquícola ou pesqueira;
- federações e confederações que atuem diretamente na fabricação de insumos e no processamento e industrialização da produção, desde que sejam formadas exclusivamente por cooperativas de produção agropecuária, agroindustrial, aquícola ou pesqueira.

O Prodecoop fornece seus recursos financeiros para projetos de investimento em infraestrutura, aquisição de máquinas e equipamentos, melhoria de processos produtivos, incluindo “implantação de sistemas para geração e cogeração de energia e linhas de ligação, para consumo próprio como parte integrante de um projeto de agroindústria” (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022b). (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022b). Ou seja, dentre os itens financiáveis do programa, não há menção específica sobre sistemas de energia solar fotovoltaica, contudo é possível que esses sistemas sejam passíveis de financiamento desde que estejam em conformidade com as diretrizes do programa.

A TABELA 6 apresenta as condições de financiamento do Proirriga. As condições e critérios de financiamento podem variar de acordo com a instituição financeira que oferece a linha de crédito.

Tabela 6 – Condições de financiamento do Proirriga

Taxa de juros	11,5% a.a.
Valor máximo do financiamento	Até R\$ 150 milhões por cooperativa
Prazo máximo de financiamento	Até 10 anos
Prazo máximo de carência	Até 3 anos
Onde está linha de crédito está disponível	BNDES, Banco do Brasil, Caixa, Banrisul

7.6. FUNDO CONSTITUCIONAL DE FINANCIAMENTO (FNE, FNO E FCO)

Os Fundos Constitucionais de Financiamento (FNE, FNO e FCO) são instrumentos de política pública de crédito criados pela Constituição Federal de

1988, com a finalidade de promover o desenvolvimento econômico e social das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, respectivamente.

Esses fundos são administrados pelo Banco do Nordeste (FNE), Banco da Amazônia (FNO) e Banco do Brasil (FCO) e possuem recursos oriundos de percentuais das receitas de impostos de competência da União. Os recursos dos fundos são utilizados para financiar projetos produtivos de pessoas físicas e jurídicas que estejam localizadas nas áreas de abrangência dos respectivos fundos. Os financiamentos podem ser destinados para diversos setores da economia, como agricultura, indústria, comércio, serviços, infraestrutura, entre outros.

Os fundos possuem condições diferenciadas de juros, prazos e carência, que variam de acordo com o tipo de projeto e a localização da empresa. Além disso, os fundos também contam com linhas de crédito específicas para setores estratégicos, como energia renovável, turismo, agricultura familiar, entre outros. O objetivo é contribuir para a geração de emprego e renda, bem como para o desenvolvimento sustentável das regiões beneficiadas.

Os subcapítulos a seguir apresentam as linhas dos Fundos Constitucionais que podem ser boas oportunidades para os agricultores familiares viabilizarem investimentos em energia solar fotovoltaica no campo.

7.6.1 FNE SOL – BANCO DO NORDESTE

O Fundo Constitucional do Nordeste (FNE) tem como objetivo promover o desenvolvimento econômico e social da região Nordeste do Brasil. O FNE é administrado pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e tem como área de aplicação todos os estados nordestinos, além do norte dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, incluídos na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) (GONÇALVES; ESTEVES, 2019). (GONÇALVES; ESTEVES, 2019).

O Programa de Financiamento à Micro e Minigeração Distribuída de Energia Elétrica e Sistemas Off-grid (FNE SOL) do BNB tem como objetivo financiar projetos de micro e minigeração distribuída por fontes renováveis, inclusive de forma isolada, para consumo próprio ou locação. Os beneficiários do programa são empresas, produtores rurais e pessoas físicas, e são passíveis de financiamento os

componentes e instalação dos sistemas de energia solar fotovoltaica, eólica, biomassa ou pequenas centrais hidroelétricas (PCH).

A **TABELA 7** apresenta as condições de financiamento do FNE SOL disponíveis pelo BNB para produtores rurais.

Tabela 7 - Condições de financiamento do FNE SOL para produtores rurais

Taxa de juros	4,39% a.a. – 4,94% a.a. (a depender do porte do produtor rural)
Valor máximo do financiamento	R\$ 100.000,00
Prazo máximo de financiamento	12 anos
Prazo máximo de carência	6 meses
Onde está linha de crédito está disponível	Banco do Nordeste do Brasil (BNB)

Fonte: BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (2021) BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (2021)

7.6.2 FNO RURAL VERDE – BANCO DA AMAZÔNIA

O Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) tem como objetivo fomentar o desenvolvimento da Região Norte, com recursos voltados ao financiamento dos setores produtivos da indústria, agroindústria, agropecuária, turismo, comércio e prestação de serviços, inovação, tecnologia e produtos essenciais da biodiversidade, seguidos pelo apoio à infraestrutura econômica da região, com projetos voltados à logística e saneamento.

A execução dos recursos é feita pelo Banco da Amazônia (BASA) e, em suas condições de administrador dos recursos do FNO, o BASA efetua operações que atendem prioritariamente aos seguimentos produtivos de menor porte (mini/micro, pequenos empreendedores, microempreendedores individuais e agricultura de base familiar) (BANCO DA AMAZÔNIA, 2023). A área de atuação do FNO compreende os sete estados da região Norte: Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins.

Uma das linhas do FNO que são passíveis para financiamento de investimentos em sistemas de produção de energias renováveis para consumo próprio de empreendimentos rurais é a linha FNO Rural Verde. Os beneficiários da linha FNO Rural Verde incluem:

- produtores rurais pessoas físicas ou jurídicas;
- populações tradicionais da Amazônia (povos indígenas, comunidades quilombolas, ribeirinhos, extrativistas, pescadores artesanais, entre outros povos da floresta) não contempladas pelo PRONAF;
- pessoas jurídicas de direito privado do setor rural, inclusive empresários individuais, empresas individuais de responsabilidade limitada (EIRELLI) associações e cooperativas, organizadas de conformidade com a legislação vigente no país.

Além de investimentos em energias renováveis, esta linha também apoia empreendimentos com adoção de veículos elétricos, híbridos ou que utilizem energia renovável, inclusive a estrutura de abastecimento elétrico; obras ecológicas; projetos que apoiem a biodiversidade e atividades no âmbito da Agricultura de Baixo Carbono.

Tabela 8 – Condições de financiamento do FNO Rural Verde para projetos de energia renovável

Taxa de juros	6,87% a.a.
Valor máximo do financiamento	Varia conforme capacidade de pagamento do beneficiário
Prazo máximo de financiamento	12 anos
Prazo máximo de carência	6 anos
Onde está linha de crédito está disponível	Banco da Amazônia

Fonte: BANCO DA AMAZÔNIA (2023) BANCO DA AMAZÔNIA (2023)

7.6.3 FCO RURAL – BANCO DO BRASIL

O Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO) apresenta taxas de juros mais baixas que as do mercado, prazo de pagamento mais longo e carência maior do que muitas linhas de financiamento, sendo que 20 milhões é o valor máximo financiado pelo Fundo (GOVERNO FEDERAL, 2023)(GOVERNO FEDERAL, 2023). Os beneficiários do FCO são produtores rurais ou empresários (de micro a grande porte) que desenvolvem suas atividades nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás ou Distrito Federal (GOVERNO FEDERAL, 2023)(GOVERNO FEDERAL, 2023). O fundo é operacionalizado por diferentes

bancos, a depender da região. Dessa forma, pessoas interessadas em obter financiamento com recursos do FCO devem buscar um banco credenciado com esta linha de financiamento.

Uma das linhas disponíveis do FCO para produtores rurais no Banco do Brasil é a linha FCO Rural que está disponível para cooperativas de produção, produtores rurais, pessoas físicas ou jurídicas e associações localizadas na região Centro-Oeste. O FCO Rural visa atender o setor produtivo agropecuário e agroindustrial. Os itens financiáveis não constam explícitos no site, porém existem diferentes linhas que aparentemente podem financiar sistemas fotovoltaicos.

A TABELA 9 apresenta as condições de financiamento do FCO Rural oferecido pelo Banco do Brasil.

Tabela 9 - Condições de financiamento do FCO Rural

Taxa de juros	7% a.a. - 10% a.a. (A depender do porte do cliente)
Valor máximo do financiamento	R\$ 20 milhões
Prazo máximo de financiamento	Até 20 anos
Prazo máximo de carência	Até 12 anos
Onde está linha de crédito está disponível	Banco do Brasil

Fonte: BANCO DO BRASIL (2023) BANCO DO BRASIL (2023)

7.7. BNDES FINAME BAIXO CARBONO

A Agência Especial de Financiamento Industrial (Finame) é uma empresa pública brasileira subsidiária do BNDES. Ou seja, o BNDES é responsável por gerir, fiscalizar e coordenar os programas do Finame. O Finame oferece diversas linhas de crédito e tem como objetivo financiar a produção e comercialização de máquinas e equipamentos novos nacionais credenciados no BNDES para nacionais que atuam em diversos setores da economia no país. O intuito do Finame é fomentar a modernização da indústria brasileira e estimular o desenvolvimento econômico do país.

Dentre as diferentes linhas de financiamento existentes, a linha Finame Baixo Carbono apresenta oportunidades para produtores rurais adquirirem seus próprios

sistemas de energia solar. Essa linha financia a aquisição de bens e serviços de baixo carbono, como equipamentos e tecnologias que ajudam a reduzir as emissões dos gases do efeito estufa. São financiáveis: sistemas de geração de energia solar e eólica, aquecedores solares, ônibus e caminhões elétricos, híbridos e movidos exclusivamente a biocombustível e demais máquinas e equipamentos com maiores índices de eficiência energética.

Os beneficiários desta linha incluem:

- empresas sediadas no País;
- administração pública;
- empresários individuais e microempreendedores;
- produtores rurais (pessoa física residente e domiciliada no País);
- transportadores autônomos de carga e pessoas físicas associadas a cooperativa de transporte rodoviário de cargas;
- fundações, associações e cooperativas sediadas no País;
- pessoas físicas residentes e domiciliadas no País; e
- condomínios.

As taxas de juros do Finame Baixo Carbono variam de acordo com o porte da empresa, o valor financiado, o prazo de pagamento e a garantia oferecida. A [TABELA 10](#) apresenta as condições de financiamento do Finame Baixo Carbono.

Tabela 10 - Condições de financiamento do BNDES Finame Baixo Carbono

Taxa de juros	TFB, TLP ou SELIC + Taxa BNDES (0,95% a.a.) + Taxa do Agente Financeiro (3,5% a.a.) ¹⁵
Valor máximo do financiamento	Varia de acordo com o projeto e capacidade financeira da empresa.
Prazo máximo de financiamento	Até 10 anos
Prazo máximo de carência	Até 2 anos
Onde está linha de crédito está disponível	Instituições financeiras credenciadas ao BNDES

Fonte: BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL (BNDES) (2023) BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL (BNDES) (2023)

¹⁵ As taxas da linha Finame Baixo Carbono são calculadas por operações indiretas e são compostas pelo Custo Financeiro, Taxa do BNDES e Taxa do Agente Financeiro. Entenda como é calculada [aqui](#).

8. CONCLUSÕES

As energias renováveis já são uma realidade no contexto elétrico brasileiro, somando mais de 80% da matriz nacional (ANEEL/ABSOLAR, 2023). Na agricultura, as tecnologias baseadas no aproveitamento da energia solar estão aumentando para atividades como irrigação, iluminação, aquecimento, arrefecimento e secagem de grãos (RAHMAN et al., 2022). Duas aplicações de energia solar no campo são o bombeamento de água com energia solar e os sistemas agrivoltaicos.

Neste estudo foram apresentados os conceitos, benefícios, desafios e principais tipologias destas duas aplicações da tecnologia, além de cases de sucesso nacionais e internacionais. O desenvolvimento da tecnologia agrivoltaica em países como Alemanha, Estados Unidos e China, por exemplo, pode guiar o crescimento do setor no Brasil, para que aconteça de forma organizada e que sejam estabelecidos padrões técnicos para nortear o planejamento destes sistemas.

De forma geral, a adoção de sistemas de energia renovável na agricultura se tornou uma realidade para os países desenvolvidos, mas ainda há desafios econômicos, técnicos, contratuais e de informação para que estes benefícios sejam uma realidade para os pequenos agricultores e ecossistemas agrícolas em países em desenvolvimento. A falta de capacitação e programas de treinamento adequados e de pessoal qualificado é um grande desafio.

Os profissionais de energia solar no campo precisam ter um conjunto diverso de habilidades e conhecimentos técnicos, incluindo engenharia elétrica, sistemas fotovoltaicos, eletrônica e sistemas de controle, segurança elétrica, trabalho em equipe, gerenciamento de projetos e habilidades de comunicação. A comunicação é um aspecto de alta relevância porque grande parte dos pequenos agricultores não possuem fácil acesso a informações sobre o funcionamento ou a serviços de instalação e manutenção dos sistemas de energia solar.

No caso de sistemas agrivoltaicos, o perfil de profissionais para realizar o projeto e instalação ainda não é bem definido, por não existir diretrizes oficiais em corpos de normas na maioria dos países. Documentos como a DIN SPEC 91434 alemã, que tem como objetivo preparar um método de teste para sistemas agrivoltaicos, podem auxiliar no planejamento dos projetos em contexto nacional em um primeiro momento, até a elaboração de diretrizes brasileiras. Além disso

estes documentos internacionais, assim como o presente estudo, devem servir de base para identificar os perfis profissionais e habilidades necessárias para o desenvolvimento do setor.

Neste estudo foram identificados dois perfis técnicos necessários. Um perfil é de um profissional técnico na área elétrica, que será responsável por projetar, instalar e garantir o bom funcionamento do sistema de geração de energia, suas estruturas, pensar na segurança e manutenção do sistema. O outro perfil é de um profissional da área agrônômica, que será responsável pelo planejamento das culturas agrícolas que irão compor o agrivoltaico, assim como pensar na sua manutenção para que a área siga produzindo conforme esperado nos próximos anos. Os dois profissionais devem trabalhar em conjunto para a elaboração dos projetos, pensando nos fatores necessários para que tanto a geração de energia quanto a produtividade do cultivo sejam otimizados para as condições ambientais e do projeto.

Para lidar com essa transversalidade de conhecimentos, sugere-se que cursos de agronomia acrescentem uma disciplina sobre conhecimentos de energia solar fotovoltaica e sistemas agrivoltaicos. Sugere-se também, a inserção de conteúdos mais específicos em sistemas agrivoltaicos nos cursos existentes em sistemas de energia solar fotovoltaica. Além disso, sugere-se também a criação de um curso curto de especialização em agrivoltaicos direcionado tanto para profissionais da área de energia, quanto para profissionais da área de agronomia.

É importante que a tecnologia e sistemas de financiamento estejam disponíveis para pequenos agricultores e também que os programas de capacitação sejam acessíveis aos profissionais locais, a fim de promover a inclusão e o desenvolvimento da comunidade.

Além disso, é também preciso desenvolver padrões técnicos e processos de controle de qualidade eficazes para garantir a segurança e a eficiência dos sistemas agrivoltaicos no campo. Por fim, é importante destacar que a adoção de sistemas de energia solar no campo não é apenas benéfica para a agricultura, mas também para o meio ambiente e a sociedade em geral. Ao promover a sustentabilidade e a segurança alimentar, esses sistemas contribuem para mitigar os efeitos do aquecimento global e para melhorar a qualidade de vida das

comunidades locais. Portanto, é essencial que esses sistemas continuem sendo desenvolvidos e aprimorados, e que sejam acessíveis a todos os agricultores, independentemente de sua localização ou situação socioeconômica para atingir objetivos de uma transição energética justa e acessível.

REFERENCIAS

ADEME et al. Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et agrivoltaïsme - Etat de l'art bibliographique., 2021.

ALIYU, M. et al. A review of solar-powered water pumping systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 87, n. August 2017, p. 61–76, 2018.

ALVARENGA, A. C.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Aplicação na Irrigação da Agricultura Familiar. Sinergia, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 311–318, 2014.

ANEEL/ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil - Infográfico Março 2023. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 24 mar. 2023.

ARAGÃO, M. L. Sistemas agrofotovoltaicos e o papel fundamental do povo Pankará junto à comunidade científica em Itacuruba, PE. Disponível em: <<https://www.agrega.org.br/2023/06/13/sistemas-agrofotovoltaicos-e-o-papel-fundamental-do-povo-pankara-junto-a-comunidade-cientifica-em-itacuruba-pe-0611/>>. Acesso em: 7 jul. 2023.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Programa de Financiamento à Agricultura Irrigada e ao Cultivo Protegido (Proirriga). Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/mcr/manual/09021771806f500f.htm>>. Acesso em: 3 abr. 2023a.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Programa de Desenvolvimento Cooperativo para Agregação de Valor à Produção Agropecuária (Prodecoop). Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/mcr/manual/09021771806f5012.htm>>. Acesso em: 3 abr. 2023b.

BANCO DA AMAZÔNIA. Programação Financeira: FNO 2023. Belém-PA: [s.n.].

BANCO DO BRASIL. FCO Rural. Disponível em: <<https://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/cooperativas/fco-rural#/>>. Acesso em: 6 abr. 2023.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. Fne Sol Produtor Rural Mais Sustentabilidade No Campo. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/3539268/4214878/CARTILHA_FNE_SOL_V6_23-04-2021__maisSustentabilidade.pdf/0b04e7c8-f91e-0a2e-8acb-8dbaabd12eb9>.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL (BNDES). BNDES Finame - Baixo Carbono. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finame-baixo-carbono>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL (BNDES). Como obter um financiamento BNDES Finame? Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/finame/como-obter-inanciamento-finame/como-obter-financiamento-finame/!ut/p/z1/xVRLU-JAEL7zK9wDx2EG8t5bDI8sRGRBeeRiTZKBjEVmYjISgdfbIFYppeCWtWUO6UzX193f1-keHNbOzmo1PAcDH_vXq8WhoBu-oopLQdd4jheheRM4>. Acesso em: 10 abr. 2023.

BEHERA, D. D.; MOHANTY, A. M.; MOHANTY, R. C. Recent advances in solar drying technologies: A Comprehensive review. *Journal of Energy Systems*, v. 6, n. 4, p. 503–519, 2022.

BÜHRING, G. M. B.; SILVEI, V. C. P. O biogás e a produção de suínos no sul do Brasil. *Revista brasileira de energias renováveis*, 2016.

CNNBRASIL. Energia solar supera eólica e se torna 2ª maior fonte brasileira , diz Absolar. p. 1–7, 2023.

DOE. Market Research Study: Agrivoltaics. 2022. Disponível em: <https://science.osti.gov/-/media/sbir/pdf/Market-Research/SETO---Agrivoltaics-August-2022-Public.pdf>. Acesso em: 05 out. 2023

ENERGIA.COOP. Ambicoop. Disponível em: <<https://www2.energia.coop/brasil/mapa-de-iniciativas/cooperativa/ambicoop/>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

EPE. Papel da Biomassa na Expansão da Geração de Energia Elétrica. *Estudos de Longo Prazo; Documento de Apoio ao PNE 2050*, p. 26, 2018.

EPE. Balanço Energético Nacional Relatório Síntese 2022. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_Síntese_2022_PT.pdf>.

ESPERANCINI, M. S. T. et al. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. *Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 1, p. 110–118, 2007.

FRAUNHOFER. Photovoltaics report. Freiburg: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>>.

GESE, P. et al. Agrivoltaic in Chile – Integrative solution to use efficiently land for food and energy production and generating potential synergy effects shown by a pilot plant in Metropolitan region 1 . General Introduction. 2019.

GLEICK, P. H. Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs.

Water International, v. 21, n. 2, p. 83–92, 1996.

GONÇALVES, M. F.; ESTEVES, L. A. Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE): 30 Anos Contribuindo para o Desenvolvimento Regional. [s.l.: s.n.].

GOVERNO FEDERAL. Plano Safra concede crédito de mais de R\$ 340 bilhões aos produtores rurais. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2022/12/plano-safra-concede-credito-de-mais-de-r-340-bilhoes-aos-produtores-rurais>>. Acesso em: 30 mar. 2023.

GOVERNO FEDERAL. FCO - Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste. Disponível em: <<https://www.gov.br/sudeco/pt-br/assuntos/fundo-constitucional-de-financiamento-do-centro-oeste>>. Acesso em: 6 abr. 2023.

HERMANN, C. et al. Agrivoltaics : Opportunities for Agriculture and the Energy Transition Publishing notes. n. April, 2022.

IBGE. Censo agropecuário: resultados definitivos 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73096>>.

INPE. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2a. ed. São José dos Campos, 2017.

IRENA. Renewable capacity statistics 2023. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023>>.

ISE, F. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems Ise Agrivoltaics : Opportunities for Agriculture and the Energy Transition October 2020 a Guideline for Germany. n. October, 2020.

JAE-HYUK, B. P.; COUNTY, H. Agrivoltaics emerge as new income source for aging Korean farmers. Disponível em: <https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2023/03/129_335503.html>. Acesso em: 29 mar. 2023.

LACERDA, F. F. et al. Conceito de sistemas agrovoltaicos no Nordeste: uma solução de desenvolvimento ecossustentável para o Semiárido nordestino. Geography Department University of Sao Paulo, v. 42, p. e189543, 2022.

MACKNICK, J. et al. The 5 Cs of Agrivoltaic Success Factors in the United States: Lessons From the InSPIRE Research Study. n. August, p. 80, 2022.

MARTINEZ, M. Sistema que combina produção de comida e energia solar pode ajudar famílias no semiárido. 2022.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO CONSTITUCIONAL. Fundos Constitucionais de Financiamento (FNO, FNE, FCO). Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/fundos-regionais-e-incentivos-fiscais/fundos-constitucionais-de-financiamento-fno-fne-e-fco>>. Acesso em: 1 abr. 2023.

MME; EPE. Plano Nacional de Energia - PNE 2050. Plano Nacional de Energia - PNE 2050, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2020.

MOTA, K. AGROBV 2022 - Novo sistema de irrigação via energia solar é lançado durante Maior Feira da Agricultura Familiar. Disponível em: <<https://boavista.rr.gov.br/noticias/2022/7/agrobv-2022-novo-sistema-de-irrigacao-via-energia-solar-e-lancado-durante-maior-feira-da-agricultura-familiar>>. Acesso em: 22 mar. 2023.

PASCARIS, A. S. et al. Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics. *Energy Research and Social Science*, v. 75, n. February, p. 102023, 2021.

PERIASAMY, P.; JAIN, N. K.; SINGH, I. P. A review on development of photovoltaic water pumping system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 43, p. 918–925, 2015.

Prefeitura lança inédito sistema de irrigação fotovoltaica para atender áreas rurais e indígenas de Boa Vista Interior. Disponível em: <<https://roraimaemfoco.com/prefeitura-lanca-inedito-sistema-de-irrigacao-fotovoltaica-para-atender-as-areas-rurais-e-indigenas-de-boa-vista/>>. Acesso em: 22 mar. 2023.

PROGRAMA NACIONAL DE FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR. Linhas de crédito do Pronaf. Safra 2022 / 2023. [s.l.: s.n.].

PYTILINSKI, J. T. Solar energy installations for pumping irrigation water. *Solar Energy*, v. 21, n. 4, p. 255–262, 1978.

RAHMAN, M. M. et al. Powering agriculture: Present status, future potential, and challenges of renewable energy applications. *Renewable Energy*, v. 188, p. 731–749, 2022.

RATHORE, P. K. S.; DAS, S. S.; CHAUHAN, D. S. Perspectives of solar photovoltaic water pumping for irrigation in India. *Energy Strategy Reviews*, v. 22, n. November, p. 385–395, 2018.

SCHINDELE, S. et al. Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, v. 265, n. February, p. 114737, 2020.

SHORT, T. D.; THOMPSON, P. Breaking the mould: Solar water pumping-the challenges and the reality. *Solar Energy*, v. 75, n. 1, p. 1–9, 2003.

SONTAKE, V. C.; KALAMKAR, V. R. Solar photovoltaic water pumping system - A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 59, p. 1038–1067, 2016.

STANDARDS, D. Agri-photovoltaic systems – Requirements for primary agricultural use - English translation of DIN SPEC 91434. n. May 2021, p. 1–25, 2021.

TODOROVIĆ, I. Enerjisa launches first agrivoltaic pilot project in Turkey. Disponível em: <<https://balkangreenenergynews.com/enerjisa-launches-first-agrivoltaic-pilot-project-in-turkey/>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

TOLEDO, C.; SCOGNAMIGLIO, A. Agrivoltaic systems design and assessment: A critical review, and a descriptive model towards a sustainable landscape vision (three-dimensional agrivoltaic patterns). *Sustainability (Switzerland)*, v. 13, n. 12, 2021.

WEAVER, J. F. World has installed 1TW of solar capacity. *PV Magazine*, p. 1–6, 2022.

ZELLER, H. Brazil: Agriphotovoltaics in the village of the indigenous Pankará. Disponível em: <<https://www.atmosfair.de/en/climate-protection-projects/solar-energy/brazil-agriphotovoltaics-in-the-village-of-the-indigenous-pankara/>>.