

Sistemas agroecológicos: escolas da linha agroecológica



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Algodão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 287

Sistemas agroecológicos: escolas da linha agroecológica

*Magna Maria Macedo Nunes Costa
Maria Auxiliadora Lemos Barros
Rosa Maria Mendes Freire*

Embrapa Algodão
Campina Grande, PB
2022

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/algodao/publicacoes>

Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário
CEP 58428-095, Campina Grande, PB
Fone: (83) 3182 4300
Fax: (83) 3182 4367
www.embrapa.br/algodao
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Algodão

Presidente
João Henrique Zonta

Secretário-Executivo
Magna Maria Macedo Nunes Costa

Membros
Francisco José Correia Farias, Geraldo Fernandes de Sousa Filho, Luiz Paulo de Carvalho, Nair Helena Castro Arriel, Rita de Cássia Cunha Saboya.

Supervisão editorial
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Revisão de texto
Ivanilda Cardoso da Silva

Normalização bibliográfica
Enyomara Lourenço Silva

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Fotos da capa
Francisco Vilela Resende
Fonte: Vidal et al. (2013)

1ª edição
Publicação digital - PDF (2022).

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Algodão

Costa, Magna Maria Macedo Nunes.

Sistemas Agroecológicos: Escolas da Linha Agroecológica/ Magna Maria Macedo Nunes Costa, Maria Auxiliadora Lemos Barros, Rosa Maria Mendes Freire. – Campina Grande : Embrapa Algodão, 2022.

PDF (45 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Algodão, ISSN 0103-0205, 287).

1. Agricultura Orgânica. 2. Produção Orgânica. 3. Certificação. I. Barros, M. A. L. II. Freire, R. M. M. III. Embrapa Algodão. IV. Título. V. Série.

Enyomara Lourenço Silva (CRB – 4/1569)

CDD 631.584
© Embrapa, 2022

Autor

Magna Maria Macedo Nunes Costa

Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Nutrição Mineral de Plantas, pesquisadora da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB.

Maria Auxiliadora Lemos Barros

Ciências Econômica, M.Sc. em Economia Rural, pesquisadora da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB.

Rosa Maria Mendes Freire

Química Industrial, M.Sc. em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB.

Apresentação

A agricultura industrial, um dos produtos da Revolução Industrial, causou uma mudança de paradigmas na produção de alimentos, fibras e energia, em função da mecanização e do uso intensivo de insumos químicos. Esse fato proporcionou um aumento significativo na produção agrícola, entretanto, também foi responsável por tornar o agroecossistema vulnerável a problemas ambientais como a degradação e contaminação do solo; contaminação das águas, da atmosfera e dos alimentos; e comprometimento da saúde dos agricultores e da população. Em resposta a essa problemática, começaram a surgir, a partir dos anos 20 do século XX, em várias partes do mundo, diferentes correntes de pensamento e ações que tinham como objetivo aplicar princípios, processos e práticas ecológicas à produção agrícola. Mais tarde, essas correntes passaram a se chamar 'Escolas da Linha Agroecológica' ou simplesmente 'Sistemas Agroecológicos', continuando a surgir até hoje. Esse Documento descreve as principais escolas agroecológicas: Agricultura Orgânica, Agricultura Biológica, Agricultura Natural, Agricultura Biodinâmica, Permacultura e as mais recentes Agricultura Sintrópica e a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Serão abordados como cada uma surgiu, seus fundadores, país de origem, seus insumos e técnicas, bem como a forma pela qual cada uma tem sido abordada pela pesquisa científica, particularmente na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Nesse contexto, a Embrapa Algodão tem se destacado com pesquisas na área de ILPF. A publicação está alinhada com a agenda 2030 através do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) No 12 - Produção e Consumo Sustentáveis

Alderí Emídio de Araújo

Chefe-Geral da Embrapa Algodão

Sumário

Introdução.....	11
1. Agricultura orgânica.....	13
2. Agricultura biológica	18
3. Agricultura natural	22
4. Agricultura biodinâmica	26
5. Permacultura	29
6. Agricultura sintrópica	31
7. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - ILPF	34
Considerações Finais	38
Referências	39

Introdução

Sistemas agroecológicos ou agroecossistemas são sistemas de plantio que tentam imitar ao máximo os ecossistemas naturais (Azevedo; Boeira, 2020). Para isso, esses sistemas são norteados por técnicas, processos e princípios que sejam de natureza sustentável, ou seja, preservem o meio ambiente de forma a não diminuir, ao longo do tempo, a capacidade produtiva. Segundo Altieri (2012), a Agroecologia fornece uma estrutura metodológica de trabalho para a compreensão mais profunda tanto da natureza dos agroecossistemas como dos princípios segundo os quais eles funcionam, integrando princípios agrônômicos, ecológicos e socioeconômicos à compreensão e avaliação dos efeitos das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e a sociedade como um todo.

Apesar da grande diversidade dos sistemas agroecológicos, algumas características fundamentais devem distingui-los dos sistemas convencionais (Feiden, 2005):

- 1) Devem ser, na medida do possível, independentes de recursos externos advindos de fora da propriedade. Para isso esses sistemas utilizam recursos como bactérias que promovem a fixação biológica de nitrogênio e fungos micorrízicos solubilizadores de fósforo, os quais também podem ser adquiridos em lojas especializadas.
- 2) Devem aproveitar ao máximo os recursos disponíveis no local, os quais, na agricultura convencional, são geralmente perdidos e se tornam poluentes, como restos culturais, esterco e cinzas.
- 3) Devem enfatizar a reciclagem dos nutrientes para evitar perda dos mesmos; para isso lançam mão de práticas como a compostagem e o plantio de espécies de plantas capazes de buscar os nutrientes perdidos para as camadas mais profundas do solo.
- 4) Devem ter biodiversidade. O ambiente homogêneo das monoculturas é propício à proliferação de pragas e doenças. Tendo biodiversidade, o sistema torna-se um ambiente favorável para inimigos naturais, além das plantas diversificadas constituírem barreiras físicas à proliferação dos fitopatógenos. Desta forma, nos sistemas agroecológicos de produção, é muito comum práticas como consorciação e rotação de culturas.

- 5) Devem usar tecnologias adaptadas às condições locais, contrariamente ao que ocorre na agricultura industrial, onde insumos, métodos e processos advindos da indústria agropecuária são utilizados em diferentes biomas.
- 6) Deve ser resgatada e conservada a diversidade genética local, pois espécies e cultivares nativas já estão adaptadas àquelas condições ambientais, e, mesmo que apresentem baixas produtividades, devem ser preservadas, pois os tratos culturais podem ser ajustados para aumentar o rendimento e, também, essas plantas podem apresentar características extremamente importantes que podem ser úteis em pesquisas futuras.
- 7) Devem ser resgatados e conservados os conhecimentos locais, uma vez que os agricultores, de modo geral, possuem uma visão global e integrada do conjunto de fenômenos e suas consequências, podendo ser usada no desenvolvimento de um modelo de agricultura sustentável depois de devidamente validada pela pesquisa científica.

O termo “sistemas agroecológicos” exprime ‘per se’ a existência de vários tipos de agriculturas de base ecológica. Tais agriculturas têm em comum a aplicação de princípios ecológicos à produção agrícola, reduzindo ou não permitindo o uso de insumos químicos a partir da incorporação de técnicas alternativas. Entretanto, diferenciam-se de acordo com certos princípios, filosofias e insumos (Candiotto; Meira, 2014). Esses diferentes estilos ou correntes também podem ser denominados de Escolas Agroecológicas, as quais surgiram em diferentes países a partir dos anos 20 do século XX como resposta à percepção dos danos que os agroquímicos já causavam ao meio ambiente e à saúde dos agricultores e da população. Uma a uma, essas escolas foram surgindo e ganhando força, e continuam surgindo até hoje, proporcionando benefícios não somente ecológicos e agronômicos, mas também econômicos e sociais.

Surgindo de uma linha de pensamento e norteadas por certos princípios, essas agriculturas de base ecológica são caracterizadas pelo uso de determinados produtos, processos e técnicas que visam pôr em prática a filosofia da qual elas emergiram e estão inseridas. Entretanto, nem sempre esse produto, técnica ou processo é exclusivo(a) apenas de uma escola agroecológica;

muitas vezes se tangenciam, embora cada uma delas tenha seu conjunto de valores característicos, todos pautados na Agroecologia.

É importante ressaltar que cada um desses sistemas agroecológicos não estão contextualizados apenas tecnicamente. Como se verá adiante, também estão contextualizados econômica, social e culturalmente. Ademais, cada um deles valoriza de sobremaneira temáticas como agricultura familiar, saúde humana, empreendedorismo, oportunidade de geração de emprego e renda, desenvolvimento rural e urbano, inovação e, cada um em diferentes magnitudes, estão abertos à tecnologia gerada pela pesquisa científica.

Entre as principais Escolas da Linha Agroecológica podemos destacar: Agricultura Orgânica, Agricultura Biológica, Agricultura Natural, Agricultura Biodinâmica, Permacultura e as mais recentes Agricultura Sintrópica e a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

1. Agricultura orgânica

A agricultura orgânica (Figura 1) é uma corrente do pensamento ecológico aplicado à atividade agrícola que surgiu em 1920 com o inglês Sir Albert Howard, o qual trabalhou durante aproximadamente 40 anos na Índia pesquisando a relação entre resistência humana às doenças e matéria orgânica do solo, publicando diversos trabalhos sobre o assunto entre 1935 e 1940 (Penteado, 2010). É a agricultura de base ecológica mais difundida no Brasil.

Um dos princípios básicos defendidos pelo fundador da agricultura orgânica, que também é considerado o pai da agricultura, era o não uso de adubos químicos solúveis; em vez disso, defendia a ideia de que a fertilidade do solo deveria ser melhorada



Foto: Ana Lucia Ferreira

Figura 1. Agricultura orgânica.

Fonte: Ferreira (2014).

com a incorporação ao mesmo de matéria orgânica, a qual não apenas melhorava as suas propriedades químicas, mas também as físicas e biológicas, construindo a base de uma produção saudável de alimentos. Através da observação das práticas dos agricultores hindus, Howard desenvolveu o método que conhecemos hoje como compostagem (Figuras 2 e 3), bastante difundido no mundo e utilizado no nosso país.

Foto: Ana Lúcia Borges



Figura 2. Preparo da pilha de compostagem.

Fonte: Rosa e Borges (2013).

Foto: Ana Lúcia Borges



Figura 3. Composto orgânico.

Fonte: Rosa e Borges (2013)

Ao longo dos anos o conceito de agricultura orgânica se expandiu e hoje engloba diversas práticas para a nutrição e sanidade das plantas. Também foram incorporadas questões de natureza social, como, por exemplo, acesso dos agricultores à terra para plantar e moradia digna, e questões relativas à participação da mulher na construção agroecológica.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (Brasil, 2003), em sua Lei Nº 10.831, considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (Bernal; Martins, 2015), agricultura orgânica é um processo produtivo comprometido com a organicidade e sanidade da produção de alimentos vivos para garantir a saúde dos seres humanos, razão pela qual usa e desenvolve tecnologias apropriadas à realidade local de solo, topografia, clima, água, radiações e biodiversidade própria de cada contexto, mantendo a harmonia de todos esses elementos entre si e com os seres humanos.

Esse modo de produção tem maior probabilidade de fornecer alimentos saudáveis; não utilizando agrotóxicos, preserva a qualidade da água; por utilizar sistema de manejo mínimo, assegura a estrutura e a fertilidade dos solos. Por esse conjunto de fatores, a agricultura orgânica viabiliza a sustentabilidade da agricultura familiar e amplia a capacidade dos ecossistemas locais em prestar serviços ambientais a toda a comunidade do entorno, contribuindo para reduzir o aquecimento global (Associação de Agricultura Orgânica, 2021).

Aqui no Brasil, os estabelecimentos rurais que adotam a agricultura orgânica, além da prática da compostagem desenvolvida pelo seu fundador, lançam mãos de diversas outras práticas sustentáveis para construir a fertilidade do

solo e proteger as plantas de agentes fitossanitários, tais como: diversificação de cultivos (consorciação e rotação de culturas); fertilização do solo com biofertilizantes, adubos verdes, coberturas viva e morta e adubos químicos de baixa solubilidade; aplicação caldas e extratos; uso de variedades locais. A Figura 4 mostra a foto de uma fazenda orgânica localizada em Serra Negra, SP.

Foto: Artur Chinelato de Camargo



Figura 4. Fazenda Nata da Serra, Serra Negra-SP.

Fonte: Camargo et al. (2020)

A Certificação dos orgânicos deve ser feita por uma entidade devidamente credenciada pelo Mapa e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), instituição certificadora, a qual assegura que determinado produto, processo ou serviço obedeceram às normas e práticas da produção orgânica. Essa certificação apresenta-se sob a forma de um selo (Figura 5) afixado ou impresso no rótulo ou na embalagem do produto (Silva; Oliveira, 2014).

A Embrapa Algodão vem desenvolvendo pesquisas com algodão orgânico em consórcios agroalimentares no Semiárido. Segundo Santos (2020), a expansão contínua dessa tecnologia depende da superação de vários desafios, como do desenvolvimento de tecnologias apropriadas aos sistemas orgânicos de produção de algodão; dos aumentos progressivos das áreas cultivadas com essa cultura, sob manejo orgânico, para atender a demanda crescente do mercado; da padronização dos critérios de certificação e da demanda mundial pelo consumo dessa commodity, principalmente na Europa e nos Estados Unidos.



Figura 5. Selo orgânico.

No Semiárido, a cotonicultura orgânica é realizada por agricultores familiares, concentrando-se nos estados da Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará e norte de Minas Gerais. Os estados de Alagoas e Sergipe também são produtores de algodão, porém, estão em processo de transição orgânica. A certificação é realizada através de auditorias, promovidas por empresas privadas como o IBD Certificações e a Ecocert Brasil, e por Sistemas Participativos de Garantia (SPG) regulamentados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa). Há também as certificações internacionais, feitas por empresas como Fair Trade e a Global Organic Textile Standard (Santos, 2020).

O Brasil é o 15º maior exportador de algodão orgânico do mundo, ficando o 1º lugar com a Índia. No nosso país, a safra de 2019 produziu 30 toneladas, numa área de 620 hectares, envolvendo mais de 600 famílias. A Embrapa Algodão, o Instituto C&A e a Textile Exchange são três instituições que contribuem bastante para fomentar essa produção, através de parcerias que visam ferramentalizar o pequeno produtor (Aguilera; Colerato, 2019).

Várias pesquisas conduzidas pela Embrapa Algodão têm demonstrado a viabilidade de se produzir algodão nos moldes da agricultura orgânica. Silva et al. (2005), estudando a adubação do algodão colorido BRS 200 em sistema orgânico no Seridó Paraibano, onde as condições edafoclimáticas caracterís-

ticas do Semiárido possibilita o cultivo sem defensivos agrícolas, concluíram que a adubação com esterco bovino incrementou a produtividade. Silva et al. (2013), avaliando o desempenho agrônômico de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira, afirmou que o consórcio algodão + gergelim + palma forrageira pode ser uma alternativa eficiente na agricultura familiar, uma vez que apresentou resultados positivos em termos de renda bruta e uso eficiente da terra (UET) total. Lima et al. (2006) pesquisando um substrato adequado para a produção de mudas de mamoneira encontraram que o material composto por solo + casca de amendoim + cama de frango + mucilagem de sisal propiciou o melhor crescimento das mudas, a cama de frango contribuiu para o enriquecimento químico do substrato, enquanto a casca de amendoim e a mucilagem de sisal contribuíram para adequar as características físicas de aeração e retenção de água.

2. Agricultura biológica

A agricultura biológica (Figura 6) foi desenvolvida na Suíça no início da década de 30 do século passado pelo biólogo e político Hans Müller, após vários anos de pesquisa na área de microbiologia do solo. Denominada inicialmente de agricultura organo-biológica, seus objetivos foram basicamente de natureza política, econômica e social, buscando a autonomia do agricultor tanto na produção quanto na comercialização. Entretanto, foi somente em meados da década de 60 que o médico austríaco Hans Peter Hush difundiu esse tipo de agricultura (Candiotto; Meira, 2014), que ganhou numerosos adeptos na Europa, destacadamente na França (Fundação Nature et Progrès), Alemanha (Associação Bioland) e Suíça (Cooperativas Müller).

Na França, os princípios da agricultura biológica foram introduzidos após a segunda guerra mundial, instigados principalmente por médicos insatisfeitos com os efeitos dos defensivos agrícolas sobre a saúde humana. Nesse contexto destacaram-se dois pesquisadores: Claude Aubert e Francis Chaboussou. Claude Aubert destacou no seu livro *L'Agriculture Biologique* que um solo saudável produz plantas igualmente saudáveis e, conseqüentemente, um alimento de alto valor biológico, que, por sua vez, refletirá na saúde dos homens. Já Chaboussou, em seu livro *Les Plantes Malades des Pesticides*, destacou a Teoria da Trofobiose, que anuncia que uma planta bem equilibrada



Foto: Sigilia Regina dos Santos Souza

Figura 6. Agricultura biológica.

Fonte: Souza (2015).

nutricionalmente é mais resistente ao ataque de pragas e doenças e que o uso de adubos solúveis e agrotóxicos causa um desequilíbrio na nutrição e no metabolismo da planta, deixando-a vulnerável, e produzindo alimentos de baixo valor biológico (Polito, 2006).

Dessa forma, a agricultura biológica considera que o bom funcionamento dos agroecossistemas depende do bom manejo e funcionamento dos solos, tendo a adubação natural um princípio fundamental (Candiotto; Meira, 2014). Nessa vertente agroecológica, é a biologia do solo que deve ditar as normas a serem seguidas e, para se obter elevadas produções em quantidade e qualidade nutricional, ela deverá ser estimulada ao máximo (Dionísio et al., 2016). Segundo Dias et al. (2017), devido ao alto valor biológico, constatou-se também que os produtos advindos da agricultura biológica têm um melhor aspecto visual e um tempo maior de prateleira (Figura 7).



Figura 7. Agricultura biológica visa a obtenção de alimentos limpos de agrotóxicos e de alto valor nutricional.

Fonte: Bello (2014).

Assim, práticas que estimulam a atividade biológica do solo como a adubação orgânica (estercos, compostos, biofertilizantes), a adubação verde, a cobertura morta, a aplicação de bactérias fixadoras de nitrogênio — *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Acetobacter* – (Figura 8) e a biomineralização (aplicação de pós de rocha como calcários calcítico e dolomítico) são as mais utilizadas na agricultura biológica.

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um processo no qual as bactérias chamadas diazotróficas transformam o N_2 do ar atmosférico, indisponível às plantas, em uma forma disponível. Essas bactérias podem viver livremente no solo, se associarem aos tecidos vegetais ou viverem em simbiose com as raízes das plantas, formando nódulos, onde, em seu interior, se encontra a enzima nitrogenase, responsável pelo processo. Nessa perspectiva, a Embrapa vem desenvolvendo, desde o início da década de 60, com os estudos pioneiros da Dra. Johanna Döbereiner (1924 – 2000), pesquisas relacionadas à FBN, com culturas como soja, feijão, caupi, milho, trigo e braquiárias. Hoje, a soja é completamente independente dos adubos nitrogenados, e o foco é estender essa independência para outras commodities.



Foto: Ana Lucia Ferreira

Figura 8. Nódulos onde ocorre a fixação biológica de nitrogênio em raízes de feijão.

Fonte: Peixoto (2014).

Várias pesquisas conduzidas pela Embrapa Algodão têm demonstrado a viabilidade da FBN na cultura do amendoim. Cizenando et al. (2016), estudando dois genótipos – BR 1 e L7 Bege –, inoculados com duas linhagens de *Bradyrhizobium* – SEMIA 6144 e ESA 123 – ou adubados com fertilizante nitrogenado, em três localidades diferentes do Nordeste brasileiro – uma de clima tropical e as outras duas de clima semiárido –, baseando-se no pressuposto de que a eficiência da associação leguminosa-rizóbio depende dos genótipos da planta e da bactéria e das condições ambientais, concluíram que a linhagem ESA 123 proporcionou boa performance agrônômica para o amendoim pela alta produção de vagens, sendo indicada para futuros experimentos que objetivem desenvolver inoculantes comerciais recomendados para a cultura na região. Barbosa et al. (2018), avaliando se os efeitos do estresse hídrico em três genótipos de amendoim – BRS Havana, CNPA 76 AM e 2012-4 – adubados com fertilizante nitrogenado, submetidos à inoculação

com as estirpes de rizóbio SEMIA 6144 e ESA 123 ou sem fonte alguma de N; sob dois regimes hídricos – com e sem irrigação –, podem ser reduzidos com o uso de *Bradyrhizobium*, através da atividade de enzimas anti-oxidantes, trocas gasosas e crescimento vegetativo, encontraram efeitos benéficos da simbiose sob condições de déficit hídrico, especialmente quando se utilizou a linhagem ESA 123, que é nativa da região semiárida. Brito et al. (2019), objetivando mitigar os efeitos da seca em três genótipos de amendoim rasteiro –IAC Runner 886, 2012-33 e 2012-47 –por meio de duas linhagens de *Bradyrhizobium* – ESA 123 e SEMIA 6144–, sob déficit hídrico, em casa-de-vegetação, através da análise do crescimento, da fisiologia e da expressão gênica, concluíram que as plantas inoculadas foram as mais habilitadas em driblar os efeitos da seca, entretanto, os genótipos inoculados com ESA 123 foram superiores, baseado em análise biométrica e molecular, sugerindo um papel-chave deste inoculante na ativação de cascatas metabólicas que levam à proteção da planta sob falta d'água nos seus tecidos.

3. Agricultura natural

Enquanto que a agricultura orgânica e a agricultura biológica tiveram uma origem marcada por experimentos científicos que comprovaram sua viabilidade e eficácia, a agricultura natural (Figura 9) partiu de concepções filosóficas de integração homem-natureza (Trivellato; Freitas, 2003).

A agricultura natural surgiu em meados da década de 1930 com o filósofo japonês Mokiti Okada quando o mesmo fundava uma nova religião baseada no princípio da purificação, hoje Igreja Messiânica, sendo um dos seus alicerces.

O princípio da agricultura natural é o de que as atividades agrícolas devem potencializar ao máximo os processos naturais, evitando perdas de energia no sistema. Essas ideias foram reforçadas e difundidas internacionalmente por Masanobu Fukuoka, o qual defendia que a agricultura deveria ser o menos artificial possível, mantendo os agroecossistemas o mais próximo possível dos ecossistemas naturais (Penteado, 2010).

O que mais diferencia a agricultura natural das demais correntes da linha agroecológica é a não utilização de dejetos animais para fertilizar o solo, pois, uma vez que a religião fundada por Mokiti Okada não permite aos adeptos a



Foto: Nádia Elen Auras

Figura 9. Agricultura natural.

Fonte: Auras (2015).

ingestão de qualquer alimento de origem animal, esse princípio também vale para a agricultura, para que não haja contaminação do meio ambiente, dos alimentos, da saúde e da espiritualidade.

Os adeptos da agricultura natural argumentam que a adubação com esterco animal aumenta o nível de nitrato nas águas, atrai insetos e prolifera parasitas (Penteado, 2010).

Como a agricultura natural não faz uso de esterco animal de baixa relação C/N, lança mão dos chamados microrganismos eficientes (effective microorganisms – EM) para ajudar na decomposição dos restos vegetais que servirão para fertilizar o solo de uma maneira natural. EM's (Figura 10) são os microrganismos benéficos que estão naturalmente presentes no solo. Eles também são utilizados no principal adubo desse tipo de agricultura, o Bokashi (Figura 11), que significa 'matéria orgânica fermentada', feito à base de folhas, farelos (milho, soja, arroz, trigo) e fosfatos naturais, além dos EM's.

Foto: Catharine Abreu Bonfim

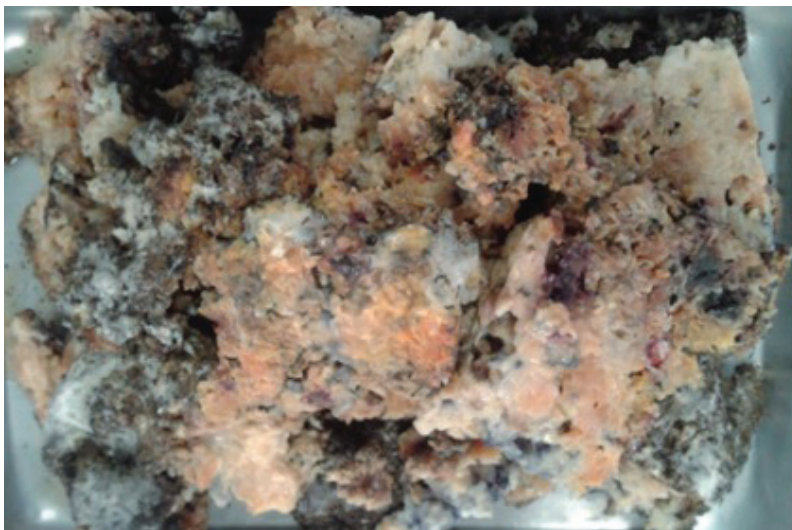


Figura 10. Microorganismos eficientes.

Fonte: Fontenelle et al. (2017).

Foto: Nádia Élen Auras



Figura 11. Bokashi.

Fonte: Auras (2015).

Segundo Saminez et al. (2007), da Embrapa Hortaliças, resíduos agroindustriais podem tornar-se um problema ambiental caso não recebam uma destinação adequada. No entanto, quando bem aproveitados e manejados, tornam-se excelentes fertilizantes. Entre os benefícios, estão a melhoria da qualidade do solo; o fornecimento de microrganismos e nutrientes essenciais às plantas cultivadas; e a economia financeira, uma vez que a adubação é uma das operações responsáveis por boa parte do custo de produção. Nessa perspectiva, o Bokashi age como excelente condicionador e/ou inoculante de solo, atuando no controle de doenças e auxiliando na recuperação de terras com perdas nutricionais e/ou degradadas pelo uso excessivo de insumos químicos. O processo de fabricação do composto anaeróbico de farelos obedece às seguintes etapas: 1) adição e mistura dos componentes – calcário, tortas, farelos, farinhas, cinzas, carvão e água; 2) mistura e dissolução de água, leite, EM'S e açúcar cristal, em um galão de plástico ou outro recipiente; e 3) adição da solução sobre a mistura, aos poucos, de maneira bem distribuída e uniforme, até atingir o ponto de moldar um torrão sem excesso de água. A decomposição do material, que ocorre na ausência de ar, leva de 15 a 20 dias, tempo relativamente rápido em relação a outros adubos orgânicos.

Segundo Costa et al. (2021), da Embrapa Algodão, os EM's podem ser comprados em casas de produtos agropecuários ou serem desenvolvidos na propriedade. Para preparar os EM's, cozinha-se 700 g de arroz em água sem sal e sem cloro; espalha-o sobre pedaços de bambu cortados ao meio no sentido do comprimento ou em bandejas plásticas, cobrindo-se, respectivamente, com a outra parte do bambu ou com tela fina; enterra-se na mata e deixa-se por aproximadamente 15 dias; depois disso, separa-se o arroz de acordo com a cor: cores rosa, azul, amarelo, vermelho ou alaranjado são os EM's; descarta-se as cores frias: verde, cinza, marrom e preto; acrescenta-se ao arroz 100 mL de melaço e distribui-se em 5 garrafas PET; completa-se o volume com água sem cloro, fecha-se as garrafas e as deixa em um local à sombra; retira-se o gás a cada dois dias e, quando não houver mais produção do mesmo, entre 10 a 20 dias, os EM's estarão prontos para uso.

Boechat et al. (2013), estudando a aplicação de resíduos orgânicos com 'Composto Fermentado Bokashi' – FBC – em um Latossolo Amarelo distrófico, do banco de solos da Embrapa, observaram uma aceleração e melhoria na degradação da matéria orgânica, resultando em uma maior quantidade de

nutrientes rapidamente disponíveis às raízes das plantas, especialmente o nitrogênio prontamente assimilável. Karimuna et al. (2016), estudando o efeito do Bokashi sobre a produtividade do consórcio amendoim-milho no sudeste de Sulawesi, Indonésia, encontraram efeitos positivos em ambas as culturas, ressaltando que esse adubo orgânico tem grande potencial para promover a sustentabilidade agrícola da região. Santos et al. (2019), estudando o número de folhas e o Bokashi sobre a produção de mudas de pimenteira rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) propagadas por estaquia, concluíram que o adubo orgânico propiciou maior comprimento dos brotos, independentemente da quantidade de folhas na estaca.

No Brasil, a agricultura natural foi introduzida pelos japoneses e os produtos dela oriundos recebem um selo de certificação da Certificadora Mokiti Okada, órgão da Fundação que recebe o mesmo nome em homenagem ao seu fundador.

4. Agricultura biodinâmica

Assim como a agricultura natural, a agricultura biodinâmica (Figura 12) surgiu a partir de concepções filosóficas de integração homem-natureza (Trivellato; Freitas, 2003). Essa escola da linha agroecológica, desenvolvida na Alemanha em 1924 pelo austríaco Rudolf Steiner após um ciclo de oito palestras dadas para agricultores no Congresso de Pentecostes, Polônia, apresenta uma visão alternativa de agricultura baseada na ciência espiritual da Antroposofia (Penteado, 2010). Posteriormente foi difundida para vários países.

A agricultura biodinâmica possui vários princípios e práticas em comum com outras formas de produção agroecológica, como diversificação de cultivos; reciclagem de nutrientes; uso de adubos de baixa solubilidade; e não uso de agrotóxicos, sementes transgênicas e maquinaria pesada. Entretanto, existem duas práticas que são exclusivas dessa corrente.

A primeira diz respeito ao uso de preparados biodinâmicos, que são elaborados a partir de plantas medicinais (Figuras 13A, 13B e 13C), órgãos de animais, esterco e silício, portanto, tendo representantes dos três reinos da natureza. Em seguida, são enterrados no solo e submetidos à influência da Terra e dos seus ritmos anuais. Segundo a Antroposofia, preparados são



Foto: Roberto Pedroso de Oliveira

Figura 12. Citricultura biodinâmica.

Fonte: Laux et al. (2013).

mediadores entre a Terra e o Cosmo, ajudando as plantas a exercerem sua tarefa como órgãos de percepção entre os dois.

A segunda prática exclusiva da agricultura biodinâmica diz respeito às operações agrícolas (plantio, tratos culturais como poda e irrigação, colheita) serem feitas de acordo com o Calendário Biodinâmico, que é baseado nas fases da lua.

Segundo Betemps (2015), da Embrapa Cima Temperado, na agricultura biodinâmica os alimentos são ainda mais diferenciados e valorizados pela sua qualidade excepcional. O produtor vai produzir seus próprios insumos e este tipo de agricultura traz uma questão econômica dupla: gasta muito menos na produção e o valor dos produtos no mercado são superiores ao dos convencionais.

Fotos: Gustavo Schiedeck (A), Fabio E. Torresan (B) e Marçal Henrique A. Jorge (C)

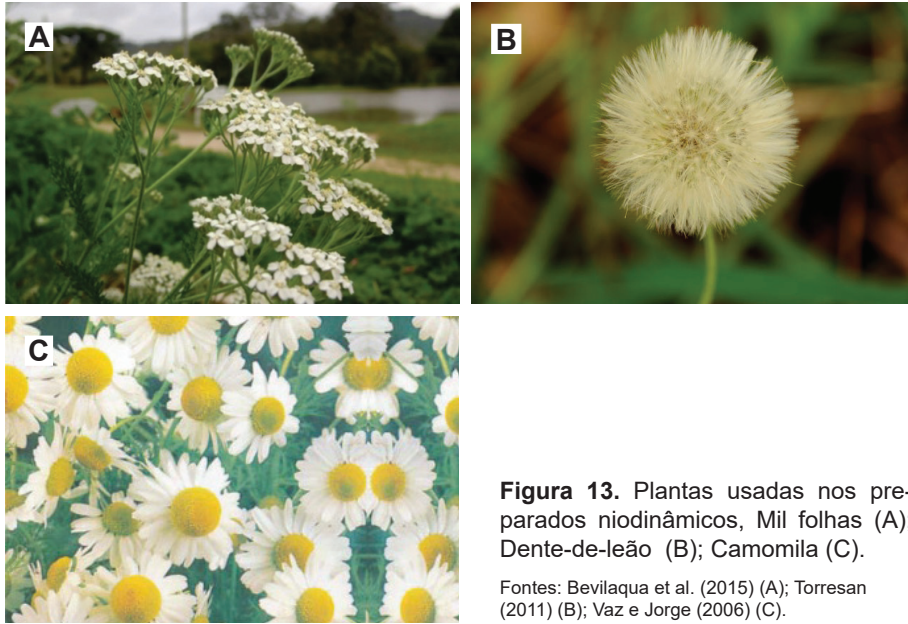


Figura 13. Plantas usadas nos preparados niodinâmicos, Mil folhas (A); Dente-de-leão (B); Camomila (C).

Fontes: Bevilaqua et al. (2015) (A); Torresan (2011) (B); Vaz e Jorge (2006) (C).

A agricultura biodinâmica é um dos mais antigos tipos de agricultura, existindo vários locais que a praticam e sendo um expoente no mundo. Aqui no Brasil, São Paulo é o local onde se pratica de maneira mais intensa; depois vem o município de Sentinela do Sul, no Rio Grande do Sul, que trabalha com arroz biodinâmico, destacando-se no cenário brasileiro. Seus produtos podem ser encontrados em mercados especializados (Betemps, 2015).

A partir de um estudo de caso em uma vinícola em Santa Catarina, Brasil, a Vinícola Santa Augusta - VSA, Rauta et al. (2014) buscaram entender o processo de produção biodinâmica e sua contribuição para a sustentabilidade do empreendimento e do ambiente. A VSA desenvolveu ações sustentáveis em seu processo produtivo, por meio do cultivo de uvas biodinâmicas, devido a uma necessidade estratégica de mercado, porém, sem a intenção de desenvolver uma estratégia de gestão ambiental. Os autores tiveram por objetivo propor essa estratégia por parte da empresa, a partir da adoção gradual de práticas sustentáveis e da manutenção do cultivo biodinâmico. Concluíram que a produção biodinâmica ainda é tímida no Brasil, principalmente na vitivinicultura, sendo a VSA pioneira no segmento. Também entenderam a agricul-

tura biodinâmica como uma alternativa de produção sustentável, com características de conservação dos recursos não renováveis e respeito aos limites da natureza, além de proporcionar a obtenção de produtos de qualidade, com alto valor agregado.

Os produtos advindos da agricultura biodinâmica são certificados através de auditorias feitas pelo Instituto Biodinâmico (IBD), recebendo o selo Demeter. Esses produtos fazem parte de uma rede ecológica internacional ligada ao Demeter International, sediado na Alemanha.

5. Permacultura

A permacultura foi desenvolvida na década de 70 pelos ecologistas Bill Mollison e David Holmgren, na Tasmânia, Austrália, em respostas aos danos ambientais produzidos pelo pacote tecnológico da chamada Revolução Verde. Baseado no modo de vida integrado à natureza e nos conhecimentos agrícolas ancestrais dos aborígenes, esses pesquisadores criaram um sistema agrícola sustentável alicerçado em policultivos com árvores, arbustos, ervas, fungos e tubérculos.

Tendo como base a agricultura natural de Mokiti Okada, é um sistema que visa criar ambientes humanos sustentáveis. A palavra permacultura referia-se originalmente à 'agricultura permanente', mas, com o passar do tempo, foi expandida para 'cultura permanente', entendendo-se também que os aspectos sociais eram parte integrante de um sistema verdadeiramente sustentável.

Segundo Holmgren (2013), uma definição mais atual e ampla de permacultura seria: "Paisagens conscientemente desenhadas que reproduzem padrões e relações encontradas na natureza e que, ao mesmo tempo, produzem alimentos, fibras e energia em abundância e suficientes para prover as necessidades locais." As pessoas, suas edificações e a forma como se organizam são questões centrais para a Permacultura. Para Molisson (1999) a meta da permacultura é elaborar, implantar e manter agroecossistemas diversificados, resilientes, estáveis e produtivos, de forma harmoniosa com a natureza.

Aqui no Brasil, um exemplo de permacultura é o Sistema Agrícola Mandala (Figura 14), criado pelo paraibano Willy Pessoa em 2001. A palavra Mandala vem do sânscrito que significa 'imagem do mundo'. O desenho é uma reprodução em pequena escala do sistema solar. Ocupa uma área de aproximadamente 50 m x 50 m, constituindo-se de nove círculos concêntricos de policultivos ao redor de um reservatório de água, onde podem ser criados peixes e aves. O objetivo é o melhor aproveitamento do espaço e dos recursos hídricos. Os três primeiros círculos destinam-se ao cultivo de herbáceas como hortaliças, plantas medicinais e ornamentais; do quarto ao sexto o objetivo é o cultivo de anuais; e, do sétimo ao nono, perenes, como frutíferas e árvores nativas (Fiaschitello, 2014). O nono círculo geralmente é cultivado com cercas vivas e/ou quebra-ventos, pois, além da proteção da mandala, a insere de forma ecologicamente equilibrada no meio ambiente circundante.

Foto: Manoel Batista de Oliveira Neto



Figura 14. Sistema Mandala.

Fonte: Almeida (2013).

Um modelo evoluído do Sistema Mandala é a horta Bios – Sistema Biológico, Orgânico e Sustentável – da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Agraer): no centro, um viveiro permite melhor cuidado com o desenvolvimento das mudas; há uma agregação com a produção de adubos orgânicos, pois atrás posiciona-se um galinheiro para a produção de esterco, o qual, juntamente com as sobras das hortaliças, irá servir de matéria-prima, num constante reaproveitamento; as pragas são afastadas com o uso de repelentes feitos à base de extratos de plantas como alho e pimenta, para não matar insetos benéficos como joaninhas, além do plantio, ao redor do sistema, de espécies que funcionam como repelentes; os canteiros são dispostos aos quatro lados, podendo aumentá-los de acordo com a necessidade do produtor; e a irrigação é feita com uma caixa d'água de cinco mil litros, por meio de gotejamento ou microaspersão (Lira, 2016).

Segundo Moura e Sales (2015), da Embrapa Agroindústria Tropical, a proposta da permacultura busca oferecer melhorias nos ambientes das comunidades, integrando várias atividades de agricultura familiar, como criação de galinhas caipiras, minhocultura, construção de esgotos e manejo dos dejetos, para melhorar a moradia e o local de trabalho do agricultor familiar, resultando em geração de renda e qualidade de vida. Para os autores, a permacultura é muito importante para o Semiárido, pois os agricultores familiares dessa região têm muita dificuldade de acesso à água e o tamanho das suas propriedades é pequeno, o que torna necessário a implantação de técnicas simples, fáceis, de baixo custo e impacto social.

6. Agricultura sintrópica

A palavra “sintropia” tem a mesma etimologia grega da palavra “entropia”, deixando claro desde o início sua relação dialética. Termodinamicamente, entropia se refere à desordem de um sistema físico, e essa tende a aumentar no Universo; ou seja, pela física, as estruturas complexas tendem a se transformar em simples, havendo, assim, dispersão de energia. Por outro lado, os sistemas vivos possuem a capacidade de vencer a entropia através de seus metabolismos, criando estruturas de organização cada vez mais complexas. Daí, num ecossistema natural, os componentes estarem em sinergia, e não em entropia (Andrade, 2018).

A agricultura sintrópica (Figura 15) é um sistema de cultivo baseado na sintropia, conceito contrário à entropia, e busca inspiração na dinâmica natural dos ecossistemas para um manejo sustentável. Dessa forma, caracteriza-se pela organização, integração, equilíbrio e preservação de energia (Monte, 2013). Foi idealizada e difundida por Ernst Götsch, agricultor e pesquisador suíço que chegou ao Brasil na década de 80 e se instalou numa fazenda degradada na zona cacauceira do sul da Bahia, recuperando-a totalmente (Götsch, 1995).

O principal propósito da agricultura sintrópica está na manutenção das características naturais da região onde a mesma será desenvolvida, começando com a não devastação. Para os adeptos dessa prática, não se deve utilizar nada além do que a natureza pode oferecer. Inclusive os agricultores são orientados a não irrigar as suas plantações, pois o equilíbrio será atingido de maneira natural (Campos, 2016). As plantas são cultivadas em consórcio e dispostas em

Foto: Sílvia Zoche Borges



Figura 15. Agricultura sintrópica.

Fonte: Padovan (2018).

linhas paralelas, intercalando sempre espécies de portes e características diferentes, visando o aproveitamento máximo do terreno; também há manutenção e reintrodução de espécies nativas (Martins; Ranieri, 2014).

O manejo é feito de modo a acelerar o processo de sucessão natural. Para isso, duas técnicas são de fundamental importância na agricultura sintrópica: a capina seletiva, que visa remover gramíneas, herbáceas e trepadeiras quando maduras, de maneira seletiva, e a poda de árvores e arbustos. Em seguida, as partes removidas das plantas são distribuídas sobre o solo como 'mulch', enriquecendo-o com nutrientes (Götsch, 1995). À medida que os ciclos de plantio ocorrem, há um enriquecimento do solo com matéria orgânica (Rao et al., 2017), gerando modificações positivas no agroecossistema: aumento da biodiversidade, melhoria nas propriedades químicas e físicas do solo, modificações no microclima como o aumento da umidade relativa e favorecimento do ciclo da água, recuperando ou gerando fontes.

Esse modelo de produção, em que se mistura agricultura e floresta, mostra-se economicamente viável ao pequeno produtor: demanda baixo investimento, pois não há gasto com adubos, defensivos, mecanização e irrigação; o consórcio com diversos tipos de plantas e diferentes épocas de colheita gera uma fonte constante de renda; e, como os produtos são naturais, há uma valorização do seu preço no mercado.

Em Documento da Embrapa, Costa et al. (2018) comenta que a prática da agricultura sintrópica deve adequar-se a cada situação; na fase inicial, considerando-se o desequilíbrio das relações biológicas presente em áreas degradadas, deve-se recorrer à aportes de insumos externos, como fonte de fósforo e micronutrientes, e fitomassa para a proteção do solo; e ao controle biológico, a partir de organismos criados em laboratório. Com o aumento da diversidade de plantas e animais, há maior proteção contra pragas e doenças. Esses sistemas agroflorestais (SAF's) são uma estratégia de reinserir, no sistema produtivo, terras que no passado eram aptas para agricultura mas que hoje estão abandonadas em razão de manejo inadequado, contribuindo para aumentar a segurança alimentar.

Os melhores exemplos de agricultura sintrópica estão na Mata Atlântica e na Amazônia, com maiores índices pluviométricos quando comparados com os do bioma Cerrado. Entretanto, áreas em regiões com estacionalidade climática,

usando sistemas de irrigação, podem tornar-se viáveis, assim como perímetros irrigados, em que impera a fruticultura. Como a estratégia abordada é a conversão de áreas degradadas para ambientes naturais, tendo como processo intermediário o SAF, é necessário aproveitar os processos da natureza nesta transição, de forma a reativar a regeneração natural (Costa et al., 2018).

7. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - ILPF

A ILPF (Figura 16) é uma estratégia de produção agropecuária que integra diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais, dentro da mesma área. Pode ocorrer em cultivo consorciado, em rotação ou sucessão, de forma que haja interação entre os componentes, gerando benefícios mútuos. A ILPF pode ser adotada de diferentes formas, com inúmeras culturas e diversas espécies animais, adequando-se às características regionais, às condições climáticas, ao mercado local e ao perfil do produtor.

De acordo com a Embrapa (Faria; Vasconcelos, 2021), entre os benefícios da ILPF estão o aumento da produção em uma mesma área; a diversificação de fontes de renda; o melhor aproveitamento dos insumos; a melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo; a melhoria do bem-estar

Foto: João Henrique Zonta



Figura 16. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

animal e a geração de emprego e renda no campo. Além disso, os sistemas ILPF reduzem a pressão pela abertura de novas áreas, recuperam áreas degradadas ou com baixa capacidade produtiva e mitigam as emissões de gases causadores de efeito estufa, aumentando o sequestro de carbono no solo e na biomassa.

Por todas essas características, a ILPF é um dos processos tecnológicos que compõem o Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – Plano ABC –, que reúne os compromissos assumidos pelo Brasil na COP 15 para redução das emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário. Da mesma forma, a ampliação da área com sistemas ILPF faz parte das metas brasileiras voluntárias assumidas no Acordo de Paris. A relevância da ILPF como processo tecnológico sustentável para a agricultura brasileira foi reconhecida por meio da Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, criada em 2013 (Faria; Vasconcelos, 2021).

Atualmente, os sistemas ILPF estão se expandindo, especialmente para produção de grãos, fibras, energia, florestas e bovinos de corte e leite, além de ovinos e caprinos, dependendo da região. A utilização desses sistemas, nas situações em que é exequível a sua adoção, passa a ser de grande importância para a recuperação de áreas em degradação, tanto de pastagens como de lavouras (Balbino et al., 2019).

Segundo o autor supracitado, diversas particularidades os tornam socialmente receptivos no Brasil, entre as quais destacam-se: (i) possibilidade de o sistema ser empregado por qualquer produtor rural, independente do porte de sua propriedade – pequena, média ou grande; (ii) ampliação da inserção social pela melhor distribuição de renda e geração de empregos; (iii) aumento da renda do produtor rural; (iv) melhoria da imagem da produção agropecuária e dos produtores rurais, pois concilia atividade produtiva e preservação do meio ambiente; (v) aumento da competitividade do agronegócio brasileiro; (vi) redução do processo migratório; e (vii) estímulo à qualificação profissional.

A Embrapa Algodão mantém, desde 2015, em Alagoinha, PB, uma Unidade de Referência Tecnológica (URT) de dois hectares com o objetivo de pesquisar culturas, práticas e processos do sistema ILPF nas condições edafoclimáticas da mesorregião do Agreste Paraibano (Figura 17). Nessa URT, é

desenvolvido um consórcio de *Brachiaria decumbens* com culturas anuais – milho, guandu, caupi, sorgo, milheto, palma forrageira e mandioca –, em sistema plantio direto, bem como o uso de leguminosas arbóreas com potencial forrageiro e madeireiro – glicíndia (*Gliricidia sepium*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) –, além de outras espécies nativas, como o ipê amarelo (*Handroanthus albus*). Com essas ações, já é possível divulgar o sistema ILPF na região por meio da organização de eventos de transferência de tecnologia e intercâmbio de conhecimentos, oferecendo seminários, palestras, reuniões técnicas, cursos de capacitação de agentes multiplicadores, teses de doutorado e dissertações de mestrado, além de dias de campo (Rangel et al., 2019).

Estudando a viabilidade da ILP – Integração Lavoura-Pecuária –, em conjunto com o Sistema Plantio Direto – SPD –, na zona rural do município de Lagoa Seca, região Agreste da Paraíba, onde foram testados diversos tipos de gramíneas (Milho, *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás, *Brachiaria decumbens* cv. Marandu, capim Urocloa, capim Mombaça e capim Andropógon) e formas de plantio (solteiro, a lanço e na entrelinha), Zonta et al. (2016) constataram viabilidade do sistema, com o aumento, no solo, da retenção de umidade, do teor de matéria orgânica e da

Foto: João Henrique Zonta



Figura 17. Unidade de Referência Tecnológica (URT), Alagoinha, PB.

proteção contra a erosão. O consórcio que apresentou melhor adaptação à região foi o cultivo de milho com *Brachiaria brizantha* cv. Piatã (Figura 18), devido a sua elevada tolerância à seca e produção de matéria verde e seca, e reduzida competição com o milho. Ambas as formas de semeadura das forrageiras, a lanço ou na entrelinha, são possíveis de serem realizadas, e a escolha vai depender principalmente do maquinário disponível na propriedade, concluíram os autores.

Bernardi et al. (2019), estudando a otimização do uso de insumos em sistemas de ILPF com ferramentas de agricultura de precisão, concluíram que a análise espacial das necessidades de calagem e adubação podem fornecer ferramentas de gestão para o manejo de pastagens. Ademais, a tecnologia da aplicação de calcário e fertilizante fosfatado à taxa variável pode ser utilizada como ferramenta de correção e adubação do solo levando à maior homogeneidade dos seus atributos químicos.



Foto: João Henrique Zonta

Figura 18. Consórcio Milho + *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, Lagoa Seca, PB.

Fonte: Zonta et al. (2016).

Considerações Finais

Como constatado, certos princípios, filosofias e insumos de natureza ecológica deram e continuam dando início a várias escolas e movimentos que buscam a sustentabilidade das atividades agrícolas, no intuito de quebrar paradigmas construídos depois do aumento da demanda mundial por alimentos, fibras e energia imposto pelo início da alavancada na taxa de crescimento populacional ocorrido entre o fim do século XVIII e o início do XIX. Tal demanda impôs o aparecimento de agrossistemas que utilizam métodos, processos e serviços objetivando tão somente o acompanhamento do crescimento da população do planeta, deixando a desejar quanto à capacidade de preservação ambiental para as futuras gerações. Dessa forma, o vasto conhecimento teórico e prático de cada uma dessas escolas da linha agroecológica, e de suas intersecções, contribui de forma efetiva para um aumento sustentável da produção agrícola, devendo servir de norteamento à pesquisa agropecuária e à difusão de tecnologias aos pequenos, médios e grandes produtores rurais.

Os métodos, processos e serviços discutidos em cada um desses sistemas agroecológicos apresentados são perfeitamente aplicáveis às condições tropicais brasileiras, gerando benefícios ambientais, econômicos e sociais. Todavia, é necessário que haja políticas econômicas que garantam valores justos tanto para os meios de produção do agricultor como para os produtos provenientes desses ecossistemas agrícolas. Ademais, a pesquisa científica precisa ressaltar temas pertinentes como os aspectos nutricionais dos alimentos produzidos, comparando-os aos advindos de outros sistemas agrícolas, assim como as potencialidades na geração de emprego e renda. Tem-se então, um amplo campo de estudo para agentes das mais diversas áreas do conhecimento: engenheiros agrônomos, agrícolas, florestais, de alimentos e outros; biólogos; químicos; nutricionistas; farmacêuticos; economistas e outros profissionais que queiram se inserir nesta dinâmica produtiva, uma vez que a Agroecologia é interdisciplinar.

Referências

- AGUILERA, J.; COLERATO, M. Algodão Orgânico no Brasil: MST, Agroecologia e Justiça Social. São Paulo: Instituto Modifica, 2019. Disponível em: <https://www.modifica.com.br/algodao-organico-mst-justica-social/>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- ALMEIDA, A. C. S. de. Agroflorestas. In: SILVA JUNIOR, J. F. da (ed.). **Árvore do conhecimento – Território Mata Sul Pernambucana**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2013. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gx7tnuby02wx7ha0myh2lozpyw5rv.html. Acesso em: 1 jun. 2021.
- ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma Agricultura Sustentável. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular; Rio de Janeiro: AS-PTA, 2012. 400 p.
- ANDRADE, D. **Agricultura sintrópica**: universo de conceitos. Agenda Gotsch, 2018. Disponível em: <http://www.agendagotsch.com/agricultura-sintropica>. Acessado em: 17 maio 2018.
- ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTURA ORGÂNICA. O que é Agricultura Orgânica. Perdizes, . Disponível em: <http://aao.org.br/aao/agricultura-organica.php>. Acesso em: 31 maio 2021.
- AURAS, N. E. **Composto do tipo Bokashi**. Brasília: Embrapa, 2015. (Multimedia: Image bank). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/2685001/composto-do-tipo-bokashi>. Acesso em: 31 maio 2021.
- AZEVEDO, H. P.; BOEIRA, S. L. Complexidade e agroecossistemas: operadores sistêmico, dialógico e recursivo no estudo da agricultura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 5, p. 13, 2020. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/23264>. Acesso em: 4 mar. 2021.
- BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de. Sistemas de Integração: conceitos, considerações, contribuições e desafios. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (ed). **ILPF - Inovação com Integração de Lavoura, Pecuária e Floresta**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 31-48.
- BARBOSA, D. D.; BRITO, S. L.; FERNANDES, P. P.; FERNANDES-JUNIOR, P. I.; LIMA, L. M. Can *Bradyrhizobium* strains inoculation reduce water deficit effects on peanuts? *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 34, n. 87, p. 1-11, 2018.

BELLO, L. G. **Produtos Orgânicos da Fazendinha Agroecológica**. Brasília: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/1839002/produtos-organicos-da-fazendinha-agroecologica>. Acesso em: 31 maio 2021.

BERNAL, A. B.; MARTINS, A. de M. C. (ed.). **Formação de agentes populares de Educação Ambiental na Agricultura Familiar**: volume 5 – Sustentabilidade e Agroecologia: conceitos e fundamentos. Brasília: MMA, 2015. 88 p. BERNARDI, A. C. de C.; LAURENTI, N.; BETTIOL, G. M.; OLIVEIRA, P. P. A. de; ALVES, T. C.; PEDROSO, A. de F.; ESTEVES, S. N.; PEZZOPANE, J. R. M. Otimização do uso de insumos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com ferramentas de agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 13, n. 4, p. 290-300, 2019.

BETEMPS, C. **Práticas em Agricultura Biodinâmica**. Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2880846/praticas-em-agricultura-biodinamica>. Acesso em: 21 fev. 2022.

BEVILAQUA, G. A. P.; OLANDA, G. B. de; SCHIEDECK, G.; COUTO, M. E. O. **Tecnologia de plantas medicinais e bioativas da flora de Clima Temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 100 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 394).

BOECHAT, C. L.; SANTOS, J. A. G.; ACCIOLY, A. M. de A. Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with 'Fermented Bokashi Compost'. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 2, p. 257-264, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei Nº 10831, de 23 de dezembro de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 8, 2003. Seção 1.

BRITO, S. L.; SANTOS, A. B.; BARBOSA, D. D.; FERNANDES, P. D.; FERNADES-JUNIOR, P. I.; LIMA, L. M. Bradyrhizobium spp. as attenuators of water deficit stress in runner peanut genotypes based on physiological and gene expression responses. *Genetics and Molecular Research*, v. 18, n. 4, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/204000/1/Bradyrhizobium-spp.-as-attenuators-of-water-2019.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2022.

CAMARGO, A. C. de; NOVO, A. L. M.; BERGAMASCHI, M. A. C. M.; PALAHRES, J. C. P.; MENDONÇA, F. C.; SCHIAVINATO, R. J. **Fazenda Nata da Serra - Serra Negra, SP - descrição de caso de sucesso na produção orgânica de leite**. Brasília: Embrapa, 2020. 75 p.

CAMPOS, T. T. **Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch pode reviver nosso ecossistema.** [S. l.]: ImGrower, 2016. Disponível em: <http://thiagoorganico.com/agricultura-sintropica-ernst-gotsch>. Acesso em: 17 maio 2018.

CANDIOTTO, L. Z. P.; MEIRA, S. G. de. Agricultura orgânica: uma proposta de diferenciação entre estabelecimentos rurais. **Revista Campo-Território**, v. 9, n. 19, p. 149-176, 2014.

CIZENANDO, C. I. T.; RAMOS, J. P. C.; FERNADES-JUNIOR, P. I.; LIMA, L. M. de; FREIRE, R. M. M.; SANTOS, R. C. dos. Agronomic efficiency of *Bradyrhizobium* in peanut under different environments in Brazilian Northeast. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 37, p. 3482-3487, 2016.

COSTA, M. M. M. N.; FREIRE, R. M. M.; BARROS, M. A. L. **Adução para consórcios agroecológicos de algodão com culturas alimentares.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2021. 32 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 286).

COSTA, T. C. e C. da; MATRANGOLO, W. J. R.; SILVA, I. H. F. da; ALMEIDA, L. G. de; ARAUJO, N. G.; FERRAZ, L. de C. L. **Sistema Agroflorestral, uma estratégia para recuperação ambiental.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 231).

DIAS, T. C. Nova forma de cultivo: A Agricultura Biológica. **Blastingnews**, n. 2, 2017. Disponível em: <https://br.blastingnews.com/ambiente/2017/02/nova-forma-de-cultivo-a-agricultura-biologica-001446333.html>. Acesso em: 11 maio 2018.

DIONÍSIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; PAULA, A. M. de; MACEDA, A.; MATTANA, A. L. **Guia prático de biologia do solo.** Curitiba: SBCS/NEPAR, 2016. 152 p.

FARIA, G. R. F.; VASCONCELOS, J. H. **Portfólio Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.** Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/224501/1/2021-cpamt-folder-portifolio-ilpf.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2022.

FEIDEN, A. Agroecologia: introdução e conceitos. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (ed). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável.** 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 49-69.

FERREIRA, A. L. Agricultura orgânica cresce com adoção de resultados de pesquisa. Brasília: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/1884777/agricultura-organica-cresce-com-adocao-de-resultados-de-pesquisa>. Acesso em: 28 maio 2021.

FIASCHITELLO, A. **Sistema Mandalla**: um projeto auto-sustentável promissor para o Brasil. [S. l.]: Epoch Times, 2014. Disponível em: <https://www.epochtimes.com.br/sistema-mandalla-projeto-auto-sustentavel-promissor-para-brasil>. Acesso em: 16 maio 2018.

FONTENELLE, M. R.; LIMA, C. E. P.; BONFIM, C. A.; ZANDONADI, D. B.; BRAGA, M. B.; PILON, L.; MACHADO, E. R.; RESENDE, F. V. **Biofertilizante Hortbio®**: Propriedades Agronômicas e Instruções para o Uso. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2017. 11 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 162).

GÖTSCH, E. **Homem e Natureza**: Cultura na Agricultura. 2. ed. Recife: Centro Sabiá, 1995. 15 p.

HOLMGREN, D. **Permacultura**: princípios e caminhos além da sustentabilidade. Porto Alegre: Via Sapiens, 2013. 44 p.

KARIMUNA, L.; RAHNI, M. N.; BOER, D. The use of Bokashi to enhance agricultural productivity of marginal soils in Southeast Sulawesi, Indonesia. **Journal of Tropical Crop Science**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

LAUX, L. C.; BÜTTENBENDER, D.; PETRY, H. B.; GONZATTO, M. P.; OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B.; BARROS, I. B. I. de. **Citricultura Biodinâmica: princípios e insumos para nutrição de plantas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 36 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 380).

LIMA, R. de L. S. de; SEVERINO, L. S.; SILVA, M. I. de L.; JERÔNIMO, J. F.; VALE, S. L. do; BELTRÃO, N. E. de M. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 3, p. 474-479, 2006.

LIRA, A. Horta Bios da Agraer chama atenção pela proposta Agroecológica. Brasília: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/12618191/horta-bios-da-agraer-chama-atencao-pela-proposta-agroecologica>. Acesso em: 22 fev. 2020.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. **Ambiente e Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 79-96, 2014.

MOLISSON, B. **Permaculture**: Designers Manual. 8 ed. Tyalgum: Tegari, 1999. 580 p.

MONTE, A. L. Z. **Sintropia em agroecossistemas**: subsídios para uma análise bioeconômica. 2013. 121 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

MOURA, R.; SALES, A. Embrapa oferece curso de Permacultura no Alto Oeste Potiguar. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2530607/embrapa-oferece-curso-de-permacultura-no-alto-oeste-potiguar>. Acesso em: 22 fev. 2022.

PADOVAN, M. P. **Safara - Sistemas Agroflorestais Biodiversos**: produção de alimentos, geração de renda e recuperação ambiental - FASE I. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-projetos/-/projeto/208415/safara---sistemas-agroflorestais-biodiversos-producao-de-alimentos-geracao-de-renda-e-recuperacao-ambiental---fase-i>. Acesso em: 1 jun. 2021.

PEIXOTO, R. **Fixação biológica de nitrogênio é alternativa para a cultura do feijão**. Brasília: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2235924/fixacao-biologica-de-nitrogenio-e-alternativa-para-a-cultura-do-feijao>. Acesso em: 31 maio 2021.

PENTEADO, S. R. **Manual prático de Agricultura Orgânica**: fundamentos e práticas. 2.ed. Campinas: Via Orgânica, 2010. 232 p.

POLITO, W. L. The Trofobiose Theory and organic agriculture: the active mobilization of nutrients and the use of rock powder as a tool for sustainability. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p. 765-779, 2006.

RANGEL, J. H. de A.; MUNIZ, E. N.; SOUZA, S. F. de; PIOVEZAN, U.; AMARAL, A. J. do; SILVA NETO, L. de F. da; SANTOS, J. C. P. dos; MORAES, S. A. DE; SANTOS, R. D. dos; TONUCCI, R. G.; ZONTA, J. H.; STEFANO, J. G. di. Sistema ILPF e transferência de tecnologia nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. In: SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (ed). **Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil – estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 164-191.

RAO, C. S.; INDORIA, A. K.; SHARMA, K. L. Effective management practices for improving soil organic matter for increasing crop productivity in rainfed agroecology of India. **Current Science**, v. 112, n. 7, p. 1497-1504, 2017.

RAUTA, J.; FAGUNDES, J. R.; SEHNEM, S. Gestão ambiental a partir da produção biodinâmica: Uma alternativa a sustentabilidade em uma vinícola catarinense. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 3, n. 3, p. 135-154, 2014.

ROSA, R. C. C.; BORGES, A. L. Produção de composto orgânico em pequenas propriedades. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 3 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Orgânico em Foco, 3).

SAMINEZ, T.; RESENDE, F. V.; SOUZA, R. B. de; VIDAL, M. C. Aprenda como se faz composto de farelo anaeróbico. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 8 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/780992/1/CompostodefarelosAnaerobico.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2022.

SANTOS, C. C.; LEITE, L. F. B.; SILVA, O. B. da; TORALES, E. P.; ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. do C. Número de folhas e bokashi na brotação e custos de produção de *Schinus terebinthifolius* Raddi. por estaquia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 219-232, 2019.

SANTOS, E. Live debate a produção de algodão orgânico em consórcios agroalimentares no Semiárido. Brasília: Embrapa, 2020. (Notícias). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53570657/live-debate-a-producao-de-algodao-organico-em-consorcios-agroalimentares-no-semiarido>. Acesso em: 17 fev. 2022.

SILVA, G. dos S.; OLIVEIRA, R. A. de; QUEIROZ, N. L.; SILVA, M. N. B. da; SOUSA, M. F. de; SILVA, S. A. da. Desempenho agrônomico de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 9, p. 975-981, 2013.

SILVA, M. N. B. da; BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D. Adubação do algodão colorido BRS 200 em sistema orgânico no Seridó Paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 2, p. 222-228, 2005.

SILVA, M. V.; OLIVEIRA, A. B. de. Situação atual do processo de certificação orgânica no Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 20-30, 2014.

SOUZA, S. R. dos S. **Plantio de Feijão-Caupi**. Brasília: Embrapa, 2015. (Multimedia: Image bank). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/2637001/plantio-de-feijao-caupi>. Acesso em: 28 maio 2021.

TORRESAN, F. **Dandelion**. Brasília: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/176001/dandelion>. Acesso em: 31 maio 2021.

TRIVELLATO, M. D.; FREITAS, G. B. Panorama da Agricultura Orgânica. In: STRINGUETA, P. C.; MUNIZ, J. N. **Alimentos Orgânicos: Produção Tecnologia e Certificação**. Viçosa: UFV, 2003. p. 9-35.

VAZ, A. P. A.; JORGE, M. H. A. **Camomila**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAP/56572/1/FOL76.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2021.

VIDAL, M. C.; RESENDE, F. V.; SOUZA, R. B. de; FREITAS, V. M. T. de; GUIDUCCI FILHO, E.; ZANDONADI, D. B. **Portfólio de tecnologias de Agricultura Orgânica e Agroecologia da Embrapa Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. 37 p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 138).

ZONTA, J. H.; SOFIATTI, V.; SILVA, O. R. R. F. da; RAMOS, E. N.; BARBOSA, H. F.; CORDEIRO JUNIOR, A. F.; LIRA, A. J. S. **Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP) para a Região Agreste do Nordeste**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2016. 26. (Embrapa Algodão. Documentos, 266).

Embrapa

Algodão

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 017626