

Princípios para Conservação e Uso Sustentável dos Recursos Naturais e da Biodiversidade: Bases Teóricas para Processos de Capacitação



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

DOCUMENTOS 490

**Princípios para Conservação e Uso Sustentável
dos Recursos Naturais e da Biodiversidade: Bases
Teóricas para Processos de Capacitação**

*Clenio Nailto Pillon
Adalberto Koiti Miura
Ernestino de Souza Gomes Guarino
Irajá Ferreira Antunes
José Ernani Schwengber
João Carlos Costa Gomes
Leticia Penno de Sousa
Lilian Terezinha Winckler
Alexandre Hoffmann
Mariana Rockenbach de Ávila
Éberson Diedrich Eicholz
Gilberto Antônio P. Bevilaqua
Ana Beatriz Devantier Henzel
Alberi Noronha
Meri Diana Strauss Foesch
Eric Weller
Gustavo Crizel Gomes
Artur Ramos Molina
Günter Timm Beskow
Mariana Mühlenberg Soares*

Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente

Luis Antônio Suita de Castro

Vice-Presidente

Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson, Marilaine
Schaun Pelufê, Sônia Desimon*

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Fernando Jackson

Foto de capa

Henrique Noguez da Cunha

1ª edição

Obra digitalizada (2020)

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 Clima Temperado

P642p Pillon, Clenio Nailto

Princípios para conservação e uso sustentável dos
recursos naturais e da biodiversidade: bases teóricas
para processos de capacitação / Clenio Nailto Pillon,
editor técnico. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado,
2020.

33 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado,
ISSN 1516-8840 ; 490).

1. Recurso natural. 2. Solo. 3. Água. 4. Sistema de
produçã. 5. Recurso florestal. 6. Semente.
7. Biodiversidade. I. Título. II. Série.

CDD 630

Marilaine Schaun Pelufê – CRB10/1274

© Embrapa, 2020

Autores

Clenio Nailto Pillon

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Adalberto Koiti Miura

Biólogo, doutor em Sensoriamento Remoto, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Ernestino de Souza Gomes Guarino

Engenheiro florestal, doutor em Botânica, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Irajá Ferreira Antunes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

José Ernani Schwengber

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

João Carlos Costa Gomes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Letícia Penno de Sousa

Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Lilian Terezinha Winckler

Engenheira Agrônoma, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado Pelotas, RS.

Alexandre Hoffmann

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Mariana Rockenbach de Ávila

Tecnóloga em Agropecuária, doutora em Zootecnia, pesquisadora colaboradora da Fapeg/ Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Éberson Diedrich Eicholz

Engenheiro-agrônomo, doutor em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Gilberto Antônio P. Bevilaqua

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Ana Beatriz Devantier Henzel

Bióloga, mestranda em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, bolsista CNPq, Pelotas, RS.

Alberi Noronha

Engenheiro-agrônomo, especialista em Administração e Desenvolvimento Rural, analista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Meri Diana Strauss Foesch

Engenheira florestal, mestre em Ciências Ambientais e Florestais, doutoranda em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

Eric Weller

Agroecólogo, mestrando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

Gustavo Crizel Gomes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, bolsista de pós-doutoramento PPG DTSA–UFPel e Convênio Corsan/ Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Artur Ramos Molina

Biólogo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

Günter Timm Beskow

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

Mariana Mühlberg Soares

Estudante de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

Apresentação

Especialmente nos últimos 50 anos, foram desenvolvidos muitos conhecimentos, estratégias e soluções tecnológicas pelas instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) públicas e pelo setor privado, que possibilitaram avanços importantes na produção de alimentos, fibras e energia pela agricultura, incluindo bases para a oferta de serviços ambientais.

Destacam-se a adoção de práticas conservacionistas de manejo do solo e da água, incluindo o sistema plantio direto; o desenvolvimento de estratégias de manejo integrado de pragas; a adoção de sistemas integrados de produção; as estratégias para agregação de valor aos produtos agropecuários, bem como para conservação e uso sustentável da biodiversidade; as estratégias para restauração ambiental e adaptação ou mitigação às mudanças do clima e mitigação, dentre outras.

As preocupações da sociedade com as mudanças do clima, com a sustentabilidade dos agroecossistemas e com a saudabilidade dos alimentos tornaram-se pautas estratégicas e globais, chanceladas por organismos internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU).

Este documento sistematiza um conjunto de conhecimentos, estratégias e informações úteis no desenho de sistemas de produção sustentáveis, bem como serve de base em processos de formação de agentes multiplicadores, sejam técnicos ou agricultores.

Roberto Pedroso de Oliveira
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Introdução.....	9
Sustentabilidade: evolução conceitual e aplicações na história recente.....	9
Manejo conservacionista e qualidade do solo.....	13
Água para a vida de qualidade.....	17
Sistemas agroflorestais como estratégia para restauração de ecossistemas florestais	20
Agrobiodiversidade: sementes crioulas e seus guardiões	24
Restauração ecológica e serviços ecossistêmicos na agricultura familiar	27
Considerações Finais	30
Agradecimentos.....	31
Referências	31

Introdução

A agricultura brasileira experimentou uma evolução importante de produção, produtividade e eficiência. Ao longo dos últimos 50 anos, passamos de importador de alimentos para um país soberano em segurança alimentar e capaz de abastecer o mundo com cereais, fibras, proteína vegetal e animal, frutas e oleaginosas, dentre outros.

Esse processo se deu com base na geração de conhecimentos pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), a partir das contribuições de instituições públicas e do setor privado, pelo desenvolvimento de soluções tecnológicas em diferentes temas e setores, notadamente: em genética animal e vegetal; em insumos (fertilizantes, inoculantes, agrotóxicos, máquinas e equipamentos agrícolas, etc); em práticas e processos agropecuários e agroindustriais, especialmente em sistemas conservacionistas de manejo do solo e da água; em manejo integrado de pragas, irrigação, cultivo protegido, colheita e pós-colheita de alimentos; em ferramentas de suporte à tomada de decisão, como os zoneamento de risco climático (ZARC); não menos importante, pelo investimento em assistência técnica e extensão rural, igualmente públicos e privados. Houve avanços importantes no desenvolvimento de tecnologias e processos ambientalmente amigáveis em vários setores, tornando o Brasil referência mundial em sistemas conservacionistas de manejo do solo, na produção de energia a partir de fontes renováveis, na bioeconomia e na conservação dos recursos naturais, especialmente da biodiversidade.

A sociedade tem sinalizado fortemente a preocupação com algumas pautas de interesse global, a exemplo das mudanças do clima e seus impactos sobre os ecossistemas, a vida e a produção de alimentos; com a produção de alimentos saudáveis, com forte percepção de que alimento de qualidade promove saúde e qualidade de vida; e com a sustentabilidade.

Nesse contexto, os conhecimentos e as boas práticas agropecuárias sistematizados neste documento se alinham fortemente a vários Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente ao ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), contribuindo para o alcance das metas: 2.4) “até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos, por meio de políticas de pesquisa, de assistência técnica e extensão rural, entre outras, visando implementar práticas agrícolas resilientes que aumentem a produção e a produtividade e, ao mesmo tempo, ajudem a proteger, recuperar e conservar os serviços ecossistêmicos, fortalecendo a capacidade de adaptação às mudanças do clima, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, melhorando progressivamente a qualidade da terra, do solo, da água e do ar”; e 2.5.1) “até 2020, garantir a conservação da diversidade genética de espécies nativas e domesticadas de plantas, animais e microrganismos importantes para a alimentação e agricultura, adotando estratégias de conservação *ex situ*, *in situ* e *on farm*, incluindo bancos de germoplasma, casas ou bancos comunitários de sementes e núcleos de criação e outras formas de conservação adequadamente geridos em nível local, regional e internacional”.

Sustentabilidade: evolução conceitual e aplicações na história recente

João Carlos Costa Gomes; José Ernani Schwengber

O conceito sustentabilidade aparece na visão mundial incorporado às tradições de povos indígenas desde tempos remotos. A obediência a “um preceito de Gayanashagowa, ou a Grande Lei da Paz (Seis Nações da Confederação dos Iroquois), levava os chefes (indígenas) a avaliar o impacto das suas decisões sobre a sétima geração futura”. Na Europa, o primeiro uso conhecido de sustentabilidade ocorreu em 1712, no livro *Sylvicultura Oeconomica*, pelo silvicultor e cientista alemão Hans Carl von Carlowitz. Mais tarde, os silvicultores franceses e ingleses adotaram a prática de plantar árvores como um caminho para a “silvicultura de rendimento contínuo” (Heinberg, 2007).

Nos tempos “modernos”, a Conferência de Estocolmo, realizada em 1972, foi o primeiro grande evento promovido pela Organização das Nações Unidas (ONU) para tratar da relação entre sociedade e natureza, inaugurando um marco na busca pelo equilíbrio entre desenvolvimento econômico e redução da degradação ambiental, que acabou evoluindo para os conceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade. Portanto, o conceito sustentabilidade traz na sua gênese moderna a preocupação econômica sobre o uso dos recursos naturais. Afinal, houve a tomada de consciência de que esses recursos são finitos. A Declaração de Estocolmo foi um marco no reconhecimento mundial sobre o direito do cidadão de manter uma qualidade ambiental que lhe permita viver com dignidade (Unep, 1972).

Na década de 1980, a ONU retomou o debate, designando a ex-primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, para chefiar a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada para estudar o assunto. Havia a percepção de que “o modelo de desenvolvimento e produção então vigente comprometeria o equilíbrio do uso do mundo natural, em escala global”.

Em 1987, foi divulgado o Relatório Brundtland, que definiu que “desenvolvimento sustentável” por aquele que satisfaz as necessidades da geração presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas próprias necessidades”. O Relatório de Brundtland apontou a necessidade de que o crescimento econômico deveria também promover equidade social e equilíbrio ecológico, condições para que o desenvolvimento fosse sustentável (CMMAD, 1991).

Uma consideração sobre o conceito de “sustentável” é sua origem do latim, *sustinere*, que pode significar a necessidade de apoio para garantir a manutenção ou existência de algo ou algum estado ao longo do tempo. Portanto, não se pode inferir, a partir do conceito de sustentável, de modo automático, somente as bondades que o mesmo abriga, dado que ele também apresenta em si as modalidades de permanência ou de intervenção, as quais podem ser indesejáveis. Em outras palavras, sustentável não significa, a priori, sinônimo de bom (Gomes, 2005).

A dubiedade conceitual existe em outros idiomas. Em espanhol existem *sustentable* e *sostenible*, que significa processo que pode manter-se por si mesmo, por exemplo um desenvolvimento socioeconômico autossustentado, sem ajuda externa e sem diminuição dos recursos existentes. A ambivalência do discurso da sustentabilidade também surge da polissemia do conceito *sustainability*, no idioma inglês, que integra dois significados: um aplicado à durabilidade do processo econômico, outro que implica a internalização das condições ecológicas de suporte do processo econômico. Nesse caso, a sustentabilidade ecológica se constitui numa condição da sustentabilidade do processo econômico (Gomes, 2005).

A ambiguidade conceitual permitiu que o discurso sobre a sustentabilidade fosse aplicado com foco no “crescimento econômico sustentável” por meio dos mecanismos de mercado, sem a internalização das condições da sustentabilidade econômica nem a incorporação dos diversos processos implicados na própria sustentabilidade: o ambiente, o tempo ecológico de produtividade e regeneração da natureza, os valores culturais e humanos, a qualidade de vida, entre outros.

Nesse sentido, a consideração única dos valores e medições de mercado como indicadores de sustentabilidade acabou seguindo caminho contrário à sustentabilidade, quando consideradas as dimensões socioambientais. Ou seja, a noção de sustentabilidade se divulgou e vulgarizou até formar parte do discurso oficial e do sentido comum (Gomes, 2005). Esse discurso, gerado pelo uso retórico do conceito, escondeu o sentido epistemológico da sustentabilidade (Leff, 2000).

Com o passar do tempo, diferentes abordagens foram sendo incorporadas ao discurso sobre a sustentabilidade. Por exemplo, Caporal e Costabeber (2002) propõem uma análise multidimensional para a sustentabilidade a partir dos princípios da Agroecologia. Para esses autores, a sustentabilidade é composta por várias dimensões:

- a) ecológica, que implica a “manutenção e recuperação da base de recursos naturais – sobre a qual se sustentam e estruturam a vida e a reprodução das comunidades humanas e demais seres vivos”;

- b) social, “que representa um dos pilares básicos da sustentabilidade – uma vez que a preservação ambiental e a conservação dos recursos naturais somente adquirem significado e relevância quando o produto gerado nos agroecossistemas, em bases renováveis, também possa ser equitativamente apropriado e usufruído pelos diversos segmentos da sociedade”;
- c) econômica, já que “os resultados econômicos obtidos pelos agricultores são elementos-chave para fortalecer estratégias de Desenvolvimento Rural Sustentável – mas não se trata somente de buscar aumentos de produção e produtividade agropecuária a qualquer custo, pois eles podem ocasionar reduções de renda e dependências crescentes em relação a fatores externos, além de danos ambientais que podem resultar em perdas econômicas no curto ou médio prazos”, haja vista que “a insustentabilidade de agroecossistemas pode se expressar pela obtenção de resultados econômicos favoráveis às custas da depredação da base de recursos naturais que são fundamentais para as gerações futuras;
- d) cultural, já que nos “processos de manejo de agroecossistemas – dentro da perspectiva da Agroecologia – deve-se considerar a necessidade de que as intervenções sejam respeitadas para com a cultura local”. Os saberes, os conhecimentos e os valores locais das populações rurais precisam ser analisados, compreendidos e utilizados como ponto de partida nos processos de desenvolvimento rural que, por sua vez, devem espelhar a “identidade cultural” das pessoas que vivem e trabalham em um dado agroecossistema;
- e) política, que “tem a ver com os processos participativos e democráticos que se desenvolvem no contexto da produção agrícola e do desenvolvimento rural, assim como com as redes de organização social e de representações dos diversos segmentos da população rural. Nesse contexto, o desenvolvimento rural sustentável deve ser concebido a partir das concepções culturais e políticas próprias dos grupos sociais, considerando-se suas relações de diálogo e de integração com a sociedade maior”;
- f) ética, que “se relaciona diretamente com a solidariedade intra e entre as gerações e com novas responsabilidades dos indivíduos com respeito à preservação do meio ambiente. Todavia, como sabemos, a crise em que estamos imersos é uma crise socioambiental, até porque a história da natureza não é apenas ecológica, mas também social”.

Heinberg (2007) apresenta aquilo que chama de os cinco axiomas da sustentabilidade: 1) qualquer sociedade, que use continuamente recursos críticos de modo insustentável, entrará em colapso; 2) o crescimento populacional e/ou o crescimento das taxas de consumo dos recursos não é sustentável; 3) para ser sustentável, o uso dos recursos renováveis deve seguir uma taxa que deverá ser inferior ou igual à taxa de reposição; 4) para ser sustentável, o uso de recursos não renováveis tem que evoluir a uma taxa em declínio, e a taxa de declínio deve ser maior ou igual à taxa de esgotamento; 5) a sustentabilidade requer que as substâncias introduzidas no ambiente pela atividade humana sejam minimizadas e tornadas inofensivas para as funções da biosfera.

Não há um caminho único para promover o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade. Na busca por novos modelos de desenvolvimento, diferentes paradigmas podem ser identificados: o paradigma da bioeconomia e o paradigma da ecoeconomia, por exemplo, cada qual sustentando modelos alternativos para o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável. Ambos os paradigmas têm seus próprios argumentos para a sustentabilidade, e podem ser analisados no contexto abrangente da teoria do desenvolvimento chamada modernização ecológica (Horlings; Marsden, 2011). Para esses autores o desenvolvimento local é um processo intencional promovido pelas pessoas que vivem em um determinado território, que, a partir de seus ativos, de suas potencialidades e vocações, constroem um processo no qual vêm de dentro para fora, de baixo para cima, em busca de equidade e sustentabilidade.

A elaboração de programas e projetos com foco no desenvolvimento sustentável e na sustentabilidade, que englobe as questões social, ambiental e econômica, deve ter consequências práticas objetivas, como estar orientado a deter e reverter os processos causadores da degradação socioambiental e permitir reorientar o sistema produtivo, definido não só pela produtividade e conservação do ambiente, mas como condição

necessária para que os benefícios gerados permitam elevar o nível de vida das populações envolvidas nos processos produtivos locais (García, 1994; Gomes; Guasp, 2002).

Considerando-se as dimensões social, econômica e ambiental, o alcance da sustentabilidade necessita o mantimento da integridade dos sistemas biofísicos, a vitalidade social, por meio de satisfações sociais fundamentais e a autossuficiência econômica. A sustentabilidade significa o desenvolvimento equilibrado do ser humano com a natureza, a satisfação das necessidades básicas com qualidade de vida, igualmente a disponibilidade e utilização do meio ambiente com a preservação e/ou proteção dos recursos naturais (Carvalho; Aquino, 2017).

Segundo Altieri (1999), desde o ponto de vista do manejo de um agroecossistema, a sustentabilidade tem que considerar alguns fatores: manutenção da cobertura vegetal como medida de conservação de água e solo, pelo uso de sistemas de produção de cultivo mínimo ou culturas de cobertura; incorporação de matéria orgânica para aumentar a atividade biótica no solo; fortalecimento de mecanismos de reciclagem de nutrientes, seja por rotação de cultivos, uso de leguminosas, culturas intercaladas etc.; fortalecimento da biodiversidade e uso de inimigos naturais para o controle de pragas e doenças; aumento do controle biológico; aumento da capacidade de uso múltiplo da paisagem; e produção baseada no uso de insumos que não causem degradação ambiental. Além disso, deve incentivar cultivos adaptados ao meio local e produzir excedente líquido. Assim, “um sistema agrícola será potencialmente resiliente”.

Outro autor de referência sobre o tema indica que a produção agrícola para ser sustentável deve ser capaz de colher biomassa de forma permanente em um sistema sem comprometer sua capacidade de renovação (Gliessman, 2005), sendo que somente no futuro poderá haver comprovação da sustentabilidade (Costa, 2010).

Ainda segundo Gliessman (2005), para ser sustentável, a agricultura deve: a) ter efeitos negativos mínimos no ambiente e não liberar substâncias tóxicas ou nocivas na atmosfera, água superficial ou subterrânea; b) preservar e recompor a fertilidade, prevenindo a erosão e mantendo a saúde ecológica do solo; c) usar água de maneira que permita a recarga dos depósitos aquíferos e satisfaça as necessidades hídricas do ambiente e das pessoas; d) depender, principalmente, de recursos de dentro do agroecossistema, incluindo comunidades próximas, ao substituir insumos externos por ciclagem de nutrientes, melhor conservação e uma base ampliada de conhecimento ecológico; e) trabalhar para valorizar e conservar a diversidade biológica, tanto em paisagens silvestres quanto em paisagens domesticadas, garantindo igualdade de acesso a práticas, conhecimentos e tecnologias agrícolas adequadas. Isso também significa a possibilidade de controle local dos recursos naturais sem comprometer o capital social de uma comunidade em seu território (Gomes et al., 2017).

Ao serem definidas as características de um agroecossistema sustentável, uma nova problemática surge: como avaliar essa sustentabilidade, considerando-se os aspectos envolvidos (ambiental, social, econômico, cultural, etc.)? É, no entanto, clara a ideia de que a sustentabilidade só pode ser avaliada de forma retrospectiva, ou por meio de um processo de monitoramento e avaliação constantes ao longo do tempo (Rigby; Cáceres, 2001).

Para Maser e López-Ridaura (2000), os enfoques até então dados aos métodos de avaliação da sustentabilidade não permitem a integração dos resultados, restringindo-se à proposição e elaboração de indicadores, índices e metodologias de intervenção e coleta dos dados. Para Gliessman (2005), indicadores servem para medir condições específicas e pontuais do agroecossistema, estabelecendo uma fotografia desse. O grande desafio está na seleção de indicadores que forneçam, mediante seu monitoramento no tempo, informações sobre a evolução da sustentabilidade do agroecossistema, a partir das intervenções propostas nesse ambiente, além dos aspectos que precisam ser melhorados ou modificados (Deponti et al., 2002).

Vários autores partilham a ideia de que não há um conjunto de indicadores universais, adaptados a toda e qualquer realidade (Deponti et al., 2002; Marques et al., 2003). Assim, cada processo específico deve ter seu conjunto de indicadores, selecionados ao fim a que se destina o estudo ou monitoramento e adequados aos usuários da informação (Marzall; Almeida, 2000). Porém, algumas características básicas devem ser aten-

didadas pelos indicadores: a) facilidade na mensuração e monitoramento; b) baixo custo; c) ser de fácil compreensão; d) permitir a integração entre os atributos do sistema; e) ser sensível às mudanças e tendências; f) confiabilidade; g) permitir a participação dos envolvidos (Mäser et al., 1999; Deponti et al., 2002; Marques et al., 2003).

Nesse contexto, surgiram ferramentas que propõem a integração de informações sobre sustentabilidade, como a *Framework for Evaluation of Sustainable Land Management* (FESLM) (Smyth et al., 1993), a *Pressure-State-Response* (PSR) (OECD, 1993); o método *Reflective and Participative Mapping of Sustainability* (IUCN–IDRC, 1995) e o *Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad* (Mesmis) (Mäser et al., 1999).

A metodologia Mesmis, intitulada em português “Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade”, por estar inserida no contexto de agricultura sustentável e por permitir a avaliação da sustentabilidade no tempo (avaliação longitudinal) e de forma comparativa entre sistemas de manejo (avaliação transversal), tem sido amplamente utilizada.

Além disso, para Matos Filho (2004) o método Mesmis se baseia nas seguintes premissas básicas para a sustentabilidade: 1) a sustentabilidade para agroecossistemas considera os atributos de: (a) produtividade; (b) resiliência, confiabilidade e estabilidade; (c) adaptabilidade; (d) equidade; (e) autogestão; 2) a avaliação de sustentabilidade é válida, apenas, para situações definidas em um determinado espaço geográfico, sistema de manejo, contexto social e político, escala espacial (parcela, unidade de produção, comunidade, bacia hidrográfica), e em uma escala temporal; 3) a avaliação é uma atividade participativa, com perspectiva e trabalho multidisciplinar.

Essas características do método Mesmis o tornam um grande aliado nos estudos sobre os processos de avaliação da sustentabilidade, despontando como uma ferramenta para a reflexão crítica quanto aos processos de intervenção nos agroecossistemas.

Manejo conservacionista e qualidade do solo

Clenio Nailto Pillon; Mariana Rockenbach de Ávila

O manejo do solo representa a combinação de todas as operações de preparo do solo, práticas culturais, calagem, adubação e outros tratamentos conduzidos ou aplicados ao solo, visando à produção das culturas (Souza et al., 2019).

O solo é um sistema vivo, complexo e, termodinamicamente aberto, com fluxos de energia e matéria entre os compartimentos solo e água, atmosfera, flora e fauna. A energia solar e, especialmente, o processo de fotossíntese, alimentam a maioria dos processos determinantes para a funcionalidade de um agroecossistema.

O solo é um recurso natural constituído de materiais minerais e orgânicos, resultantes da interação dos fatores de formação (clima, organismos vivos, material de origem e relevo) ao longo do tempo. Desempenha funções básicas, como: sustentar o crescimento das plantas e dos animais, armazenar e reter água, utilizar resíduos e suportar as obras da engenharia humana, em adição a outros serviços ecossistêmicos importantes. Porém, se manejado inadequadamente, contribuirá para a degradação do ecossistema (Streck et al., 2008; Meurer, 2010).

O sistema solo é constituído pela fase líquida, representada pela água armazenada num determinado momento; pela fase gasosa, da qual fazem parte oxigênio, gás carbônico, metano e outros; pela fase mineral, constituída por minerais e/ou rochas em diferentes estágios de alteração e com diferentes granulometrias (tamanhos de partícula); por uma fração orgânica, representada pela matéria orgânica (MO); pelos integrantes da fauna do solo, que são organismos vivos como ácaros, colêmbolos, térmitas, minhocas, etc. Nesse contexto, sistemas de complexas reações químicas, físicas e biológicas interagem entre si.

As práticas de manejo do solo afetam diretamente os processos biológicos e os fluxos entre os compartimentos. Dentre essas práticas, destacam-se: a) sistema de preparo do solo (preparo convencional, preparo reduzido ou cultivo mínimo e sistema plantio direto); b) sistema de culturas (pousio, queima de fitomassa, monocultivo de espécies de baixo aporte de fitomassa residual, rotação de culturas com diferentes níveis de aporte de fitomassa e até sistemas integrados de produção, como sistemas agroflorestais (SAFs) e sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

A associação de sistemas de preparo intensivo do solo com sistemas de cultura baseados em monocultura, queima ou baixo aporte de fitomassa residual geralmente caminham em direção à rápida degradação, enquanto que sistemas com baixo revolvimento do solo e elevado aporte de fitomassa anual tendem à sustentabilidade (Mielniczuk, 1999). Assim, sistemas conservacionistas de manejo do solo e da água determinam a melhoria de indicadores químicos, físicos e biológicos, com reflexos positivos sobre a qualidade do solo. Segundo Vezzani (2001), os indicadores da qualidade do solo tratam de propriedades emergentes que o solo somente passa a apresentar quando submetido a sistemas conservacionistas de manejo.

Além do mínimo revolvimento do solo, da constante adição de fitomassa ao solo, seja em superfície ou em profundidade via sistema radicular, a manutenção da fitomassa em superfície, a rotação de culturas e de “raízes”, o cultivo em nível e as práticas de contenção da enxurrada se constituem pilares importantes para os sistemas conservacionistas de manejo do solo e da água. A associação desse conjunto de boas práticas agropecuárias (BPAs) relacionadas ao manejo do solo contribui para o aumento da eficiência produtiva, bem como redução de custos, balanços ambientais favoráveis e sustentabilidade do agroecossistema.

A matéria orgânica (MO) do solo constitui-se em um dos principais indicadores da qualidade do solo e, por consequência, da qualidade dos sistemas de manejo, pois reflete diretamente os efeitos da ação antrópica sobre os agroecossistemas. A MO do solo refere-se ao material orgânico total, incluindo os resíduos identificáveis de plantas (recursos primários), os resíduos de animais e microrganismos (recursos secundários), a MO dissolvida, substâncias liberadas por raízes de plantas, como gomas e mucilagens, e substâncias húmicas (SHs) de estrutura mais complexa, como os ácidos húmicos e a humina.

A MO do solo apresenta um papel importante no ciclo do carbono do planeta e é o segundo maior reservatório de carbono (C) do mundo, desconsiderando-se as reservas de combustíveis fósseis. Enquanto os estoques de C na atmosfera atingem 750 Pg (1 Pg=1015 g) e o C armazenado na vegetação está ao redor de 550 Pg, a MO do solo armazena 1.500 Pg de C. A variação no estoque de C no solo (dC/dt) depende da adição (K_1A) e da perda (K_2C) anual de carbono orgânico do solo, onde K_1 é o coeficiente iso-húmico e representa a proporção do carbono adicionado ao solo pelas plantas que é incorporado na MO do solo no prazo de um ano; e K_2 a taxa anual de decomposição da MO do solo (BAYER et al., 2019). Matematicamente e de forma simplificada, essa dinâmica pode ser expressa pela seguinte equação:

$$dC/dt = K_1A - K_2C$$

Sistemas de manejo com elevados aportes de fitomassa residual (A), associados a uma baixa taxa de decomposição (K_2), permitem uma condição de estabilidade no conteúdo de carbono orgânico ao longo do tempo ($K_1A = K_2C$) ou um balanço positivo de entradas em relação às perdas ($K_1A > K_2C$). Assim, a adoção de sistemas intensivos em culturas com elevado aporte de fitomassa e de nitrogênio e de baixo revolvimento do solo (sistema plantio direto) favorecem o acúmulo de MO no solo ao longo do tempo, com benefícios ambientais importantes.

A dinâmica da MO do solo abrange fluxos de matéria e energia entre compartimentos da terra (atmosfera, vegetação, solo, água e organismos) e processos físico-químicos e biológicos, os quais reduzem e oxidam compostos orgânicos à medida que as reações se processam. Na atmosfera, o CO_2 encontra-se na forma mais oxidada. Por meio do processo de fotossíntese, as plantas absorvem o CO_2 da atmosfera e incorporam o

C em seus tecidos vegetais, os quais contêm, em média, 40% desse elemento na matéria seca. Parte desse C é incorporado ao solo durante o período de crescimento dos vegetais através da liberação de exsudatos radiculares. O C presente na fitomassa residual é depositado sobre o solo (parte aérea) ou no seu interior pelas raízes das plantas, quando da sua senescência ou morte (Pillon et al., 2004).

Quando a fitomassa residual é depositada no solo, esse sofre inicialmente a ação da fauna e, posteriormente, dos microrganismos decompositores que utilizam os compostos orgânicos presentes nos resíduos como fonte de C e energia para seu metabolismo. A oxidação desses substratos na cadeia respiratória dos microrganismos resulta em perda de grande parte do C na forma de CO_2 , que dessa forma retorna à atmosfera, sendo que, em média apenas cerca de 20% permanece na MO do solo (Pillon, 2006).

Ao mesmo tempo, especialmente quando a adição de fitomassa residual ao solo é pequena, como nos sistemas que apresentam pousio de inverno e/ou de verão, os microrganismos do solo, para sua sobrevivência, utilizam parte do C armazenado na MO como fonte de C e de energia. Nesse processo, uma porcentagem do C é oxidada, liberando CO_2 e água, constituindo a taxa básica de mineralização anual da MO do solo. Essa taxa é maior em solos arenosos (média de 5% ao ano) do que em argilosos (média de 2% a 3% ao ano) (dados de regiões subtropicais), e maior em regiões de clima quente e úmido do que em regiões de clima frio e/ou seco.

Como resultado da ação microbiana sobre o C adicionado ou já existente no solo, ocorrem fluxos de C dos compartimentos mais lábeis (resíduos culturais em decomposição) para os compartimentos mais estáveis da MO do solo (MO associada à fração mineral ou frações de maior grau de humificação) (Pillon et al., 2004; Mielniczuk, 2008).

A quantidade de C adicionada ao solo em um agroecossistema depende das condições climáticas e da produtividade biológica das plantas utilizadas em cada sistema de cultura. A fertilidade do solo e, especialmente, a disponibilidade de nitrogênio (N) afetam diretamente a taxa de adição de fitomassa e, conseqüentemente, a magnitude do balanço entre entradas e perdas de C e N no sistema. Enquanto as adições de C são diretamente dependentes da taxa de adição de fitomassa residual ao solo, as perdas ocorrem principalmente pela oxidação microbiana dessa fitomassa e da MO do solo, pela lixiviação de compostos orgânicos solúveis, quando esses são transportados pela água da chuva para camadas mais profundas do solo e pela erosão.

A quantidade e a qualidade de adições e perdas de C no solo determinam a direção rumo à sua sustentabilidade ou à sua degradação. Ambas adição e perda de C do solo dependem direta ou indiretamente do seu manejo. Quando as taxas de adição e perda se equivalem, o sistema atinge um estado estável. Geralmente, o revolvimento do solo potencializa as perdas por erosão e oxidação biológica da sua MO, especialmente em ambiente tropical e subtropical. Sob altas temperaturas e umidade, o mínimo revolvimento do solo é determinante para o acúmulo de C e N.

Dependendo do manejo adotado, o solo pode funcionar como um reservatório de C (nesse caso, ocorre aumento da MO e da sua qualidade) ou como fonte de CO_2 para a atmosfera. Nas últimas décadas, a concentração de C atmosférico tem aumentado, principalmente pela queima de combustíveis fósseis e pela oxidação da MO. A atividade agrícola tem contribuído com 1/3 da liberação total de CO_2 , o qual representa aproximadamente 50% dos gases que compõem o efeito estufa.

A capacidade de armazenamento de C pelo solo depende do clima, do tipo de solo (mineralogia, textura), do tipo de vegetação e do manejo do solo. O balanço entre as adições e a taxa de perda de C do sistema (Figura 1) determina se o solo tenderá para o aumento, para a manutenção ou para o declínio do conteúdo de MO.

A avaliação ou o monitoramento da MO do solo no tempo ou a comparação do conteúdo de MO de um sistema a uma determinada condição de referência (por exemplo, uma área de mata nativa ou de campo nativo) é um indicador da qualidade do solo, já que a MO é extremamente sensível ao seu manejo e às ações antrópicas.

Especialmente em áreas degradadas e quando o sistema de culturas não inclui a utilização de plantas leguminosas, a disponibilidade de N é determinante para potencializar a produção de biomassa vegetal e, conse-

quentemente, para definir se determinado manejo do solo poderá conduzir o sistema à sustentabilidade ou à degradação. Lovato et al. (2000) avaliaram o efeito de sistemas de cultura, métodos de preparo do solo e adição de N mineral ao milho sobre o conteúdo de carbono orgânico total (COT) de um Argissolo Vermelho após 13 anos de cultivo. Comparado ao conteúdo de COT original do solo da área experimental ($32,55 \text{ Mg ha}^{-1}$ na camada 0-17,5 cm), o sistema aveia/milho sob plantio direto e sem adição de N mineral manteve o COT em estado estável ($32,60 \text{ Mg ha}^{-1}$), após 13 anos. No entanto, a adição anual de 180 kg ha^{-1} de N ao milho propiciou acúmulo adicional de $2,25 \text{ Mg ha}^{-1}$ de COT no mesmo período, o que determinou um sequestro adicional de $8,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ de CO_2 atmosférico.

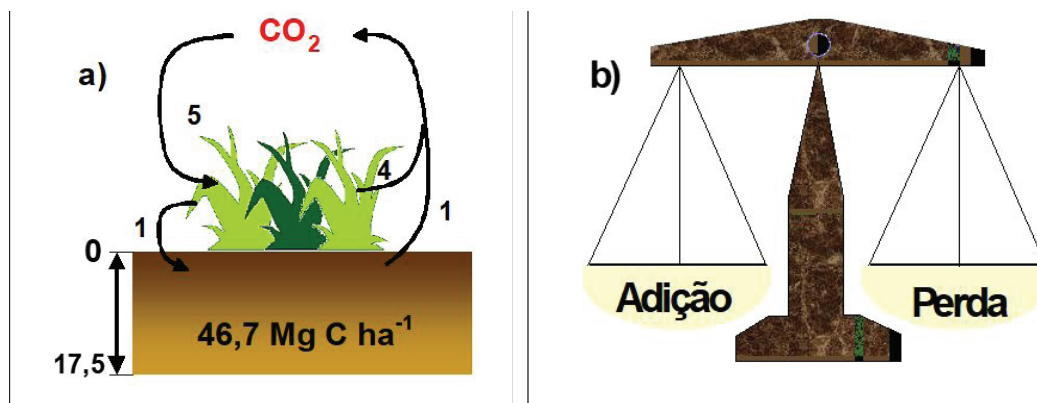


Figura 1. (a) Fluxos de C ($\text{Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e conteúdo de carbono orgânico total para a camada de 0,0-17,5 cm de um Argissolo Vermelho sob campo nativo com 220 g kg^{-1} de argila (sistema natural), e (b) representação esquemática do “estado estável” do conteúdo de carbono orgânico total do solo no sistema natural ao longo do tempo. Adaptado de Pillon (2006).

A sustentabilidade de um determinado agroecossistema depende da ação de fatores externos, como a ocorrência de fenômenos naturais, relacionados principalmente ao clima, e do manejo de fatores inerentes ao sistema, os quais podem sofrer alterações por conta da modificação no manejo do solo, da água, da vegetação e da biodiversidade. Dentre as práticas de manejo do solo, o grau de revolvimento, o manejo da vegetação e da fertilidade são os fatores mais determinantes da sua qualidade, sendo condição indispensável para a busca da sustentabilidade.

O conceito de qualidade do solo é centrado na sua capacidade de atender a funções específicas. Para Doran e Parkin (1994), a qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, sustentando a produtividade de plantas e de animais, mantendo ou aumentando a qualidade do ar e da água, promovendo a saúde das plantas, dos animais e dos homens. Adicionalmente, segundo Carter (2002), a qualidade do solo tem duas partes: uma intrínseca, a qual se refere à capacidade inerente do solo para sustentar o crescimento das culturas, e outra dinâmica, que pode ser influenciada pela ação do homem.

Atributos inerentes à qualidade do solo, como mineralogia e distribuição do tamanho de partículas, são vistos como praticamente estáticos e mostram poucas mudanças no tempo. Entretanto, atributos dinâmicos da qualidade do solo englobam aquelas propriedades que podem sofrer alterações em períodos de tempo relativamente curtos, como o conteúdo de MO, frações lábeis da MO, agregação e macroporosidade, em resposta ao manejo e uso antrópico, e fortemente influenciadas por práticas agronômicas (Carter, 2002).

Estudos realizados em solos sob condição de sequeiro têm considerado a MO como um atributo chave de suas qualidades (Doran; Parkin, 1994; Mielniczuk, 2008). A estreita relação entre as alterações no conteúdo de MO do solo de regiões tropicais e subtropicais com outros atributos, também indicadores de melhoria de qualidade, confirma que a dinâmica da MO no ambiente é relacionada com diversas propriedades químicas, físicas e biológicas, fundamentais para que um solo de qualidade exerça suas funções básicas.

Vários estudos têm tentado identificar o conjunto de atributos ou propriedades do solo que possam servir como indicadores de sua qualidade. Dentre os indicadores químicos, a alteração no conteúdo da MO, promo-

vida por sistemas de manejo, tem sido frequentemente citada como um indicador de qualidade do solo e dos sistemas de manejo utilizados. Alterações no conteúdo de MO se processam em médio e longo prazos, fato que requer monitoramento dos parâmetros indicadores ao longo do tempo.

Sistemas conservacionistas de manejo do solo e da água são baseados em um conjunto de boas práticas agrícolas, mas fundamentalmente em dois princípios básicos: o mínimo revolvimento do solo e alto aporte de fitomassa residual ao solo. Com base nesses princípios, há melhoria em diversos indicadores químicos, físicos e biológicos do solo e intensificação de processos biológicos, cujos reflexos se manifestam no aumento da eficiência produtiva do agroecossistema.

A utilização de sistemas de manejo que contemplem sistemas de culturas com alta adição de fitomassa residual ao solo (uso de plantas de cobertura de inverno e de verão, incluindo plantas leguminosas ou uso de dejetos animais) e o revolvimento mínimo do solo (uso do sistema plantio direto ou cultivo mínimo) propiciam a manutenção ou incremento do seu conteúdo de MO do solo ao longo do tempo, o aumento da estabilidade e percentual de agregados de maior tamanho, aumento da aeração e porosidade do solo, taxa de infiltração de água, capacidade de troca de cátions, dentre outros.

Para manter ou até mesmo aumentar a MO do solo, é fundamental adotar as seguintes recomendações:

- 1) jamais queimar a fitomassa residual mantida na superfície do solo;
- 2) realizar periodicamente a análise da fertilidade do solo e planejar o manejo da propriedade com o auxílio de um técnico, adotando programas de adubação compatíveis com os princípios da manutenção e da melhoria gradativa de sua fertilidade;
- 3) reduzir, ao máximo, a ocorrência de erosão hídrica/eólica do solo, executando, entre outros procedimentos, programas de terraceamento e de manejo de entreterraços com culturas de cobertura e realizando descompactação mecânica e/ou biológica do solo.

Práticas como a ensilagem total determinam a retirada de toda fitomassa da parte aérea, reduzindo drasticamente a quantidade de C aportada ao solo. Nesse caso, é importante que, entre outras práticas, sejam adotadas as seguintes estratégias: a) somente efetuar a ensilagem numa mesma área, uma única vez ao ano; b) caso ensilar uma cultura de verão, incluir uma cultura para produção de fitomassa como cobertura do solo no período invernal, que contenha, de preferência, plantas leguminosas; c) em caso de confinamento, que os dejetos animais, devidamente estabilizados, retornem à área ensilada, visando a reciclagem de nutrientes.

Água para a vida de qualidade

Lilian Winckler

A água sempre foi sinônimo de vida e prosperidade. Todas as grandes civilizações surgiram ao longo de rios, onde podiam desenvolver sua agricultura além de utilizá-los como meio de transporte. A qualidade de água disponível está tão ligada ao desenvolvimento de uma região ou país que a ONU declarou a década de 2018 a 2028 como a “Década Internacional para Ação: Água para o Desenvolvimento Sustentável”, que começou no Dia Mundial da Água, em 22 de março de 2018, e finaliza no Dia Mundial da Água em 22 de março de 2028.

Os seres vivos têm na água um dos componentes indispensáveis. Para um humano recém-nascido, a composição corporal tem cerca de 80% de água, enquanto em um adulto essa composição é menor, mas ainda se mantém em cerca de 60%. Ela está presente nas células, faz parte do sangue e é fundamental para o transporte de nutrientes. Isso faz com que a água seja fundamental para a manutenção da vida bem como das funções fisiológicas. Todos os organismos vivos necessitam de água para manter as suas funções vitais.

A disponibilidade de água na terra é de 1.386 milhões de km³, sendo apenas 2,5% de água doce. Dessa, grande parte (1,8%) está retida nas geleiras, não estando disponível para uso humano. Sendo assim, 0,7% dessa água doce estaria disponível, mas ainda assim, dispersa em diversos compartimentos. Do total de água doce teoricamente disponível, resulta que:

- 97,6% está armazenada nos aquíferos subterrâneos
- 1,2% está armazenada nos lagos naturais
- 0,27% está nos pântanos, solos e seres vivos
- 0,02% escoam nos rios

A quantidade prontamente disponível, como é possível perceber, é bastante limitada. Como essa quantidade é constante, considera-se a água um recurso renovável. Isso significa que a água que usamos hoje é a mesma de milhões de anos. Entretanto, a renovabilidade desse recurso está ligada ao uso dado e possíveis contaminações, sendo também um recurso finito.

Por sua prioridade para manutenção da vida e por ser um recurso limitado, com valor econômico, é considerado um bem público, o qual é assegurado às atuais e futuras gerações por lei (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997).

Para garantir o recurso água com disponibilidade e em qualidade adequada, no Brasil a sua gestão está assegurada por meio dos planos de recursos hídricos, que utilizam as bacias hidrográficas como unidade de planejamento.

Os planos de bacia contêm informações sobre a água que temos e também a água que queremos. Faz-se necessário o estabelecimento de metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis, de medidas necessárias a serem tomadas para isso, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas, além de áreas de restrição de usos, visando a proteção dos recursos hídricos.

Esses planos são elaborados com a participação da sociedade e dos diferentes usuários, através dos comitês de bacias. Esses comitês são fóruns nos quais um grupo de pessoas se reúne para discutir um assunto de interesse comum: o uso da água em uma determinada bacia hidrográfica.

O enquadramento das águas de cada bacia é estabelecido nos planos pelo comitê. O Rio Grande do Sul é dividido em 25 bacias hidrográficas, sendo que apenas 16 já têm planos de bacia estabelecidos. A distribuição desuniforme de água faz com que, eventualmente, locais em que se tem maior disponibilidade de água tenham menores demandas, ou vice-versa, além dos distintos usos requeridos que por vezes resultam em conflitos. Esses conflitos devem ser resolvidos dentro do comitê de bacias, buscando que o uso seja garantido para todos. Em caso de escassez, a dessedentação humana é prioritária sobre outros usos e, após essa, a animal.

Entretanto, nem toda a água pode ser usada para todos os fins. Para isso, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) possui uma regulamentação (Conama 357, de 2005) em que constam todas as classes de água e os usos possíveis para cada classe. Para a água doce existem cinco classes, destinadas:

Classe especial: ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Classe 1: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme parâmetros estabelecidos em resolução própria; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

Classe 2: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme resolução própria; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura e à atividade de pesca.

Classe 3: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; à des-sedentação de animais.

Classe 4: à navegação; à harmonia paisagística.

As classes são estabelecidas por limites de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Os cuidados para o atendimento e lançamento de efluentes apenas em padrões adequados em cada corpo d'água garantirá a manutenção da qualidade dos cursos d'água.

O uso de água de classes adequadas garante a saúde dos ecossistemas aquáticos, dos solos, dos animais e a qualidade dos produtos oriundos daquele ambiente. Isso se reflete na saúde da comunidade do entorno e dos consumidores dos produtos ali produzidos. Por esse motivo, conhecer o enquadramento do trecho de cada rio é importante e deve ser respeitado. Nos locais que ainda não têm enquadramento, a resolução coloca os padrões da Classe 2 como mínimos a serem observados.

O monitoramento da qualidade da água e também da sua disponibilidade devem ser realizados com frequência, garantindo a segurança nos usos da água. Os indicadores são dados que permitem a obtenção de informação da realidade. Os parâmetros propostos pela resolução Conama são indicadores da qualidade da água. Devido a seu grande número e dificuldade de realização de análises completas, muitas vezes são usados índices. Os índices são valores agregados de indicadores que nos permitem inferir sobre a realidade daquela água.

Alguns índices muito utilizados para avaliação da qualidade da água, entre os vários existentes, são:

Índice de qualidade de água (IQA): o IQA mais usual é o da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), que utiliza seis parâmetros físico-químicos e um microbiológico com pesos diferenciados para estabelecimento de índice com qualificação da água em ótima, boa, aceitável, ruim e péssima.

Índice de estado trófico (IET): índice que está relacionado ao aumento da produção primária e eutrofização dos corpos d'água, promovido principalmente pela disponibilidade de fósforo. Qualifica a água em oligotrófica, mesotrófica, eutrófica e hipereutrófica.

Os indicadores biológicos são citados na resolução Conama como forma de se avaliar a qualidade da água. Esses organismos, por utilizarem o ambiente aquático no seu ciclo de vida, podem trazer informações agregadas acerca do ambiente em questão. A sua presença, diversidade e riqueza já trazem informações importantes.

Além disso, índices foram propostos para auxiliar na avaliação da qualidade dos ambientes aquáticos. Dentre os vários usados, alguns são:

Índice de integridade biótica: conforme a composição das comunidades de peixes ou de macroinvertebrados bentônicos, é verificada a saúde do recurso hídrico.

Índice BMWP (*Biological Monitoring Working Party System*): índice baseado na distribuição de famílias sensíveis e resistentes de macroinvertebrados bentônicos; permite a definição de água como boa, aceitável, duvidosa, ruim, muito contaminada e fortemente contaminada.

A sustentabilidade de uma atividade está relacionada à capacidade de manter essa atividade de maneira satisfatória ao longo do tempo, tanto do ponto de vista econômico quanto social e ambiental. Uma vez que a água está ligada a vários aspectos da vida, a manutenção de qualquer atividade dependerá de água em quantidade suficiente e qualidade adequada.

A água disponível para diferentes usos, desde a água que tenha potabilidade, até água que possa ser utilizada para irrigação ou outro fim, é obtida mediante cuidados com o entorno de cursos d'água na bacia hidrográfica, da qual o corpo d'água faz parte.

Alguns cuidados que devem ser observados são a manutenção de nascentes com vegetação para proteção de contaminações, a proteção das áreas úmidas, que permitem a realização de diversas funções ecológicas,

entre elas diminuir picos de cheias, cuidados com áreas de preservação permanente, que visam proteger os cursos d'água de erosão, manutenção de cobertura dos solos para evitar perdas de solos e nutrientes. Além desses cuidados, os efluentes domésticos, de lavouras, criações ou industriais devem ser tratados de maneira a atingirem os cursos d'água somente com características aceitáveis, não devendo ser lançados diretamente nos solos para evitar contaminação, tanto dos solos quanto do lençol freático.

A manutenção das diferentes funções ecológicas permite que o ambiente forneça serviços ecossistêmicos, que se traduzem em benefícios ao homem. Esses serviços incluem a manutenção de ciclos como da água e de nutrientes, a garantia de habitat para manutenção de diferentes espécies, como polinizadores, decompositores e outros, a manutenção de serviços de provisão que garantem a produção de alimentos, fibras e energia, além de serviços culturais que incluem equilíbrio paisagístico e satisfação estética e espiritual.

A água é um elemento chave na manutenção de serviços ecossistêmicos, havendo vários programas de pagamento por serviços ambientais hídricos em andamento em vários países e também no Brasil. Esses programas consistem em estímulos para manutenção de ambientes favoráveis a “produção de água boa”. São normalmente destinados a produtores rurais que têm em suas propriedades nascentes, cursos d'água e olhos d'água. As práticas envolvidas na melhoria da produção desses serviços ambientais hídricos são várias, desde plantio com menor revolvimento de solo, manutenção e aumento de áreas de preservação permanente, construção de barraginhas, entre outras.

Alguns exemplos dessas ações podem ser conhecidos na Agência Nacional de Águas (ANA), em que o Programa Produtor de Água tem auxiliado na instalação de programas de pagamento por serviços ambientais hídricos. A qualidade da bacia hidrográfica se traduz pela água e seus usos. Água de boa qualidade e quantidade suficiente permite a manutenção da vida aquática e terrestre. Favorece atividades de lazer, pesca, turismo, permite a produção de alimentos e pode ser utilizada para consumo humano e animal.

A atuação da Embrapa nesse sentido tem sido tanto na transferência de tecnologia quanto na pesquisa. Em transferência de tecnologia voltada à melhoria da água disponível em locais sem disponibilidade de tratamento para potabilidade, iniciativas como o clorador e o tratamento de efluentes domésticos através das fossas sépticas biodigestoras (Embrapa Instrumentação 2015; Galindo et. al., 2010) têm permitido melhorias do ponto de vista do saneamento ambiental nas comunidades rurais, impactando positivamente a água da região e, assim, promovendo melhorias na qualidade de vida.

A atuação na pesquisa tem ocorrido por meio de monitoramento de qualidade de água de diferentes bacias, verificado índices e estabelecendo indicadores que permitam acompanhamento mais rápido e com custos menores para monitoramento de cursos d'água. Além disso, tem apoiado iniciativas de estabelecimento de programas de pagamento por serviços ambientais através da definição de áreas sensíveis e críticas, necessidades de intervenções e prospecção de mercado de pagamento por serviços ambientais hídricos.

Essas iniciativas buscam formas de produção mais sustentáveis, qualidade ambiental e com reflexo sobre a saúde humana.

Sistemas agroflorestais como estratégia para restauração de ecossistemas florestais

Ernestino de Souza Gomes Guarino; Ana Beatriz Devantier Henzel; Alberi Noronha; Meri Diana Strauss Foesch; Eric Weller; Gustavo Crizel Gomes; Letícia Penno de Sousa; Adalberto Koiti Miura

O déficit de vegetação nativa atual em Áreas de Proteção Permanente (APPs) e Reserva Legal (RL) no Brasil está em torno de 21 milhões de hectares. Com a aprovação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Novo Código Florestal), todo imóvel rural deve ser inscrito no Cadastro Ambiental Rural (CAR). O CAR é obrigatório para todos os produtores rurais, e requisito para aqueles que possuem propriedades com déficit de vegetação nativa (área de vegetação nativa alterada após 22 de julho de 2008) participar de Programas de Regularização Ambiental (PRA). A implementação do CAR e, posteriormente, a do PRA, bem como a ne-

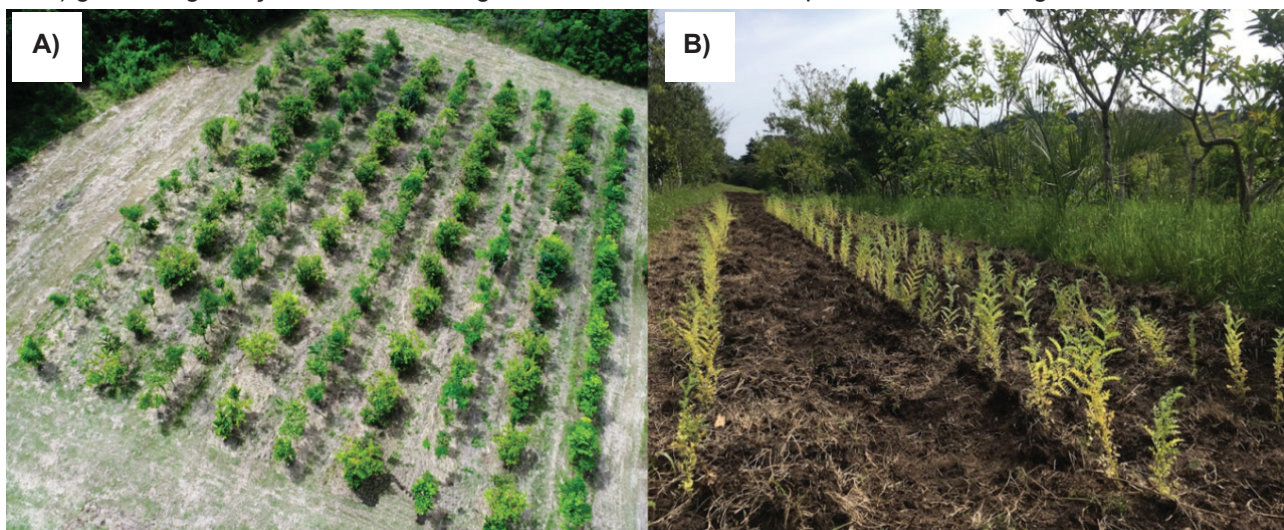
cessidade de alternativas de restauração mais simples, eficientes e/ou baratas, têm implicado no aumento da demanda por pesquisa e desenvolvimento voltados à superação desses desafios pelo meio rural.

A efetivação do CAR por um proprietário ou posseiro rural apresenta alguns benefícios: 1) regularização de APP e/ou RL suprimidas ou alteradas até 22/07/2008; 2) suspensão de sanções oriundas de infrações administrativas por supressão irregular de vegetação em APP e/ou RL; 3) contratação de seguro agrícola; 4) linhas de financiamento para atividades de proteção de espécies da flora nativa ameaçada, manejo florestal e agroflorestal sustentável ou para recuperação de áreas degradadas; 5) isenção de impostos para insumos e equipamentos utilizados em processos de recuperação de áreas degradadas; e 6) obtenção de crédito com menores taxas de juros (CAR, 2019; www.car.gov.br).

O PRA abrange um conjunto de ações ou iniciativas que deverão ser implementadas pelos proprietários e posseiros rurais, tendo como pré-requisito a existência de passivos ambientais descritos no CAR. É estabelecido por meio de um termo de compromisso, o qual deve compor o “Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas” (Prada).

Conciliar a produção agrícola e a conservação de recursos naturais é um desafio cuja solução é fundamental para viabilizar a adoção da legislação ambiental vigente. Nos sistemas agroflorestais, (SAF) arbustos e árvores, nativas ou exóticas, são cultivados ao mesmo tempo em que culturas agrícolas anuais (milho, feijão, abóbora, etc.) ou perenes (café, cacau, citros, etc.) (Figura 1). Tal combinação de espécies é uma prática agrícola ancestral em diversas partes do mundo (Nair, 1993) e vem sendo cada vez mais considerada como estratégia de manejo da paisagem que consegue conciliar segurança alimentar com a conservação do solo, da água, da biodiversidade e, mais recentemente, do clima (Garrity et al., 2010; Luedeling et al., 2013).

Vários dos dispositivos legais da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) citam a possibilidade do uso de agroflorestas, porém a falta de regulamentação clara e objetiva sobre o seu uso para a restauração de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reserva Legal (RL) (independentemente do tamanho da propriedade rural) gera insegurança em técnicos e agricultores sobre como interpretar as normas vigentes.



Fotos: a) Henrique Noguez Cunha; b) Ernesto Guarino.

Figura 1. A) Vista aérea de um sistema agroflorestal com sete anos de idade na Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. São cultivadas espécies arbóreas nativas (por exemplo: açoita-cavalo, butiá, orelha-de-macaco, grandiúva, tarumã de espinho) e espécies frutíferas (goiaba, citros, caqui). B) Cultivo de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) entre as linhas de espécies arbóreas e frutíferas.

De forma ampla, imóveis rurais de até quatro módulos fiscais, terras indígenas demarcadas e áreas tituladas de povos e comunidades tradicionais que fazem uso coletivo do seu território podem intercalar o plantio de espécies lenhosas perenes, exóticas com nativas de ocorrência regional, em até 50% da área a ser recomposta, sendo o agricultor obrigado a adotar boas práticas agrícolas visando a conservação da água e do solo.

Devido à grande heterogeneidade presente no conceito de sistemas agroflorestais, haja vista que, conceitualmente, qualquer consórcio simples de espécies perenes com espécies anuais é considerado um sistema agroflorestal, é importante buscar aumentar a biodiversidade e a complexidade estrutural e funcional nesse

tipo de sistema de produção (Martins; Ranieri, 2014), garantindo assim o cumprimento dos serviços ambientais propostos para as áreas de preservação permanente e reserva legal.

Diversas são as opções de espécies possíveis para uso em agroflorestas, porém sempre se busca utilizar espécies nativas com múltiplos propósitos (fixação biológica de nitrogênio, produção de frutas, lenha ou madeira, atração de fauna, etc.). Nesse sentido, a Tabela 1 apresenta uma lista sucinta de algumas espécies nativas e exóticas de arbustos e árvores indicadas para compor sistemas agroflorestais no Sul do Brasil. A Embrapa, em parceria com a Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável do Ministério do Meio Ambiente (MMA), desenvolveu a plataforma WebAmbiente, na qual disponibiliza um sistema de informação gratuito na internet com dados sobre ocorrência de diferentes espécies arbustivas e arbóreas indicadas para restauração ecológica dos diferentes biomas brasileiros (Webambiente, 2019; <https://www.webambiente.gov.br>).

A seleção das espécies deve levar em conta o objetivo e as condições climáticas e de solos locais. Assim, após a definição do objetivo da agroflorestra e a seleção das espécies a serem plantadas, é importante planejar adequadamente a distribuição horizontal (espaçamento entre as plantas) e vertical (estratos ou andares onde cada planta crescerá), levando sempre em consideração as demandas de luz, e o porte da copa e do sistema radicular de cada espécie (Armando et al., 2002).

Por exemplo, se pensarmos em um sistema em que um dos objetivos é a produção de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), torna-se importante garantir a presença de uma “planta sombra” (distribuição vertical), o que pode ser feito por meio de cultivos anuais, como a mandioca (*Manihot sculenta*), ou por árvores de rápido crescimento, como por exemplo a bracatinga (*Mimosa scabrella*). Nesse caso, além de garantir maior sobrevivência às mudas, nos anos iniciais o controle da radiação solar e da temperatura máxima do ar garante à erva-mate produzida em sistema agroflorestal menor concentração de fenóis e, por consequência, sabor menos adstringente. Porém, quando cresce em ambiente sombreado, a erva-mate tende a produzir menos ramos laterais, investindo mais no crescimento em altura (Penteado Júnior; Goulart, 2018) reduzindo a produtividade. Nesse caso, é importante controlar adequadamente a entrada de luz por meio de podas, o que pode garantir um valor agregado à folha de até 30%, quando comparada a folhas de árvores a pleno sol (Penteado Júnior; Goulart, 2018).

Tabela 1. Algumas espécies usadas em sistemas agroflorestais no Sul do Brasil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Espécie	Nome comum	Usos	Grupos funcionais
<i>Acacia mearnsi</i>	Acácia-negra	FBN; L; B	REC*
<i>Acca sellowiana</i>	Goiaba serrana	AF; M; F	DIV
<i>Allophylus edulis</i>	Chal-chal	AF; M; F	DIV
<i>Annona sylvatica</i>	Araticum	AF; F	DIV
<i>Araucaria angustifolia</i>	Pinheiro-brasileiro	Mad; PNM	REC
<i>Bauhinia forficata</i>	Pata-de-vaca	Mad	REC
<i>Butia odorata</i>	Butiá	AF; M; F	DIV
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guabiroba	AF; M; F; Mad	DIV
<i>Carya illinoensis</i>	Nogueira-pecã	F	DIV*
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba	AF; M; PNM; RAD	REC
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro, Cedro-rosa	Mad	DIV
<i>Cordia trichotoma</i>	Louro-pardo	Mad	DIV
<i>Dodonaea viscosa</i>	Vassoura-vermelha	L	REC
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Orelha-de-macaco	B; Mad; RAD	REC
<i>Eucaliptus</i> sp.	Eucalipto	M; L; Mad; PNM; B	REC*
<i>Eugenia involucrata</i>	Cereja-do-rio-grande	AF; M; F; Mad	DIV
<i>Eugenia myrcianthes</i>	Pessegueiro do mato	AF; M; F; Mad	DIV
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	AF; M; F; Mad	DIV
<i>Euterpe edulis</i>	Palmito Jussara	PNM	DIV
<i>Hellietta apiculata</i>	Canela-de-veado	L; Mad	DIV
<i>Ilex paraguariensis</i>	Erva-mate	PNM	DIV
<i>Inga vera</i>	Ingá-banana	FNB; AF; RAD; B; M	REC
<i>Inga marginata</i>	Ingá-feijão	FBN; AF; M; F; B	REC
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-branca,	B; RAD	REC
<i>Luehea divaricata</i>	Açoita-cavalo	M; AF; L	REC
<i>Mangifera indica</i>	Manga	F; AF	DIV*
<i>Manihot succulenta</i>	Mandioca	Alimentar	REC
<i>Mimosa bimucronata</i>	Maricá	AF; M; L	REC
<i>Musa paradisiaca</i>	Banana	B; Alimentar	REC*
<i>Myrciantes pungens</i>	Guabiju	AF; M; F; Mad	DIV
<i>Myrcianthes gigantea</i>	Araçá do mato	AF; M; F; Mad	DIV
<i>Myrsine guianensis</i>	Capororoca	AF; Mad	REC
<i>Ocotea puberula</i>	Canela guaicá	L; Mad	DIV
<i>Ocotea pulchella</i>	Canela lageana	L; Mad	DIV
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Angico vermelho	FBN; AF; M; Mad	DIV
<i>Psidium cattleianum</i>	Araçá	F, AF	DIV
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	F; AF	REC
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Pimenta rosa	AF; M; L; PNM; RAD; B	REC
<i>Solanum mauritianum</i>	Fumo-bravo	PNM; B; RAD	REC
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Jerivá, coco catarro	AF; M; F	DIV
<i>Trema micrantha</i>	Pau-de-vaca, grandúva	B; AF	REC
<i>Vitex megapotamica</i>	Tarumã	AF; M; F	DIV

FNB = fixação biológica de nitrogênio; AF = atração de fauna; M = melífera; L = lenha, Mad = madeira, F = frutífera, PNM = produtos não madeireiros; B = biomassa, RAD = recuperação de áreas degradadas. Grupos funcionais: espécies de recobrimento (REC): conjunto de espécies nativas de árvores e arbustos de rápido crescimento, que têm por função cobrir o solo e controlar o avanço de espécies indesejáveis e espécies de diversidade; (DIV): demais espécies vegetais nativas (herbáceas, arbustos e/ou árvores), que têm como função garantir a perpetuação da floresta ao longo do tempo.

Agrobiodiversidade: sementes crioulas e seus guardiões

Irajá Ferreira Antunes; Giberto Antônio P. Bevilaqua; Eberson Diedrich Eicholz

As relações entre os seres vivos e os ambientes em que estão inseridos, em um processo dinâmico e continuado, resultam em infinitas combinações cuja consequência é o que hoje se conceitua como diversidade biológica ou, de outra forma, biodiversidade.

Nessa condição, espécies, em suas interações, modificam ambientes, expressando-se nas mais diversas formas, tais como alterações nas variáveis climáticas e mudanças nos regimes hídricos promovem alterações nas espécies. O primordial entre os seres vivos é a causa pela sobrevivência. O significado desse princípio é que toda manifestação de um ser vivo se direciona, de forma evidente, ou não, a sua sobrevivência. Desse modo, e movida por esse elemento básico, toda espécie desenvolve mecanismos que possibilitem se adaptar às alterações de ambiente a que estão, ou são, submetidas.

Charles Robert Darwin, naturalista britânico, em 1859, publicou *The Origin of Species by Means of Natural Selection (A Origem das Espécies por Meio da Seleção Natural)*, uma obra que se tornou um clássico e apresentou uma teoria com fundamentação científica para a existência da fabulosa variedade de espécies. Resumidamente, a teoria diz que os indivíduos de uma espécie melhor adaptados ao ambiente em que habitam deixam número maior de descendentes. Dessa forma, espécies que não possuam em sua constituição indivíduos adaptados às condições, que surgem no processo de evolução, tendem a desaparecer. Assim, espécies mais variadas tendem a sobreviver sob novas condições de ambiente que venham a se desenvolver.

O surgimento de espécies de homínídeos, dentre as quais o *Homo sapiens*, levou ao advento da agricultura. De coletores e caçadores, esses homínídeos passaram a ser agricultores. Assim, surgiram novas relações entre homens e plantas. As necessidades relacionadas à alimentação, construção de habitações e cura para as doenças, dentre outras, fizeram com que os humanos passassem a selecionar aquelas plantas que atendessem essas necessidades. A interação entre homens e plantas, em um determinado ambiente, fez surgir uma grande variedade de plantas que, hoje em dia, constituem o que se conhece como agrobiodiversidade.

Essa variação se dá entre espécies, ou seja, há um grande número de espécies que foram selecionadas para atender às necessidades do ser humano, bem como na composição de cada uma delas, caracterizando o que se denomina de variedades. Assim, espécies são compostas de variedades.

Mais recentemente, houve o despertar para o reconhecimento, e conseqüente entendimento, de que, para que uma dada variedade (e conseqüentemente, de uma espécie) exista, na esfera da agrobiodiversidade, há um agricultor (ou agricultora) que a desenvolve e/ou a mantém. Atualmente, esse agricultor passou a ser denominado de “guardião de sementes”, ou “guardião da biodiversidade”. As variedades que ele desenvolve/guarda são denominadas de variedades crioulas.

Torna-se importante ressaltar que sementes crioulas, identificadas como variedades crioulas, são conceituadas como aquelas encontradas em espécies domesticadas e que resultam da interação entre três elementos: planta, ambiente e ser humano. Da mesma forma, a erosão genética é a perda de variedades crioulas ou, conseqüentemente, de genes. Na integridade de seu contexto, sementes crioulas constituem o elemento principal que, até os dias de hoje, têm garantido a alimentação da humanidade e que, ampliado, incluem as espécies animais e microrganismos.

Tais processos interativos resultam em populações (variedades) adaptadas a condições ambientais específicas. De forma relevante, também resultam portadoras de conteúdo cultural que nasce a partir de mecanismos gerados da necessidade de sobrevivência, entendida nas mais distintas dimensões da natureza humana, o que, concretamente, muito tem contribuído para a grande diversidade genética conhecida.

A discussão que vem se estabelecendo mundialmente em torno dos recursos genéticos e, mais particularmente, sobre variedades crioulas, tem despertado no mundo acadêmico e em organizações mundiais, tais como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, a necessidade de se conservar

tais recursos, de modo a impedir o avanço dos processos de perda. A erosão genética, conforme mencionado, é um fato, e a Conferência Rio+20 ratificou o quadro observado em 1992, que resultou, dentre outros, na elaboração da Convenção da Diversidade Biológica (CDB), subscrita pela maciça maioria dos países que integram as Nações Unidas.

Simultaneamente, também como resultado de um processo de conscientização da importância das variedades crioulas, tanto do ponto de vista de seu significado tecnológico, como principalmente de seu significado cultural, muitas comunidades agrícolas passaram a adotar uma forma organizada de conservação das sementes crioulas, estabelecendo suas próprias coleções e, assim, aperfeiçoando o papel milenar de agricultores guardiões dessas sementes.

O papel de conscientização tem como uma de suas causas a maior aproximação entre os agrupamentos representativos de agricultores em encontros promovidos por suas organizações ou por instituições públicas dedicadas ao tema; nesse último caso, mais frequentemente, sob a ótica das sementes crioulas como um recurso genético e, menos por sua condição de veículo do patrimônio cultural que representam.

Atualmente, inúmeras iniciativas de conservação *on farm* de variedades crioulas, por parte de comunidades organizadas, são reconhecidas. Na Paraíba, há um excelente exemplo que é dado pelas “Sementes da Paixão”, uma iniciativa que mantém inúmeros grupos plenamente conscientes de seu papel e que, como exemplo, através da experimentação, adquiriram argumentos para o uso de variedades crioulas de milho e não de variedades desenvolvidas por instituições de pesquisa.

Da mesma forma, no norte de Minas Gerais, há um importante movimento na região semiárida liderado pelo Centro de Agricultura Alternativa do Norte de Minas (CAA-NM), bem como nos estados do Paraná e Santa Catarina, onde pode ser citada, dentre outras, a Rede Regional de Agricultores e Agricultoras Experimentadores do Sul e Centro Sul do Paraná e Planalto Norte Catarinense, com a participação direta da Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA).

No Rio Grande do Sul, trabalhos de resgate das sementes crioulas passaram a adquirir relevância na década de 1980, com iniciativas que envolveram milho e feijão nas Unidades de pesquisa da Embrapa localizadas nos municípios de Pelotas e Capão do Leão (Embrapa Clima Temperado).

Já no início dos anos 2000, como resultado do crescimento da importância das sementes crioulas no meio científico, houve ampliação das tarefas de resgate e maior ênfase foi dada à caracterização dos respectivos germoplasmas que, na Embrapa Clima Temperado, resultou no envolvimento de maior número de espécies, culminando com os trabalhos conduzidos com feijão-miúdo, abóboras, batata-doce, mandioca, amendoim, cebola, melão, pepino e pimenta vermelha, sob a égide do projeto identificado como “Sementes Crioulas”, agregando número significativo de pesquisadores, agricultores guardiões de sementes, professores, técnicos da extensão rural e estudantes, representando instituições públicas e instituições de agricultores.

Os resultados alcançados na caracterização das variedades crioulas das diversas espécies estudadas revelam a riqueza nelas existente, tanto do ponto de vista nutricional e funcional, como agrônomo e morfológico. Tais resultados apontam para os benefícios que o uso dessas variedades poderia trazer a consumidores e agricultores. No primeiro caso, pela possibilidade de ampliarem o espectro alimentar, com conseqüente enriquecimento de suas dietas; no segundo, porque além de ampliarem os aspectos nutricionais apontados, poderiam ampliar renda com novos produtos, mais qualificados.

Contrariamente ao observado na grande maioria das instituições de pesquisa, que agregam simultaneamente trabalhos com recursos genéticos e melhoramento de uma dada espécie, nas quais a postura predominante visa a utilização dos respectivos germoplasmas unicamente nos programas de melhoramento genético, o projeto “Sementes Crioulas” da Embrapa Clima Temperado busca, igualmente, a realocação desses germoplasmas a outros agricultores, prioritariamente àqueles identificados como guardiões de sementes.

No Rio Grande do Sul e em outros estados, atualmente, observa-se significativa instauração de iniciativas voltadas à conservação do germoplasma crioulo (conservação *on farm*), movimento observado em todas as regiões do estado e do qual faz parte constituinte o estabelecimento de bancos comunitários de sementes. Adicionalmente, há a adoção de princípios agroecológicos, compondo um quadro que se apresenta como contraponto à prática de uma agricultura embasada no uso de “pacotes tecnológicos”.

O trabalho com variedades crioulas, sua caracterização agrônômica, nutricional e funcional, o estudo de sua adaptação, o retorno das informações sobre as mesmas a partir da sua distribuição aos agricultores e a participação em feiras de sementes levaram ao frequente diálogo de pesquisadores com os agricultores, com técnicos da assistência técnica e com representantes desses agricultores. Desse diálogo surgiu a materialização da figura do agricultor que conserva as sementes crioulas, ano após ano, possuidor de um conhecimento profundo do comportamento acerca dessas variedades crioulas em seu meio ambiente, muito frequentemente herdadas de seus pais, bem como da forma de plantá-las e utilizá-las como alimento. Em outras palavras, daquele que detém a responsabilidade sobre essas sementes, que constituem um patrimônio não apenas tecnológico, mas cultural. A esse agricultor, conforme referido, convencionou-se chamar “guardião de sementes”, ou “guardião da biodiversidade”.

Sob uma perspectiva histórica, é possível entender o guardião de sementes, aquele em sua expressão mais aproximada com a natureza, como resultado da manifestação do determinismo genético, comumente expresso como “vocaçãõ”, ou seja, o indivíduo que, naturalmente, tomou a si a tarefa de selecionar e conservar as “seleções” das plantas mais adequadas a suprir às necessidades dos agrupamentos humanos em processo de adaptação aos diversos habitats para onde migrou. Como resultado, surgiram as populações de plantas que, contemporaneamente, são conhecidas como variedades crioulas. A partir dessa realidade, ficou reconhecida a necessidade de melhor conhecê-lo, melhor entendê-lo e, conseqüentemente, melhor protegê-lo.

As relações estabelecidas com os guardiões permitem observar o envelhecimento desse contingente. Além de idosa, a grande maioria, constituída por agricultores familiares, muitas vezes encontra-se isolada em seus espaços originais, tendo seus filhos abandonado o campo em busca de novas oportunidades no meio urbano. O isolamento os torna mais vulneráveis às propostas de mudanças que resultam dos modelos chamados de “modernos” por aqueles que os propagam, na medida em que são mais facilmente convencidos de estarem tecnologicamente ultrapassados frente aos agricultores que adotaram tais modelos. O resultado é o desaparecimento de muitos deles como guardiões, ao que está associado, também, o desaparecimento de muitas variedades crioulas e de conhecimentos a elas associados, o que, mais significativamente, caracteriza-se não apenas como erosão genética, mas como erosão cultural.

O trabalho que vem sendo desenvolvido na Embrapa Clima Temperado implica a tentativa de agrupar os guardiões na forma associativa, de modo que, então conscientes da importância do papel que exercem, simultaneamente amparados pelo reconhecimento de sua importância pela sociedade, principalmente a urbana, possam reivindicar e ter alcançado o devido amparo do Estado brasileiro como instrumento a serviço de uma sociedade mais justa e, conseqüentemente, sustentável.

A constatação da perda de variedades crioulas de muitas espécies, verificada de forma mais acentuada desde o surgimento do que ficou convencionado como “Revolução Verde”, levou organizações internacionais, como FAO, a liderar a organização de um movimento de resgate dessas variedades, evitando, assim, a concretização da erosão genética. Esse resgate tem sido conduzido não apenas na recuperação dessas variedades e sua manutenção em bancos de germoplasma, mas também de sua conservação nas propriedades agrícolas, a conservação *on farm*, permitindo a continuidade de sua coevolução com as mudanças ambientais, incluindo o aquecimento global.

Esse princípio tem sido adotado na Embrapa Clima Temperado, mediante o resgate dessas variedades, sua caracterização e posterior redistribuição a outros grupos de agricultores. Simultaneamente, a Embrapa tem apoiado feiras de sementes crioulas, eventos de reconhecida importância para ampliação e conservação da diversidade genética das espécies. Ao mesmo tempo, tem praticado e apoiado iniciativas direcionadas a

identificar os guardiões de sementes, bem como a promover o autoconhecimento do grupo, incentivando sua associação, no entendimento de que sua prática usual de produzir de forma agroecológica e/ou orgânica possa resultar em formas de produção mais sustentáveis, com benefícios a todos os segmentos da sociedade.

Restauração ecológica e serviços ecossistêmicos na agricultura familiar

Adalberto Koiti Miura, Artur Ramos Molina, Günter Timm Beskow, Gustavo Crizel Gomes, João Carlos Costa Gomes; Mariana Mühlenberg Soares.

Devido à Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Novo Código Florestal; Brasil, 2012), todo imóvel rural deve estar inscrito no Cadastro Ambiental Rural (CAR), para participar do Programa de Regularização Ambiental (PRA), visto que há um déficit de vegetação nativa em Áreas de Proteção Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) no Brasil. O PRA abrange um conjunto de ações ou iniciativas que deverão ser implementadas pelos proprietários e posseiros rurais.

Um desafio estratégico para promover a adesão ao PRA é despertar interesse e compromisso em produtores rurais e agricultores com a conservação e a restauração ambiental dos espaços rurais, conciliando a adequação ambiental com os aspectos socioeconômicos do desenvolvimento territorial. Por exemplo, por meio do incentivo à produção e geração de renda em sistemas que promovam a conservação da biodiversidade e a restauração ecológica, ou pelo pagamento por serviços ambientais aos agricultores familiares e populações tradicionais, guardiões dos serviços prestados por seus agroecossistemas.

Para isso, é imprescindível que haja um processo intenso de educação ambiental, no campo e na cidade, que busque esclarecer a sociedade sobre a importância e responsabilidade daqueles que atuam na produção agropecuária, desde os agricultores e camponeses tradicionais aos empresários rurais: todos precisam reconhecer e se responsabilizar por suas ações que afetam a natureza, seja na sua conservação ou na sua degradação.

O ato de conservar e de restaurar ecossistemas não pode ser entendido e realizado apenas como atendimento à legislação ambiental, ou seja, uma imposição legal, que para muitos representa apenas desperdício de área produtiva, trabalho e recursos. Antes de tudo, cuidar da Terra significa cuidar de nós mesmos. É crescente a demanda da sociedade e a conscientização do setor agropecuário sobre a necessidade de se desenvolver e difundir sistemas de produção mais harmônicos com o ambiente e que proporcionem mais qualidade de vida para os seres humanos.

A definição de serviços ecossistêmicos congrega os benefícios que as pessoas obtêm da natureza direta ou indiretamente, através dos ecossistemas, a fim de sustentar a vida no planeta. Embora alguns autores considerem o termo um sinônimo de “serviços ambientais” ou “serviços ecológicos”, outros, no entanto, fazem ressalvas e apontam diferenças conceituais entre essas definições (Gomes et al., 2019).

Conforme Tosto et al. (2012), serviços ambientais estão associados a ações de manejo nos sistemas naturais ou agroecossistemas, enquanto que os serviços ecossistêmicos refletem apenas os benefícios providos pelo funcionamento dos ecossistemas, sem a interferência humana. Assim, “serviço ambiental” representa benefícios diretos obtidos pela ação humana, como a apicultura, por exemplo. Já “serviço ecossistêmico” é usado para benefícios indiretos, como a polinização.

Todas as espécies vegetais e animais (o que obviamente inclui a espécie humana) dependem dos serviços prestados pela biodiversidade e ecossistemas para a sua existência. O ar e a água, assim como os alimentos, suprem as necessidades metabólicas mais básicas para que a vida seja possível. Esses elementos são “presentes” que recebemos da biosfera. Ou seja, nos ofertam “gratuitamente” através dos serviços ecossistêmicos, mas não podemos nos iludir que sejam inesgotáveis.

A Terra também necessita de cuidados e reparos para seguir nos sustentando e poder manter vivos os seres humanos do futuro. Um tema recente que ilustra com clareza a dependência por esses serviços é o declínio populacional das abelhas (Apidae), pois esse grupo de insetos cumpre função crucial para o equilíbrio dos agroecossistemas e para a produção agrícola. A extinção das abelhas acarretaria perdas inestimáveis para a agricultura em nível global, já que aproximadamente 2/3 dos alimentos que consumimos são dependentes da polinização (Rodrigues et al., 2012).

Uma parceria entre diversas instituições internacionais com o apoio de vários governos, denominada “Avaliação Ecosistêmica do Milênio”, teve o objetivo de fornecer bases científicas para a gestão sustentável dos ecossistemas. As funções e serviços ecosistêmicos foram classificados em quatro categorias: a) serviços de provisão (ou abastecimento): alimentos, água, combustíveis, fibras, fármacos, bioquímicos, recursos genéticos; b) serviços de regulação: regulação do clima, de doenças, de danos naturais, purificação de água e do ar, controle de enchentes e de erosão, tratamento de resíduos, desintoxicação e controle de pragas e doenças; c) serviços culturais: ecoturismo e recreação, espiritual e religioso, estético e inspiração, educacional, herança cultural; d) serviços de suporte: formação do solo, produção de oxigênio, ciclagem de nutrientes, produção primária, polinização e dispersão de sementes (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Andrade; Romeiro, 2009; Mangabeira et al., 2011).

A preservação dos ecossistemas, da biodiversidade e, conseqüentemente, dos serviços ambientais e ecosistêmicos por eles prestados é fundamental à existência humana. Por falta de compreensão sobre sua relevância, durante muito tempo a preservação da natureza foi considerada um problema para o setor produtivo. No entanto, a valoração ambiental, inclusive na forma de valor monetário pelos serviços ecosistêmicos, pode ser uma forma de incentivo tanto para a conservação ambiental como para geração de novas fontes de renda na agropecuária, contribuindo para o uso sustentável dos recursos naturais.

Para a restauração ecológica de ecossistemas, diversas estratégias são utilizadas, sendo considerados métodos de restauração ativa aqueles que contam com a intervenção humana, como a semeadura ou o plantio de mudas. A regeneração natural é um método de restauração passiva. Algumas alternativas intermediárias são as técnicas de nucleação.

Tratando-se de ambientes florestais, o método mais comumente utilizado no Brasil é o plantio (em área total) de mudas de espécie arbóreas nativas produzidas em viveiro. De maneira geral, os espaçamentos utilizados são 2m x 2m e 3m x 2m. Porém, além de cara, a técnica pode apresentar pouco sucesso, caso não haja manutenção adequada. Fatores bióticos e ambientais, especialmente a matocompetição, formigas-cortadeiras, secas e geadas são ameaças comuns aos plantios. Alguns procedimentos simples e de baixo custo podem favorecer a sobrevivência de mudas em campo, como a reutilização de materiais e embalagens para prevenção de pragas e competição com plantas espontâneas, especialmente gramíneas (Figuras 1B e 1C).

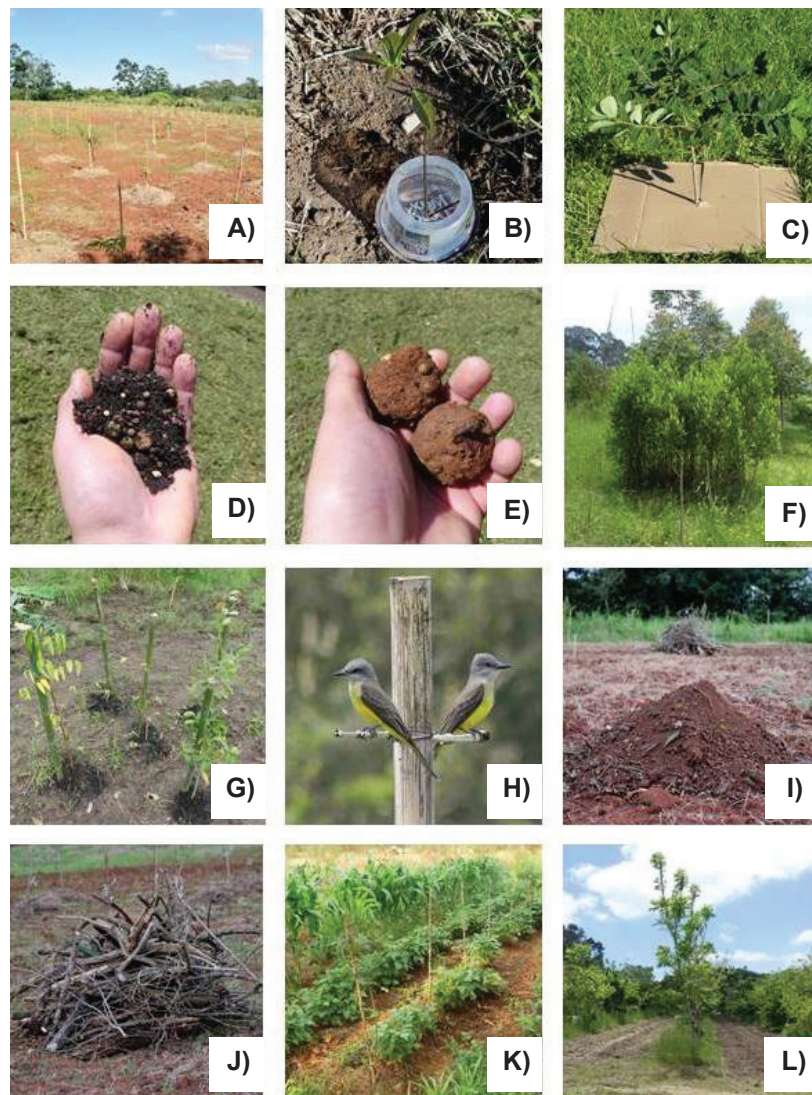
Na regeneração natural, a área deve ser deixada em pousio, sendo apenas isolada para evitar a presença de animais domésticos. Segundo Crouzeilles et al. (2017), a regeneração natural pode apresentar maior sucesso na restauração da biodiversidade e da estrutura da vegetação, quando comparada ao plantio de mudas. Porém, depende da resiliência da paisagem local, que é a capacidade que o ambiente tem de retornar, naturalmente, a uma condição mais próxima do estado de equilíbrio.

Outra alternativa é o agricultor coletar e semear diretamente as espécies na área a ser restaurada, técnica conhecida como semeadura direta, que tem como vantagens o baixo custo, mostrando bons resultados em áreas de difícil acesso ou com declive acentuado.

Espécies que perdem vigor de germinação muito rápido devem ser semeadas logo após a coleta. A semeadura pode ser feita a lanço, em covas ou em linhas, de forma manual ou mecanizada. Estratégias interessantes são a semeadura com coquetéis de sementes (“muvucas”), que podem ser misturadas a algum substrato (Figura 1D), e as “bombas de sementes” (Figura 1E), obtidas pela mistura de sementes com solo fértil (ou composto orgânico) e argila. Para otimizar o material e esforço, recomenda-se a semeadura em parcelas

equidistantes na área a ser restaurada, formando-se ilhas de diversidade (Figura 1F), preferencialmente associadas a outras técnicas de restauração.

Nessa perspectiva, um cuidado importante na sementeira direta é evitar ou minimizar a predação das sementes e o crescimento das plantas espontâneas, o que pode ser feito colocando-se, por exemplo, cobertura morta (palha) sobre a área semeada ou protetores de sementes, como uma garrafa PET. Tal cobertura propicia não apenas proteção para as sementes, mas também um ambiente mais úmido, fator fundamental para que a germinação ocorra.



Fotos: Gustavo Crizel Gomes (A, B, C, D, E, F, H) e Thales Castilho de Freitas (G, I, J).

Figura 1. Técnicas de restauração ecológica. A) plantio de mudas; B) reutilização de embalagens plásticas para proteção contra o ataque de formigas; C) *mulching* de papelão; D) coquetel de sementes; E) bombas de sementes; F) sementeira direta; G) núcleo de Anderson; H) poleiro artificial; I) transposição de solo; J) transposição de galharia; K) e L) sistemas agroflorestais.

Outra estratégia para restauração de ecossistemas degradados e adequação ambiental de propriedades rurais é o emprego de técnicas nucleadoras, que visam formar pequenos núcleos de vegetação como pontos de partida para a regeneração, objetivando facilitar os processos de sucessão natural. As técnicas de nucleação podem ser consideradas como intermediárias, por não serem tão ativas quanto o plantio de mudas em área total, nem tão passivas quanto a regeneração natural. Entre as técnicas nucleadoras utilizadas em programas de restauração ecológica estão grupos de Anderson, poleiros artificiais, transposição do solo, transposição de galharia e chuva de sementes (Figura 1).

Os grupos de Anderson (Figura 1G) consistem no plantio de mudas de árvores nativas em grupos adensados, ajudando na formação de ilhas de diversidade para a colonização da área, podendo ser associados com outras técnicas, como a semeadura direta.

Os poleiros artificiais propiciam uma área de pouso para aves e morcegos frugívoros, que, por defecação e regurgitação, depositam sementes sob os poleiros, proporcionando o acúmulo de sementes na área a ser restaurada e contribuindo na formação de núcleos de diversidade. Para confecção de poleiros artificiais, podem ser usados materiais de fácil obtenção, como bambus, varas e caibros de madeira, moirões, arames e cordas. Diversos modelos podem ser utilizados, desde que tenham altura ideal e áreas de pouso para aves e morcegos.

A transposição de solo (Figura 1I) consiste na retirada de pequenas porções de solo de áreas não degradadas, com objetivo de transportar sementes, fauna de solo (insetos, minhocas, etc.) e microrganismos (fungos e bactérias), para que colonizem novos ambientes a serem restaurados, acelerando o processo de regeneração. De maneira geral, são retirados fragmentos de solo em área de 1m² por 20 cm de profundidade e simplesmente depositados em pequenos montes na área a ser restaurada.

Como objetivo de criar microclimas dentro da área a ser restaurada, a transposição de galharia (Figura 1J) consiste na coleta e amontoa de galhos que, conseqüentemente, proporcionam menor incidência de luz e temperatura e maior umidade, a fim de favorecer a germinação/emergência de espécies de sementes depositadas no solo, servindo também de proteção às mudas e poleiros para espécies de aves. As galharias ainda atraem pequenos roedores, que atuam como estocadores de sementes, das quais algumas são esquecidas ou não reencontradas, podendo germinar. Para a confecção, podem ser utilizados galhos coletados no interior de fragmentos florestais e ainda restos de podas de árvores.

A chuva de sementes constitui-se na coleta de sementes (e outros propágulos) em áreas naturais para posteriormente depositá-las no espaço a ser restaurado. O recolhimento de sementes pode ser realizado instalando-se coletores no interior da floresta, que consistem em uma armação com “pés” onde é costurada uma tela onde as sementes são depositadas.

Os sistemas agroflorestais (SAFs) (Figuras 1K e 1L) representam uma alternativa para a adequação ambiental de propriedades rurais, aliando a restauração de ecossistemas degradados à segurança alimentar e geração de renda, por meio da produção diversificada de alimentos em consórcios entre plantas nativas e exóticas, anuais e perenes (Mangabeira, 2011).

Um desafio da atualidade para a ecologia da restauração é conciliar os aspectos ambientais a questões socioeconômicas e culturais e, principalmente, aumentar o conhecimento da sociedade sobre o fato de que a restauração de ecossistemas degradados ou perturbados significa muito mais do que a recuperação ambiental. Representa acima de tudo a manutenção dos serviços prestados pelos ecossistemas, dos quais toda a biodiversidade planetária, incluindo a espécie humana, necessita para sobreviver e perpetuar, além da “estética da paisagem”, que contribui para o aumento da qualidade de vida das pessoas. O ser humano, portanto, ao mesmo tempo em que é beneficiado com a provisão natural dos serviços ecossistêmicos, também o é quando maneja os recursos naturais. Há uma retroalimentação indissociável, que precisa ser mantida. Não há uso sustentável ou medidas de restauração ecológica que se sustentem se não houver a sensibilização das pessoas, seja pela visão afetiva, cultural, alimentar e/ou econômica

Considerações Finais

O desenvolvimento, validação e adoção de boas práticas agropecuárias relacionadas ao uso, manejo e conservação dos recursos naturais e da biodiversidade, em adição à evolução dos marcos legais e normativos (políticas públicas), são fundamentais para o desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção, que permitam a produção de alimentos, fibras, energia e a oferta de serviços ecossistêmicos e ambientais para esta e as próximas gerações.

Os capítulos desta obra são interdependentes e sistematizam conceitos, bases técnicas e estratégias que embasam a tomada de decisão por gestores, técnicos e agentes de assistência técnica e extensão rural, especialmente em relação à gestão sustentável dos recursos naturais e da biodiversidade. Além disso, a obra traz subsídios para a contextualização do papel do agricultor e da sociedade sobre temas de interesse global, como a segurança alimentar, a conservação e uso sustentável da biodiversidade, mudanças do clima, bem como subsídio para a formulação de políticas públicas, fortalecendo o papel da ciência para o desenho de sistemas complexos e sustentáveis de produção, com possibilidade de ofertar alimentos em quantidade e qualidade e serviços ambientais ecossistêmicos cada vez mais valorizados pela sociedade. Nesse contexto, é fundamental o conhecimento e a capacitação de agentes multiplicadores.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas que contribuíram para a realização desta obra, pelas valiosas discussões e sugestões. Agradecimento especial também aos revisores, pela dedicação e empenho na qualificação desta obra.

Referências

- ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Montevideo: Nordan-Comunidad, 1999. 338 p.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A.R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Campinas: UNICAMP, 2009. 44 p.
- ARMANDO, M. S.; BUENO, Y. M.; SILVA ALVES, E. R.; CAVALCANTE, C. H. **Agrofloresta para Agricultura Familiar**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. 11 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Circular Técnica, 16).
- BAYER, C.; DIECKOW, J.; CONCEIÇÃO, P. C.; FRANCHINI, J. C. Sistemas de manejo conservacionista e qualidade de solos, com ênfase na matéria orgânica. In: BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. (Ed.). **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: RBCS, 2019. p. 315-343.
- BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise Multidimensional da Sustentabilidade. Uma proposta metodológica a partir da Agroecologia. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, jul./set. 2002.
- CAR. **Cadastro Ambiental Rural**. Disponível em: <http://www.car.gov.br/>. Acesso em: 18 dez. 2019.
- CARTER, M. R. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. **Agronomy Journal**, v. 94, p. 38-47, 2002.
- CARVALHO, S. A. DE; AQUINO, S. R. F. de O Modelo de Decrescimento, Crescimento e Desenvolvimento Sustentável diante do Paradigma de Sustentabilidade. **Revista FSA**, Teresina, v. 14, n. 1, art. 4, p. 79-105, jan./fev. 2017.
- CMMAD (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento). **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editorada Fundação Getúlio Vargas, 1991. Tradução de Our common future.
- COSTA, A. A. V. M. R. Agricultura sustentável II: Avaliação. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 75-89, 2010.
- CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SANSEVERO, J. B.; MONTEIRO, L.; STRASSBURG, B. B. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, n. 11, p. e1701345, 2017.
- DEPONTI, C.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. de. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 44-52, out./dez. 2002.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and accessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BESDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.) Defining soil quality for sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America**, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).
- EMBRAPA Instrumentação, **Saneamento básico rural: a saúde da água, do solo e da família em suas mãos**. São Carlos, Separatas, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1035917/saneamento-basico-rural-a-saude-da-agua-do-solo-e-da-familia-em-suas-maos>

- GALINDO, N.; SILVA, W. T. L. da; NOVAES, A. P. de; GODOY, L. A. de; SOARES, M. T. S.; GALVANI, F. Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2010. (Embrapa Instrumentação. Documentos, 49). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/908011/perguntas-e-respostas-fossa-septica-biodigestora>
- GARCÍA, R. Interdisciplinarietà y sistemas complejos. In: LEFF, H. (Com.) **Ciencias sociales y formación ambiental**. Barcelona: Gedisa, 1994. p. 85-124.
- GARRITY, D.; AKINNIFESI, F. K.; AJAYI, O. C.; WELDESEMAYAT, S. G.; MOWO, J. G.; KALINGANIRE, A.; LARWANOU, M.; BAYALA, J. Evergreen Agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. **Food security**, v. 2, p: 197–214, 2010.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 653 p.
- GOMES, G. C.; GOMES, J. C. C.; BARBIERI, R. L.; MIURA, A. K.; SOUSA, L. P. D. Environmental and Ecosystem Services, Tree Diversity and Knowledge of Family Farmers. **Floresta Ambiente**. Seropédica, v. 26, n. 1, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872019000100110&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 8 nov. 2019.
- GOMES, J. C. C. Pesquisa em Agroecologia: problemas e desafios. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS R. L de. **Agroecologia**: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 133-146.
- GOMES, J. C. C.; GUASP, J. T. A interdisciplinarietà como ferramenta para a pesquisa e o desenvolvimento na agricultura familiar. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 7, n. 1, p. 106-119, 2002.
- GOMES, J. C. C.; VERONA, L. A. F.; SCHWENGBER, J. E.; GOMES, G. C. Avaliação da sustentabilidade em agroecossistemas: formação conceitual e aplicação a uma realidade regional. **Extensão Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 3, jul./set. 2017.
- HEINBERG, R. **Cinco axiomas da sustentabilidade**. Disponível em: https://resistir.info/energia/5_axiomas.html Acesso em: 2007.
- HORLINGS, I.; MARSDEN, T. Rumo ao desenvolvimento espacial sustentável? Explorando as implicações da nova bioeconomia no setor agroalimentar e na inovação regional. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 13, n. 27, p. 142-178, 2011.
- IUCN-IDRC (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources-International Development Research Centre). Assessing Progress Towards Sustainability: A New Approach. In: TRZYNA T. C. (Ed.). **A Sustainable World**: defining and Measuring Sustainable Development. California: IUCN, 1995. p. 152-172.
- LEFF, H. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidad, complejidad, poder. México: Siglo Veintiuno, 2000. 285 p.
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; DEBARBA, L.; FERNANDES, F. F.; VEZZANI, F. M.; PILLON, C. N. Sequestro de CO₂ em um Argissolo Vermelho sob diferentes preparos, sistemas de cultura e níveis de N mineral. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus. **Anais... Ilhéus**: CEPLAC, 2000. p. 392-393.
- LUEDELING, E.; KINDT, R.; HUTH, N.; KOENIG, K. Agroforestry systems in a changing climate — challenges in projecting future performance. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 1-7, 2013.
- MANGABEIRA, J. D. C.; TOSTO, S. G.; ROMEIRO, A. R. **Valoração de serviços ecossistêmicos**: estado da arte dos sistemas agroflorestais (SAFs). Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.
- MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. (Ed.). **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 281 p.
- MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 79–96, 2014.
- MARZALL, K.; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 41-59, 2000.
- MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales**: el marco de evaluación MESMIS. México: Mundi-Prensa, 1999. 109 p.
- MASERA, O.; LÓPEZ-RIDAURA, S. (Ed.). **Sustentabilidad y Sistemas Campesinos**: cinco experiencias de evaluación en el México rural. México: Mundi-Prensa, 2000. 346 p.
- MATOS FILHO, A. M. **Agricultura Orgânica sob a perspectiva da sustentabilidade**: uma análise da região de Florianópolis – SC, Brasil. 2004. Dissertação (Mestrado) - UFSC, Florianópolis.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 4. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 264 p.
- MIELNICZUK, J. Manejo do solo no Rio Grande do Sul: uma síntese histórica. **Revista da Agronomia**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 11-22, 1999.
- MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and human well-being**: synthesis. Washington, 2005. (Ecosystems, v. 5). Disponível em: <http://doi.org/10.1196/annals.1439.003>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- NAIR, P. K. R. **An Introduction to Agroforestry**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499 p.

OECD (Organization for Economic Co-Operation and Development). **OECD core set of indicators for environmental performance reviews**. Paris, 1993. (OECD Environmental Directorate Monographs, 83).

PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Erva 20**: sistema de produção de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152 p.

PILLON, C. N. Manejo da matéria orgânica do solo. In: PEGORARO, L. M. C. (Ed.). **Noções sobre produção de leite**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. p. 41-49.

PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. **Ciclagem da matéria orgânica em sistemas agrícolas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 27 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 125).

RIGBY, D.; CÁCERES, D. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. **Agricultural Systems**, n. 68, p. 21-40, 2001.

RODRIGUES, D. M.; DA SILVA, M. M.; DE ALMEIDA, L. S.; DE SOUZA, T. R.; YARED, J. A. G.; DE SANTANA, A. C. Agrobiodiversidade e serviços ambientais: perspectivas para o manejo ecológico dos agroecossistemas. **Revista Agroecossistemas**, v. 4, p. 12-32, 2012.

SMYTH, A. J.; DUMANSKI, J.; SPENDJIAN, G.; SWIFT, M. J.; THORNTON, P. K. FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management. Rome: FAO, 1993. (World Soil Resources Report, n. 73).

SOUZA, L. da S.; BERTOL, I.; De MARIA, I.C.; De MELO FILHO, J.F.; LEPSCH, I. F.; FILHO, A. R. Terminologia básica utilizada em manejo e conservação do solo e da água. In: BERTOL, I.; De MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. (Ed.). **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: RBCS, 2019. p. 1-17.

STRECK, E.V. KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TÔSTO, S. G.; PEREIRA, L. C.; MANGABEIRA, J. A. de C. **Serviços ecossistêmicos e Serviços ambientais**: conceitos e importância. Rio de Janeiro: Portal Ecodebate, 2012.

UNEP. **Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment - United Nations Environment Programme**. Stockholm, 1972.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

WEBAMBIENTE. Espécies nativas. Disponível em: <https://www.webambiente.gov.br/publico/especies.xhtml>. Acesso em: 18 dez. 2019.

Embrapa

Clima Temperado

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL