

Diretrizes para a regulamentação e promoção do agrivoltaico no Brasil

Felipe Marques da Silva¹

Carlos Eduardo Camargo Nogueira²

Jair Antônio Cruz Siqueira³

Resumo

A combinação de sistemas fotovoltaicos e o plantio agrícola no mesmo local é denominada sistemas agrivoltaicos, proporcionando uma alternativa sinérgica para a geração de energia renovável e produção de alimentos. Embora essa tecnologia já tenha sido aplicada em vários projetos comerciais internacionalmente, sua viabilidade e impacto na produção de culturas ainda foram pouco investigados. Neste trabalho, foi avaliada a implementação de sistemas agrivoltaicos como alternativa para a produção sustentável de culturas agrícolas e apresentadas as diretrizes para regulamentações e promoção do agrivoltaico no Brasil.

Palavras-chave: *Agrivoltaico; Energia renovável; Agricultura sustentável.*

Abstract

The combination of photovoltaic systems and agricultural cultivation in the same location is referred to as agrivoltaic systems, providing a synergistic alternative for renewable energy generation and food production. Although this technology has already been applied in various commercial projects internationally, its feasibility and impact on crop production have been insufficiently investigated. In this study, the implementation of agrivoltaic systems was evaluated as an alternative for sustainable agricultural crop production, and guidelines for regulations and promotion of agrivoltaics in Brazil were presented.

Keywords: Agrivoltaic; Renewable energy; Sustainable agriculture.

¹ Mestrando em Engenharia de Energia na Agricultura – UNIOESTE. E-mail: felipemarques.silva@hotmail.com

² Docente da UNIOESTE.

³ Docente da UNIOESTE.

Introdução

A população mundial cresce exponencialmente a cada ano, a necessidade do fornecimento de energia para atender este crescimento está interligada junto ao crescimento populacional (Fraunhofer Ise, 2022).

Devido ao aumento do consumo de energia, há uma dependência cada vez maior sobre fontes de energia não renováveis, o que tem efeitos ambientais negativos e levanta questões sobre a sustentabilidade a longo prazo (Dupraz *et al.*, 2011).

A demanda de energia impactada pelo crescimento da população atinge as áreas como o transporte, indústria e consumo doméstico. Essas áreas dependem significativamente de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural, que afetam as mudanças climáticas devido as emissões de gases do efeito estufa. A necessidade urgente de soluções energéticas sustentáveis ficou clara com a crescente demanda por energia (Weselek *et al.*, 2019).

O crescimento populacional também está atrelado à racionalização da produção e consumo de alimentos. A necessidade da produção de alimentos cresce à medida que a população mundial aumenta, colocando mais pressão sobre os sistemas agrícolas e os recursos necessários para produzir alimentos (Dinesh; Pearce, 2016).

Uma abordagem mais equilibrada e consciente dos recursos para atender às necessidades nutricionais de uma população crescente pode ser alcançada usando técnicas agrícolas eficientes e sustentáveis em conjunto, de forma a promover menor desperdício de alimentos (Dinesh; Pearce, 2016).

Uma estratégia potencial para abordar as questões de segurança alimentar e produção de energia renovável nos últimos anos tem sido a fusão da agricultura e geração de energia solar fotovoltaica. Esse conceito, conhecido como agrivoltaico, envolve o uso da terra para instalação de usinas solares fotovoltaicas e o cultivo agrícola ao mesmo tempo, produzindo um sistema que beneficia ambas as partes (Fraunhofer Ise, 2022).

Pesquisas e instalações de usinas têm demonstrado seu potencial e vantagens, os sistemas agrivoltaicos vêm se desenvolvendo rapidamente em todo o mundo. Ao combinar agricultura e energia solar fotovoltaica, existe um

potencial para otimizar o uso da terra, aumentar a produtividade agrícola e contribuir para a produção de energia sustentável (Ademe, 2021).

Avanços significativos na pesquisa e aplicação de agrivoltaicos também foram realizados em outros países, como Japão, França, Itália e Alemanha. Além disso, fóruns sobre o compartilhamento de conhecimento e cooperação internacional evoluíram para promover o crescimento e a adoção de tecnologias agrivoltaicas (Fraunhofer Ise, 2022).

O estado da arte das usinas agrivoltaicas mostraram um tremendo potencial para a geração de energia renovável e agricultura sustentável globalmente. Este método fornece uma maneira viável de otimizar o uso da terra, aumentar o rendimento das colheitas e ajudar na transição para um futuro mais verde por meio da integração de painéis solares com técnicas agrícolas (Mase, 2022).

A implementação bem-sucedida do agrivoltaico no Brasil requer a definição de diretrizes claras para regulamentação e promoção. É essencial estabelecer diretrizes que definam a integração eficiente de sistemas fotovoltaicos e atividades agrícolas, garantindo a sustentabilidade ambiental e econômica.

Definição de agrivoltaico

Sistemas agrivoltaicos combinam os conceitos de produção de energia solar fotovoltaica e produção de culturas agrícolas coexistindo na mesma área de terra, através das instalações de usinas fotovoltaicas posicionadas acima da superfície do solo (Mase, 2022).

A utilização dos sistemas agrivoltaicos são uma forma de mitigar a futura competição entre espaços de terrenos entre a execução de usinas fotovoltaicas e o plantio agrícola, assim possibilitando o uso duplo da terra para otimização do espaço. Essa abordagem oferece a possibilidade de instalar grandes sistemas de energia fotovoltaica em áreas abertas, ao mesmo tempo em que mantém o solo livre para a produção de culturas agrícolas (Ademe, 2021).

Em locais onde há incidência de grandes quantidades de radiação solar, a coprodução entre agricultura e energia solar fotovoltaica torna-se vantajosa. Regiões adequadas ao plantio agrícola que apresentam solo fértil e clima

moderado, tornam-se lugares propícios para a instalação deste tipo de sistema de cogeração de atividades (Fraunhofer Ise, 2022).

A Figura 1 demonstra a instalação de um sistema agrivoltaico. Nela pode-se observar a integração entre o sistema fotovoltaico e o plantio de culturas agrícolas.

Figura 1 – Implantação de Sistema Agrivoltaico em área agrícolas



Fonte: Fraunhofer Ise, (2022).

Agricultura sustentável

Um dos desafios universais que o setor agrícola enfrenta atualmente, é o fornecimento de alimentos em quantidades suficientes para a sobrevivência humana. Estima-se que em 2050, haverá uma nova necessidade de aumento da oferta global de alimentos em 60% para alimentar quase 9 bilhões de pessoas (Padilla; Hudson, 2019).

Para atender essa demanda populacional, faz-se necessário, cada vez mais, o uso de grandes terras para a produção de alimentos (Jayne *et al.*, 2014).

Com isso, a agricultura sustentável entra como fator importante para a produção otimizada do uso das terras e dos recursos utilizados na sua produção (Padilla; Hudson, 2019).

A sustentabilidade é definida como um equilíbrio combinação de desempenho social, ambiental e econômico para beneficiar as gerações atuais e futuras (Geissdoerfer *et al.*, 2017).

De acordo com Sayer e Cassman (2013), a sustentabilidade agrícola é caracterizada por três pilares inter-relacionados: desempenho econômico, social e ambiental. No contexto dessa abordagem, os autores destacam que a agricultura deve buscar simultaneamente quatro objetivos, frequentemente em competição entre si, para alcançar um crescimento sustentável. Esses objetivos incluem assegurar a produção de um abastecimento alimentar adequado, aliviar a pobreza, alcançar uma melhor saúde e nutrição para uma população em crescimento, e conservar os recursos naturais.

Essa perspectiva integral reconhece a complexidade e a interconexão dessas metas, enfatizando a importância de equilibrar considerações econômicas, sociais e ambientais para promover uma agricultura verdadeiramente sustentável.

Com os avanços tecnológicos, o compromisso da agricultura sustentável deve ser acompanhado de aprimoramento tecnológico (Mellor, 2017).

Para atingir o objetivo sustentável e enfrentar os desafios globais da segurança alimentar, a adoção de aplicações mais amplas e a implementação das tecnologias existentes, utilizando recursos avançados com suas respectivas ferramentas e técnicas, seriam estratégias diretas para promover a evolução de agricultura sustentável (Franco, 2021).

Integração entre a agricultura e a energia solar fotovoltaica

A integração de usinas fotovoltaicas e o plantio de culturas agrícolas no mesmo local, tem a capacidade de garantir geração de energia eficiente e sustentar a produção agrícola com impactos ambientais mínimos (Zainol Abdin *et al.*, 2021).

Os autores Pascaris, Schelly e Pearce (2020) citam três tipos de metodologias e abordagens para o agrivoltaico que são focadas em produção de energia, centradas na agricultura e o desenvolvimento equivalente entre agricultura e energia fotovoltaica.

A primeira metodologia, focada em produção de energia no agrivoltaico é marcada por comportamentos que otimizam a produção de energia solar fotovoltaica, ao mesmo tempo em que minimiza as alterações no crescimento da agricultura sob e ao redor da instalação da usina.

A segunda metodologia, centrada na agricultura, foca nas ações que maximizam as atividades de produção de biomassa e reduzem as mudanças nas atividades atuais de gerenciamento da cultura, enquanto ainda integram as atividades de produção de energia solar fotovoltaica.

E por fim, a terceira metodologia, que se refere ao método equivalente, visa combinar tanto o desempenho energético quanto as metas de produção agrícola, resultando na coprodução proporcional as duas atividades.

A aplicação do agrivoltaico onde há a produção de agricultura e energia na mesma área, pode ser adequada para usinas fotovoltaicas ou terrenos com potencial de plantio em terras subdesenvolvidas. No entanto, as abordagens equivalentes exigem alterações nos métodos de produção agrícola e de energia solar fotovoltaica, que podem variar de grandes mudanças estruturais a pequenos ajustes no manejo agrícola (Nrel, 2022).

Aspectos legais e regulatórios

A fim de normatizar as instalações agrivoltaicas, países como a Alemanha, Japão, França e Itália, desenvolveram diretrizes de implementação de sistemas agrivoltaicos para orientar sobre as suas instalações e de como realizar o uso devido das áreas agrícolas.

Na Alemanha, o documento DIN SPEC 91434:2021-05, que estabelece requisitos para o uso primário agrícola, foi desenvolvido pelo Instituto Alemão de Padronização (*Deutsches Institut für Normung*, ou DIN) em 2021.

Na França, a Agência Francesa de Gestão Ambiental e Energética (ADEME) definiu padrões para a energia agrivoltaica em 2021, caracterizando projetos solares fotovoltaicos em terras agrícolas por meio de cartilhas técnicas.

Na Itália, o Ministério de Transição Ecológica - Departamento de Energia (MASE) estabeleceu diretrizes no campo de sistemas agrivoltaicos em 2022. O objetivo é acelerar o processo de crescimento sustentável do país, alinhando-se com as metas europeias para 2030 e 2050.

No Japão, a Organização de Desenvolvimento de Nova Energia e Tecnologia Industrial (NEDO) definiu em 2021 diretrizes de projeto e construção para sistemas agrícolas de geração de energia solar, fornecendo diversas orientações sobre agrivoltaico.

Essas iniciativas refletem o comprometimento desses países em promover práticas normativas e diretrizes para a implementação eficaz e sustentável de sistemas agrivoltaicos.

Tipos de sistemas agrivoltaicos

A norma alemã DIN SPEC 91434:2021-05 (sistemas agrivoltaicos – requisitos para uso primário agrícola) apresenta diretrizes para a elaboração de sistemas agrivoltaicos onde estabelece um padrão para valores e medidas para a instalação fotovoltaica, documentações de projetos para autoridades legislativas, investidores e de órgãos de aprovação, bem como para o comissionamento e certificação de sistemas agrivoltaicos.

No documento, os sistemas agrivoltaicos são definidos em duas categorias: sistemas agrivoltaicos com instalações suspensas (Categoria I) e sistemas agrivoltaicos com instalação ao nível do solo (Categoria II).

Com base nas especificações para cultivos agrícolas, os sistemas agrivoltaicos de ambas as categorias podem ser divididos em quatro formas de uso: (A) Culturas permanentes e perenes; (B) Culturas anuais e plurianuais; (C) Pastagem permanente para roçada; e (D) Pastagem permanente usada como pasto (conforme Tabela 1 e Tabela 2).

As culturas permanentes incluem aquelas que não estão integradas na rotação de cultivos, permanecem no solo por pelo menos cinco anos e proporcionam rendimentos recorrentes.

Além das culturas permanentes, as pastagens fixas são áreas que não fazem parte da rotação de culturas por pelo menos cinco anos e são usadas para o cultivo de grama ou pasto. A criação de animais em codesenvolvimento com sistemas agrivoltaicos podem ser compartilhados com uso de pastagem permanentes (Tabela 1 e Tabela 2 – categorias 1D e 2D).

Tabela 1 – Categoria I conforme DIN SPEC 91434:2021-05

Sistemas Agrivoltaicos	Uso	Exemplos
Categoria I: Fotovoltaico aéreo com altura vertical > 2,1 m Cultivo no sistema agrivoltaico (Imagem A)	1A: Culturas permanentes e perenes	Frutas, bagas, viticultura, lúpulo
	1B: Culturas de um ano e de longo prazo	Culturas arvenses, hortaliças, pastagens alternadas, forragem
	1C: Pastagem permanente com roçada	Pastagens comerciais intensivas e extensas
	1D: Pradaria com pastagem permanente	Pastagem permanente, rotação de pastagens (bovinos, aves, ovinos, suínos e caprinos)

Fonte: Adaptado DIN SPEC, (2021).

Tabela 2 – Categoria II conforme DIN SPEC 91434:2021-05

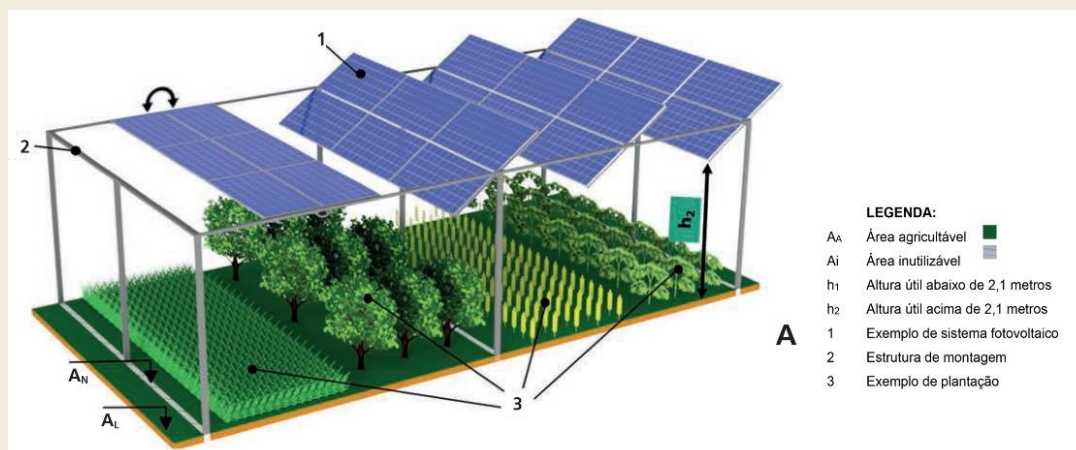
Sistemas Agrivoltaicos	Uso	Exemplos
Categoria II:	2A: Culturas permanentes e perenes	Frutas, bagas, viticultura, lúpulo
Entre fileiras do sistema fotovoltaico com folga vertical < 2,1 m	2B: Culturas de um ano e de longo prazo	Culturas arvenses, hortaliças, pastagens alternadas, forragem
Cultivo entre as fileiras de sistemas agrivoltaicos	2C: Pastagem permanente com roçada	Pastagens comerciais intensivas e extensas
(Imagem B/C)	2D: Pradaria permanente com pastagem	Pastagem permanente, rotação de pastagens (bovinos, aves, ovinos, suínos)caprinos)

Fonte: Adaptado DIN SPEC, (2021).

A DIN SPEC 91434:2021-05 define que as instalações suspensas devem ter altura livre de pelo menos 2,10 metros e o cultivo agrícola será tratado abaixo do sistema, caracterizando assim um sistema agrivoltaico de acordo com a categoria I (Figura 2). A área agricultável (Aa) pode ser parcialmente ou totalmente coberta por módulos fotovoltaicos que podem ser instalados em vários ângulos e posições.

De acordo com a proposta da cultura, a área inutilizável (Ai) é apenas a área da instalação fotovoltaica e assim não são mais adequadas para a agricultura convencional durante o cultivo do campo.

Figura 2 – Categoria I conforme DIN SPEC 91434:2021-05



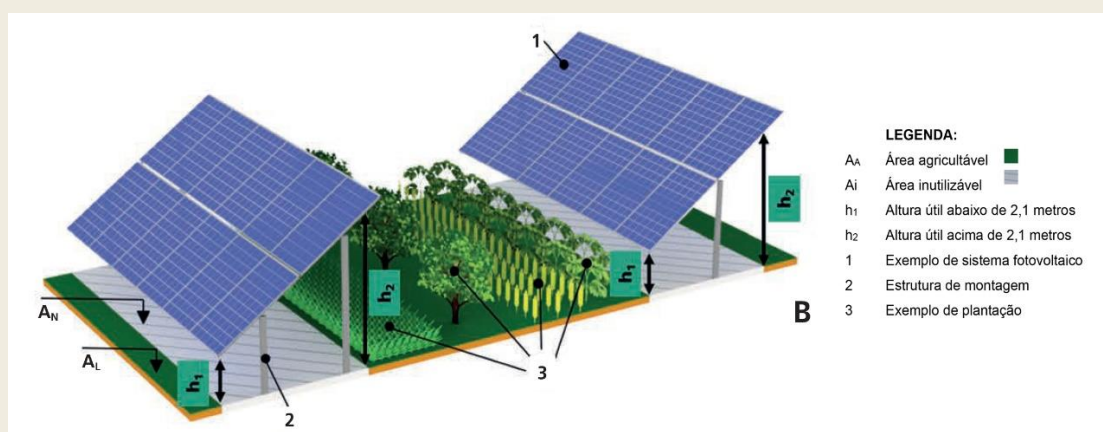
Fonte: Fraunhofer Ise, (2022).

Os sistemas agrivoltáicos de categoria II são sistemas instalados no solo (Figuras 3 e 5) que são utilizados para cultivo no espaço entre as fileiras.

A normativa descreve a distinção entre sistemas agrivoltáicos onde os módulos fotovoltaicos são instalados permanentemente em um ângulo específico entre fileiras (Figura 3, variante 1) ou instalados verticalmente ou na forma de rastreamento solar (Figura 4, variante 2).

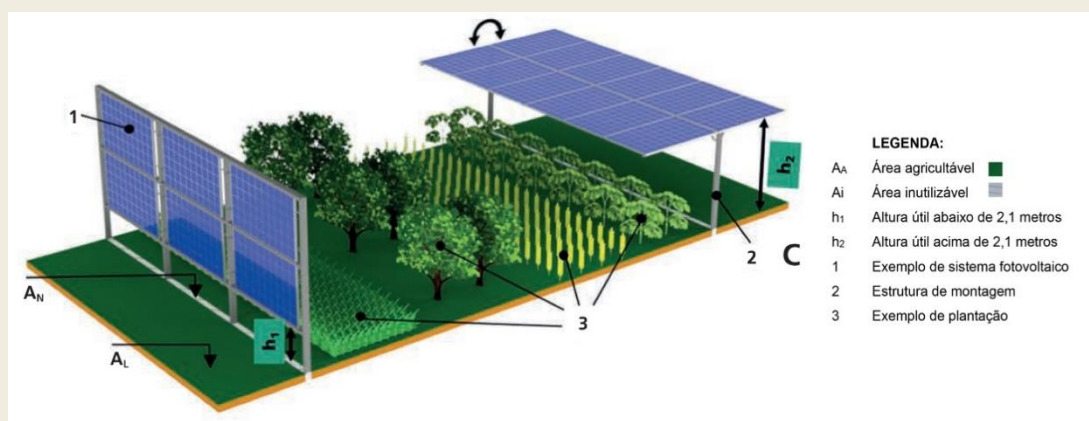
A região sob os módulos com altura livre inferior a 2,10 metros é geralmente considerada como terreno que não pode ser usado para agricultura (A_i).

Figura 3 – Categoria II Variante 1 - conforme DIN SPEC 91434:2021-05



Fonte: Fraunhofer Ise, (2022).

Figura 4 – Categoria II Variante 2 - conforme DIN SPEC 91434:2021-05



Fonte: Fraunhofer Ise, (2022).

Arquitetura do sistema agrivoltáico

Na Itália a Agência Francesa de Gestão Ambiental e Energética (2022) definiu que os sistemas agrivoltáicos podem ser caracterizados por diferentes configurações espaciais (mais ou menos densas), com o objetivo de maximizar as sinergias produtivas entre o sistema fotovoltaico e cultivo agrícola (Mase, 2022).

Em geral, as necessidades relacionadas ao sistema fotovoltaico e aquelas ligadas às atividades agrícolas estão em oposição, pois as soluções otimizadas para a máxima captação solar fotovoltaica podem gerar condições menos favoráveis para a agricultura e vice-versa (Mase, 2022).

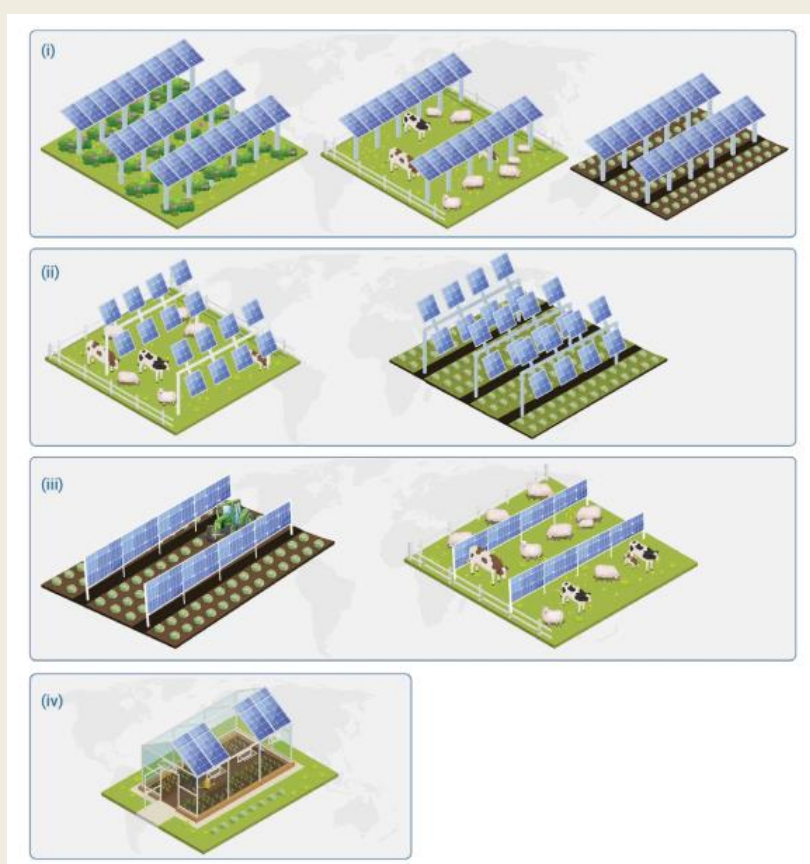
Os sombreamentos excessivos nas culturas podem ter um impacto negativo na eficiência fotossintética e, portanto, na produção; ou mesmo as pequenas distâncias espaciais entre os módulos e o solo podem interferir no uso de ferramentas mecanizadas geralmente utilizadas na agricultura (Nedo, 2021).

Portanto, é importante estabelecer parâmetros e definir requisitos que visem alcançar um desempenho otimizado do sistema como um todo, considerando tanto a dimensão energética quanto a agrônômica (Sekiyama; Nagashima, 2019).

Na Figura 5, são mostrados alguns exemplos nos quais busca-se a otimização do desempenho agrivoltaico global variando o padrão fotovoltaico (geometria e densidade da malha dos módulos fotovoltaicos) e a altura dos módulos em relação ao solo (Jreich; Mahjoubi, 2023).

É possível observar a busca pela configuração ótima por meio da variação da disposição dos módulos, sua altura em relação ao solo e sua posição específica.

Figura 5 – Padrões de instalações agrivoltaicas.



Fonte: Jreich; Mahjoubi, (2023).

Barreiras para implementação

Embora os sistemas agrivoltaicos apresentem diversos benefícios, como citados anteriormente, ainda existem barreiras para a sua adesão e implementação. Tais barreiras envolvem desde a infraestrutura necessária para

instalação, estudos de planejamento e compatibilidade das culturas com a produção de energia, políticas governamentais, manutenção do sistema, conscientização das pessoas sobre essa modalidade de produção e também acesso às tecnologias (Pascaris *et al.*, 2022).

Em relação à infraestrutura, os sistemas agrivoltaicos necessitam de significativos investimentos nesta área. Esses investimentos incluem a instalação do sistema fotovoltaico, suportes de fixação, sistemas de captação de água adequados e equipamentos agrícolas específicos. Dessa maneira, em um primeiro momento, estes custos iniciais podem ser um obstáculo, especialmente para pequenos agricultores ou regiões com recursos financeiros limitados (Torma; Aschemann-Witzel, 2023).

Os estudos de planejamento e codesenvolvimento, também são partes importantes a serem consideradas, uma vez que deve haver um estudo complexo entre o codesenvolvimento da agricultura e a energia solar, garantindo projetos em que as atividades sejam compatíveis e complementares, o que necessita de conhecimento amplo de ambas as áreas (Nedo, 2021).

Portanto, é necessário verificar a compatibilidade dos painéis fotovoltaicos com a cultura a ser desenvolvida na área agricultável, avaliar a compatibilidade e identificar se o sombreamento parcial pode prejudicar o seu desenvolvimento, ou se os painéis podem ser danificados por atividades agrícolas (Weselek *et al.*, 2019).

As questões normativas para a implementação de sistemas agrivoltaicos exigem políticas governamentais que regularizem a atividade. Para isso, é necessário identificar o custo nivelado de energia (LCOE) do sistema agrivoltaico e o que ele pode impactar na compensação de energia (Schindele *et al.*, 2020).

Outro empecilho a ser analisado é o planejamento do sistema sem considerar as etapas posteriores à sua implementação. Para isso, deve ser desenvolvida a gestão e manutenção da usina avaliando, por exemplo, o sistema de colheita e preparação do solo, infraestruturas para o maquinário que será utilizado para o manejo agrícola, entre outros (Din Spec, 2021).

Pensar na conscientização e aceitação do modelo agrivoltaico é fundamental, pois em algumas comunidades, onde os sistemas agrivoltaicos

podem ser uma novidade, a falta de conhecimento ou resistência cultural pode dificultar a aceitação dessas tecnologias e criar barreiras para a sua implantação (Pascaris *et al.*, 2022).

Por fim, em áreas rurais ou remotas pode haver dificuldades no acesso às tecnologias e na oferta para a implementação de sistemas agrivoltaicos, como a falta de empresas especializadas ou a disponibilidade de componentes específicos que podem ser uma grande barreira para sua efetuação (Pascaris *et al.*, 2022).

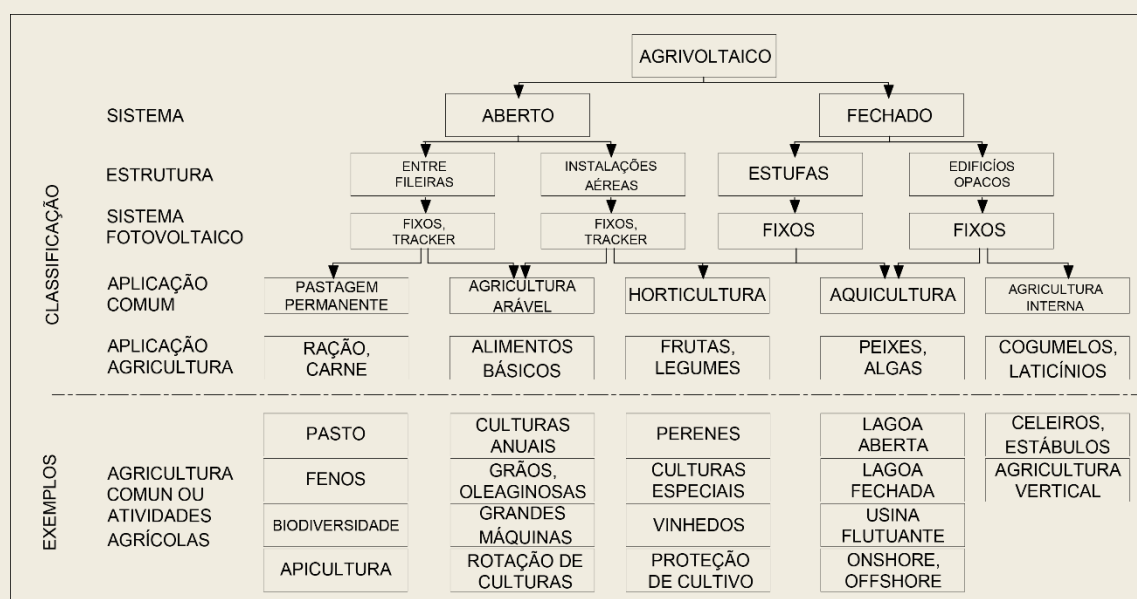
Critérios de implementação do projeto agrivoltaico

As soluções técnicas para integrar a energia fotovoltaica na agricultura são tão diversas quanto a própria agricultura. Eles podem ser amplamente categorizados em sistemas abertos e fechados (Fraunhofer Ise, 2022).

Sistemas fechados cobrem principalmente estufas fotovoltaicas, enquanto sistemas agrivoltaicos abertos pode ser dividido em nível do solo ou entre fileiras.

A Figura 6 demonstra a classificação entre sistemas agrivoltaicos abertos ou fechados:

Figura 6 – Classificação de sistemas agrivoltaicos.



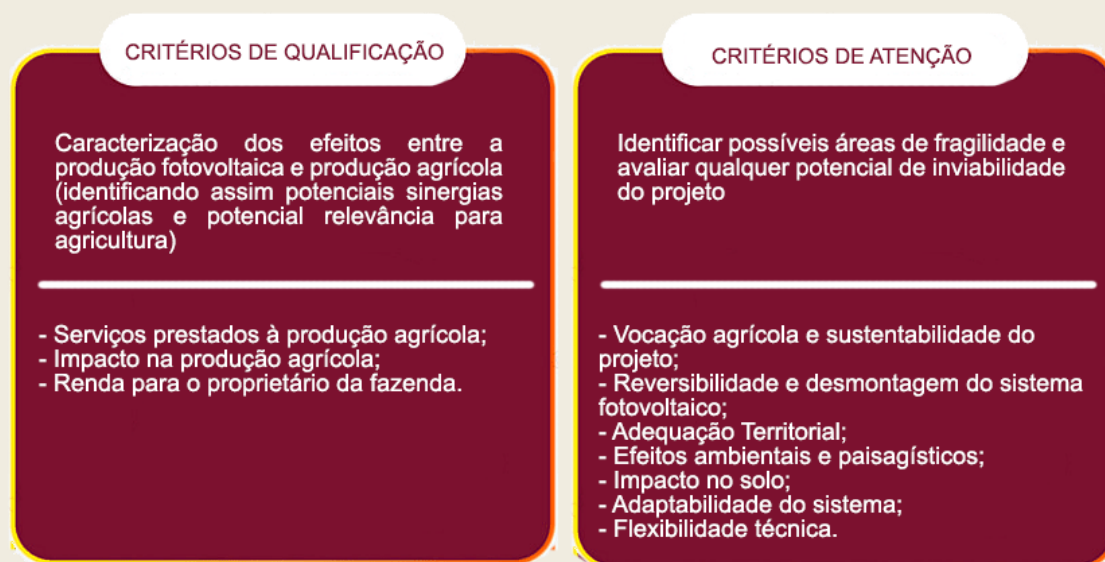
Fonte: Adaptado Fraunhofer Ise, (2022).

Avaliação de viabilidade do sistema

Em 2021 na França, a Agência de Transição Ecológica (ADEME), desenvolveu as diretrizes para aderir a instalação agrivoltaica para projetos em áreas agrícolas. O documento aponta os critérios de viabilidade para o codesenvolvimento das atividades sustentáveis de energia e cultivo agrícola.

A Figura 7 ilustra os critérios de classificação de projeto, os quais estão categorizados em dois grupos distintos. O primeiro conjunto, denominado critérios de qualificação, tem como propósito estabelecer a sinergia entre o sistema fotovoltaico e o cultivo agrícola. Por outro lado, o segundo grupo, conhecido como critérios de atenção, concentra-se na avaliação das características de viabilidade para a implementação do projeto, identificando também as áreas de fragilidade associadas a ele.

Figura 7 – Diferença entre critérios



Fonte: Adaptado ADEME, (2021).

Considerações finais

Ao estabelecer diretrizes robustas com base nas normativas internacionais e regulamentar uma abordagem integrada para o Brasil, é possível criar um

ambiente propício para o crescimento sustentável do agrivoltaico, contribuindo tanto para a segurança energética quanto para a produção agrícola do país.

É necessário cumprir as diretrizes para a implementação de sistemas agrivoltaicos em áreas agrícolas pois necessitam respeitar as práticas recomendadas, considerações a arquitetura do sistema agrivoltaico e aspectos regulatórios para integração do sistema fotovoltaico que devem ser levados para garantir uma integração eficiente.

Dessa forma, os resultados a serem alcançados contribuem para a compreensão abrangente da implementação de sistemas agrivoltaicos, fornecendo dados para pesquisadores, profissionais da agricultura e investidores de sistemas fotovoltaicos interessados em promover práticas agrícolas sustentáveis e energeticamente eficientes.

Referências

ADEME. **I Care & Consult, Ceresci, Cétiac. Characterising solar PV projects on agricultural land and agrivoltaism - Executive Summary.** 2021. 27 p. Disponível em: <https://bibliothèque.ademe.fr/>. Acesso em: 15 de janeiro de 2024.

DIN SPEC 91434:2021-05. **Agri-photovoltaic systems - Requirements for primary agricultural use.** 2021. Disponível em: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91434/337886742>. Acesso em: 10 de janeiro de 2024.

DINESH, H.; PEARCE, J. M. **The potential of agrivoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 299-308, 2016. ISSN 1364-0321. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>. Acesso em: 10 de janeiro de 2024.

DUPRAZ, C. *et al.* **Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimizing land use: Towards new agrivoltaic schemes.** *Renewable Energy*, v. 36, n. 10, p. 2725-2732, 2011. ISSN 0960-1481. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>. Acesso em: 8 de janeiro de 2024.

FRANCO, S. **Assessing the environmental sustainability of local agricultural systems: how and why.** *Current Research in Environmental Sustainability*, v. 3, 100028, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100028>. Acesso em: 16 de janeiro de 2023.

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS ISE. **A Guideline for Germany: Agrivoltaics - Opportunities for Agriculture and the Energy Transition.** 2022. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2023.

GEISSDOERFER, M. *et al.* **The circular economy – a new sustainability paradigm?** Journal of Cleaner Production, v. 143, p. 757–768, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>. Acesso em: 30 de dezembro de 2023.

JAYNE, T. S.; CHAMBERLIN, J.; HEADEY, D. D. **Land pressures, the evolution of farming systems, and development strategies in Africa: a synthesis.** Food Policy, v. 48, p. 1–17, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.05.014>. Acesso em: 6 de janeiro de 2024.

JREICH, R.; MAHJOUBI, C. **Agrivoltaics: Harvesting solar energy in the Mediterranean.** Res4Africa Foundation, v. 1, p. 84, 2023. Disponível em: <https://res4africa.org/>. Acesso em: 30 de dezembro de 2023.

MASE. **Ministry of Ecological Transition - Department of Energy. Guidelines on Agrivoltaic Systems.** 2022. Disponível em: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegato/PNRR/linee_guida_impianti_agrivoltaici.pdf. Acesso em: 13 de dezembro de 2023.

MELLOR, J. W. **Agricultural Development and Economic Transformation: Promoting Growth with Poverty Reduction.** Springer, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-65259-7>. Acesso em: 15 de janeiro de 2024.

NEDO. New Energy and Industrial Technology Development Organization. **Design and construction guidelines for farming solar power generation systems.** 2021. Disponível em: <https://www.nedo.go.jp/content/100939011.pdf>. Acesso em: 13 de dezembro de 2023.

NREL. National laboratory of the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. **The 5 Cs of Agrivoltaic Success Factors in the United States: Lessons From the InSPIRE.** Research Study. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-6A20-83566. 2022. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/83566.pdf>. Acesso em: 5 de dezembro de 2023.

PADILLA, J. E.; HUDSON, A. **United Nations Development Programme (UNDP) perspectives on Asian large marine ecosystems.** Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, v. 163, p. 127–129, 2019.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2019.05.011>. Acesso em: 12 de janeiro de 2024.

PASCARIS, A. S.; SCHELLY, C.; PEARCE, J. M. **A First Investigation of Agriculture Sector Perspectives on the Opportunities and Barriers for Agrivoltaics**. *Agronomy*, v. 10, n. 12, p. 1885, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10121885>. Acesso em: 10 de janeiro de 2024.

PASCARIS, A. S.; *et al.* **Do agrivoltaics improve public support for solar? A survey on perceptions, preferences, and priorities**. *Green Tech Research & Sustainability*, v. 2, p. 8, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s44173-022-00007-x>. Acesso em: 10 de janeiro de 2024.

SAYER, J.; CASSMAN, K. G. **Agricultural innovation to protect the environment**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 110, p. 8345–8348, 2013. Disponível em : <https://doi.org/10.1073/pnas.1208054110>. Acesso em: 8 de janeiro de 2024.

SCHINDELE, S *et al.* **Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications**. *Applied Energy*, v. 265, 114737, 2020. ISSN 0306-2619. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>. Acesso em: 11 de janeiro de 2024.

SEKIYAMA, T.; NAGASHIMA, A. **Solar Sharing for Both Food and Clean Energy Production: Performance of Agrivoltaic Systems for Corn, A Typical Shade-Intolerant Crop**. *Environments*, v. 6, n. 6, p. 65, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/environments6060065>. Acesso em: 10 de janeiro de 2023.

TORMA, G.; ASCHEMANN-WITZEL, J. **Social acceptance of dual land use approaches: Stakeholders' perceptions of the drivers and barriers confronting agrivoltaics diffusion**. *Journal of Rural Studies*, v. 97, p. 610-625, 2023. ISSN 0743-0167. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.01.014>. Acesso em: 10 de janeiro de 2024.

WESELEK, A. *et al.* **Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review**. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 39, p. 35, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>. Acesso em: 6 de janeiro de 2023.

ZAINOL ABIDIN, M. A.; MAHYUDDIN, M. N.; MOHD ZAINURI, M. A. A. **Solar Photovoltaic Architecture and Agronomic Management in Agrivoltaic System: A Review**. *Sustainability*, v. 13, n. 14, p. 7846, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13147846>. Acesso em: 30 de dezembro de 2023.