



SISTEMAS AGRIVOLTAICOS: UMA NOVA FRONTEIRA DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL NO SEMIÁRIDO

O Brasil tem na base econômica uma estrutura rural centrada na indústria de agronegócios de larga escala, sendo um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo. Entretanto, paralelamente convive também com uma insegurança alimentar que afeta fortemente populações rurais e grupos marginalizados que vivem em comunidades vulneráveis. Nesse sentido, maiores impactos são sentidos no interior das Regiões Norte e Nordeste, as quais enfrentam ainda muita precariedade na produção de alimentos e de acesso a sistemas de geração e distribuição de energia elétrica. A eletricidade é essencial para um desenvolvimento sustentável, bem como em relação à transição energética rumo a uma economia de baixo carbono. A falta e/ou a dificuldade de acesso à alimentação regular e a sistemas elétricos seguros e funcionais, bem como em relação à infraestrutura básica, fatalmente travam o desenvolvimento e promovem a exclusão social nas comunidades mais vulneráveis. Paralelamente, no entanto, uma inovação tecnológica que integra a geração de energia solar com o cultivo de alimentos está transformando essa percepção com base do sucesso na China e na Europa. Nessa esteira, o Brasil começa a desenhar seu próprio modelo e rota tecnológica.

Apesar de incidirem altos índices de radiação solar sobre a maior parte do território brasileiro, principalmente no NE, há comunidades isoladas em áreas rurais que convivem com escassez energética (e de alimentos). Por um outro lado, usinas de geração solar fotovoltaicas podem suprir essa carência naturalmente, só que, ao contrário de outras fontes de primárias de energia como, eólica, nuclear, biomassa e combustíveis fósseis, essas usinas demandam grandes áreas de terreno, e isso torna desafiador encontrar

áreas para implantação de usinas solares de maior porte, como é necessário, sem impactar o agro. De outro lado, porém, a combinação do cultivo agrícola com usinas solares para geração de energia elétrica, é uma solução inteligente de conciliação e benefícios bilaterais. Desta forma, então, um Sistema denominado Agrivoltaico gera eletricidade sem ocupar áreas destinadas à agricultura e pecuária, além de simultaneamente irrigar e sombrear o solo, bem como proporcionar mitigação das mudanças do clima. O sol que sempre foi o maior desafio do produtor rural no Semiárido, torna-se agora um importante aliado da agricultura na produção de alimentos.



Ao integrar energia e agricultura, a implantação de sistemas agrivoltaicos não apenas gera energia elétrica de fonte renovável, limpa e verde, mas também cultiva vida e um novo modelo de desenvolvimento sustentável. São justamente os conceitos básicos deste sistema que vamos abordar agora.

Tecnologia que Vem do Deserto

A imagem de extensas fileiras de painéis solares em áreas áridas está ganhando um novo elemento: o **verde**. O que começou como uma solução puramente energética na China, no complexo solar de



Fig. 2 –Interação Ovelhas – Pastagem – Painéis Solares

Gonghe, transformou-se em um dos maiores cases de recuperação ambiental do planeta. A instalação da mega usina solar acima alterou o microclima local. Os painéis funcionavam como um escudo, reduzindo a velocidade dos ventos e a evaporação da água no solo em até **30%**. Além disso, a condensação noturna e a água utilizada nas bordas das placas criaram umidade suficiente para que a vegetação nativa voltasse a crescer sob as estruturas. O resultado foi uma reação em cadeia positiva: o surgimento de pastagens permitiu a criação de ovinos, que por sua vez fertilizaram o solo para o cultivo agrícola.

Hoje, esse conceito de **Sistemas Agrivoltaicos** atravessa fronteiras e encontra no Brasil um terreno fértil para revolucionar a

sustentabilidade no campo, notadamente no Semiárido do Nordeste, ao combinar agricultura e energia solar. Por um outro lado, devido as suas características de clima quente, será que no Semiárido tem umidade suficiente para gerar condensação? A resposta curta é sim, mas de forma diferente da China ou da Europa. No deserto da China por exemplo (como em Qinghai), a condensação é muito forte porque há uma amplitude térmica gigante (dias muito quentes e noites gélidas) e a proximidade com montanhas ou massas de ar específicas ajuda muito. No Semiárido brasileiro, o processo tem características próprias, isto é, embora o ar pareça seco, a umidade relativa do ar não é zero, gira em torno de **50% a 60%** na média anual.

Recurso	Deserto da China (Gobi/Qinghai)	Semiárido Brasileiro
Principal fonte de água	Condensação e Neve	Chuva (cisternas) e Sereno
Vegetação	Gramíneas de clima frio	Caatinga e Hortaliças (sombreadas)
Estratégia	Recuperação de solo arenoso	Convivência com a seca / Agroecologia

Fig. 3- Comparação de Viabilidade

A amplitude térmica do sertão favorece a condensação noturna na superfície do painel, isto é, a temperatura cai e os painéis solares, que são feitos de metal, esfriam muito rápido. Quando a temperatura da superfície do painel desce abaixo do "ponto de orvalho", a umidade do ar condensa no painel. O resultado é aquele sereno que deixa o carro molhado de manhã. Esse sereno goteja nas bordas das placas, mantendo uma faixa de umidade constante para a vegetação, e isso acontece nos milhares de metros quadrados de painéis. Essa água escorre para o solo exatamente na borda das placas.

Mais importante do que a água da condensação propriamente dita, é o que o painel faz com a água que **já está no solo**. No sol pleno do sertão, a evaporação é altíssima. Entretanto, sob os painéis solares, a temperatura do solo chega a ser **10°C a 15°C menor**. Isso faz com que a pouca umidade da chuva ou do sereno dure muito mais tempo na terra, permitindo que sementes que antes "cozinhariam" no solo seco consigam germinar.

Os Três Pilares da Eficiência no Semiárido

1- Redução do Consumo de Água: O sombreamento parcial dos painéis solares fotovoltaicos pode reduzir a evaporação do solo em até 40%. Isso significa que a mesma quantidade de água usada em um sistema tradicional rende quase o dobro em um sistema agrivoltaico. De outro lado, a sombra parcial dos painéis cria um conforto térmico que aumenta a produtividade e reduz o volume de água necessário para irrigação.

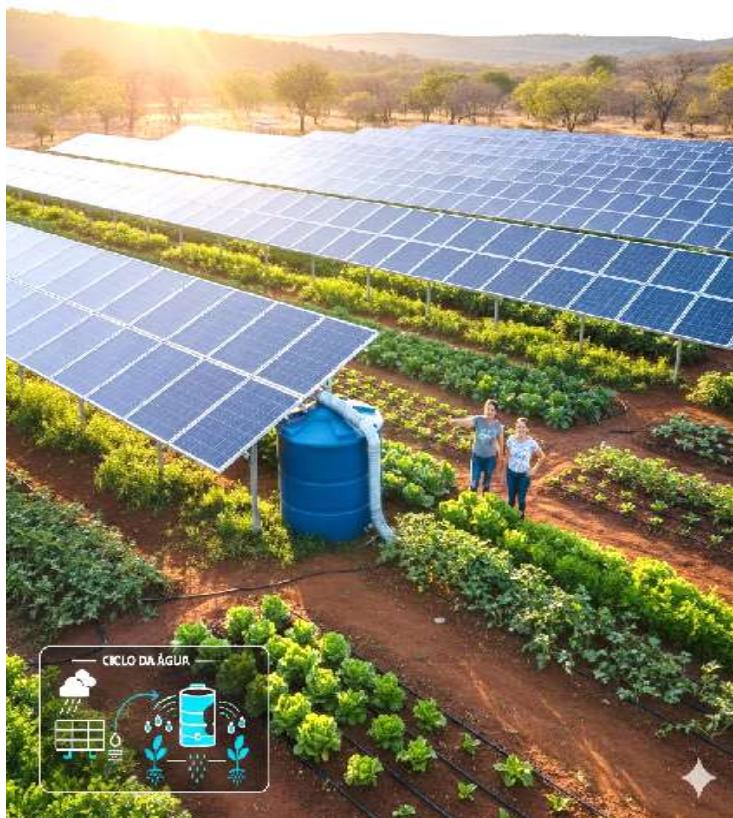


Fig.4 – Captação da água da chuva para irrigação

2 - Painel como Coletor de Água: No Semiárido cada gota conta. A estrutura metálica dos painéis funciona como uma área de captação de água da chuva que escorre pelas placas e cai em cisternas, ficando armazenada para os períodos de estiagem.

3 - Condensação e Orvalho: A amplitude térmica noturna permite que a umidade do ar se condense na superfície fria dos painéis. Esse gotejamento matinal, embora sutil, mantém o solo sob as placas com um nível de umidade residual que favorece a microbiota da terra, tornando-a mais fértil ao longo do tempo.

Benefícios Além da Energia

Para o setor empresarial e o agronegócio, a adoção de projetos similares representa um salto em **ESG** (Environmental, Social and Governance):

- **Eficiência de Uso da Terra:**

Produz-se energia limpa e alimentos no mesmo metro quadrado, otimizando o valor do ativo imobiliário.

- **Aumento da Eficiência Energética:**

A vegetação sob as placas ajuda a reduzir a temperatura dos painéis. Como a tecnologia fotovoltaica perde eficiência no calor extremo, o "refriamento natural" pelas plantas pode aumentar a geração de energia. A tecnologia não precisa competir com a natureza. Pelo contrário, a maior eficiência da infraestrutura energética reside na capacidade de criar ecossistemas integrados.

- **Impacto Social:**

O Semiárido que sempre foi visto como um desafio para a produtividade de sistemas agrícolas devido à irregularidade das chuvas e à alta evapotranspiração, com a implantação de sistemas agrivoltaicos, pequenos produtores passam a contar com segurança hídrica para o cultivo, uma nova fonte de renda e novas condições para se fixar no campo com dignidade.

Projeto Ecolume

Com relação à busca de soluções para a crise climática, o Semiárido brasileiro apresenta uma resposta inovadora que une tecnologia e resiliência. **O Projeto Ecolume**, operando sob o conceito de água-energia-alimento, prova que é possível transformar o sol — antes um desafio para o plantio no sertão — no maior aliado da produtividade. Através de sistemas agrivoltaicos e contando com o suporte científico fundamental da Embrapa Semiárido, o projeto não apenas gera eletricidade limpa, mas atua como um escudo protetor para a biodiversidade da Caatinga, criando segurança hídrica e alimentar onde ela é mais necessária.



Fig. 5- Manejo Hídrico de Precisão: Otimização de cada gota de água coletada pelos painéis

Nesse projeto, implantado em Pernambuco, painéis fotovoltaicos protegem as culturas do sol intenso, enquanto paralelamente são validadas as melhores espécies e variedades de cultivo sob painéis fotovoltaicos (como palma forrageira e hortaliças) que possuem o melhor desempenho fotossintético. Assim como, cálculo do espaçamento ideal, de modo que a planta receba a dose exata de radiação, sem o estresse térmico do sol direto. Como também irrigação. Enfim, repare prezado leitor que a viabilidade de um sistema agrivoltaico no Semiárido não depende apenas da instalação de painéis solares, mas também da compreensão profunda de como a vida vegetal se comporta sob condições de sombreamento artificial.

O Desafio da Estabilidade e o Armazenamento de Energia



Apesar do enorme potencial, a expansão dos projetos agrivoltaicos em larga escala enfrenta um desafio técnico no **Sistema Interligado Nacional (SIN)** — um imenso sistema elétrico composto por fontes diversas de energia primária (fotovoltaica, eólica, hidrelétrica, térmica fóssil, nuclear, biomassa) subestações e linhas de transmissão em alta e extra alta tensão, que conecta a geração e a transmissão de energia à demanda de consumo em todo o Brasil. O SIN precisa operar em equilíbrio constante: a oferta de energia deve ser igual à demanda. Quando há um excesso de injeção de energia solar nos horários

de pico de sol, mas o consumo da rede está baixo, ocorre uma instabilidade que pode causar variações de frequência e sobretensões, colocando o sistema em risco.

Essa saturação da rede é um entrave para a viabilidade de novos projetos agrivoltaicos principalmente os de maior porte. No entanto, a solução para destravar esse crescimento está no **armazenamento de energia (BESS)**. Ao integrar bancos de baterias ao SIN (e por tabela, beneficiar sistemas agrivoltaicos), o excedente gerado durante o dia não precisa ser injetado imediatamente na rede; ele é armazenado para ser utilizado ou distribuído nos momentos de maior demanda (como no início da noite). Essa tecnologia de armazenamento não apenas estabiliza o Sistema Integrado Nacional, mas também proporciona o desenvolvimento sustentável de projetos agrivoltaicos, transformando a intermitência do sol em uma fonte de energia firme e disponível 24 horas por dia.



Fig. 6- Sistema de Armazenamento por Baterias (BESS) Integrados: a Chave para Estabilizar a Rede Elétrica e Viabilizar a Expansão da Energia Solar Fotovoltaica em Escala.

Água-Energia-Alimento na Prática

Energia

- Geração Solar: Painéis fotovoltaicos.
- Armazenamento: Baterias (BESS) para estabilizar o SIN.
- Distribuição Inteligente: Rede elétrica modernizada.

Água

- Captação: Superfície dos painéis coleta água.
- Reuso e Tratamento: Otimização hídrica.
- Irrigação de Precisão: Redução de 30% no consumo.

Alimento

- Cultivo Protegido: Sombreamento reduz estresse térmico.
- Pesquisa: Seleção de espécies adaptadas.
- Segurança Alimentar: Produção constante para comunidades.

Justiça Climática e Dignidade Social

Penso que o maior benefício que um sistema agrivoltaico pode gerar seja a sua capacidade de promover justiça social. No coração do Semiárido, por exemplo, onde a insegurança hídrica e alimentar são desafios históricos, essa tecnologia funciona como um escudo contra a vulnerabilidade. Ao garantir energia para o bombeamento de água e um microclima favorável ao cultivo, o sistema oferece à população local — pequenos agricultores e comunidades tradicionais — a chance de produzir com previsibilidade, mesmo em anos de seca severa. O acesso à energia limpa e ao alimento torna-se, portanto, uma ferramenta de fixação do homem no campo com dignidade, transformando o auxílio emergencial em autonomia produtiva e prosperidade real.

Mais do que gerar eletricidade, estamos falando em gerar disponibilidade hídrica, segurança alimentar e estabilidade energética. Investir e apoiar o agrivoltaico é, portanto, apostar em uma tecnologia onde todos ganham: o meio ambiente, a economia e, acima de tudo, a comunidade rural que vive sob o sol do sertão. Por outro lado, porém, um dos principais desafios para a replicação desses sistemas, é justamente a aplicação de políticas públicas de incentivo bem direcionadas. Que seja, então, consolidada uma política de Estado e não eventos de incentivos extraordinários, para que o agrivoltaico ganhe escala industrial e gere maiores benefícios ao Semiárido e ao País. Eis o desafio.

O Acordo Mercosul-União Europeia e o Novo Valor do Semiárido

Embora dependente da aprovação do Parlamento Europeu para efetivamente entrar em vigor, quando escrevo este artigo, a recente assinatura do acordo comercial entre Mercosul - União Europeia (UE), janeiro 2026, abre uma janela de oportunidade estratégica para o agronegócio no Semiárido brasileiro e para o setor agro como um todo. Trata-se da maior zona de livre-comércio do mundo com mais de 720 milhões de consumidores e responsável por 25% do PIB global. O destaque é que o mercado europeu vai exigir, cada vez mais, evidências de sustentabilidade e baixa emissão de carbono na produção de alimentos. Nesse cenário, o sistema agrivoltaico deixa de ser apenas uma solução tecnológica para se tornar um diferencial competitivo, pois oferece um 'selo de sustentabilidade' implícito naturalmente.

Ao unir a produção de alimentos com a geração de energia limpa e a proteção dos recursos hídricos, os produtores (desde os grandes polos de fruticultura irrigada até cooperativas de agricultura familiar) elevam o valor agregado de seus produtos. Para a Europa, importar uma fruta do Nordeste brasileiro produzida sob o manejo agrivoltaico é apoiar a resiliência climática e a descarbonização, transformando o nosso Sertão em um parceiro muito bem vindo na economia verde global.

Finalmente, uma vez superado os gargalos técnicos do Sistema Elétrico (SIN) com o uso de armazenamento em baterias, implementadas novas linhas de transmissão de energia e otimizado o uso da terra com a produção de alimentos sob painéis solares, o Brasil fica pronto para apresentar um novo modelo cooperativo e complementar de desenvolvimento do agronegócio e, por tabela, da economia.

Conclusão

É provável que esteja despontando o despertar de um novo Sertão. O que antes era visto apenas como uma região de escassez, hoje se revela como o exemplo da inovação sustentável no Brasil. O sistema agrivoltaico, mostra que é possível produzir energia, água e alimento no mesmo espaço, de forma harmônica e eficiente. De outro lado, a integração de tecnologias de armazenamento BESS, é caminho técnico indicado para estabilizar a rede elétrica nacional (SIN), bem como para fornecer energia limpa e contínua ao agronegócio. Paralelamente, um novo cenário do comércio global, desenhado pelo acordo **Mercosul-UE**, de modo natural coloca o Semiárido em evidência como fornecedor estratégico de produtos de baixo carbono, condição e requisito do mercado globalizado. No entanto, o maior triunfo dessa jornada não será avaliado apenas pelos megawatts, ou toneladas de produtos agrícolas, mas especialmente na melhoria da qualidade de vida do pequeno produtor rural do Semiárido. Ao transformar o sol em aliado da segurança alimentar e da resiliência hídrica, é escrito um novo capítulo para o desenvolvimento regional: um futuro onde a tecnologia serve à vida e o progresso caminha de mãos dadas com a justiça social.

Luiz Carlos Gabriel

M.Sc. Engenheiro Eletricista e Ferroviário

Conselheiro da Aenfer