



# TEXTO PARA DISCUSSÃO

ISSN 0103-9466

483

## **Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil**

**João Alfredo de Carvalho Mangabeira, Lucas Ferreira Lima,  
Raimundo Cláudio Gomes Maciel, Fernando Nauffal Filho,  
Ademar Ribeiro Romeiro, José Roberto Kassai,  
Carolina da Silveira Bueno, Caroline Godoi de Castro Oliveira,  
Fabíola de Andrade Colle, Gisele Freitas Vilela,  
Sérgio Gomes Tôsto, Mitali Daian Alves Maciel,  
Oleides Francisca de Oliveira, Oscar Sarcinelli,  
Lauro Charlet Pereira, Rômulo Vasconcelos Valentim,  
Márcio Silva de Aquino**

**Julho 2025**



**ie** instituto de  
economia

# Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

**João Alfredo de Carvalho Mangabeira**<sup>1</sup>, **Lucas Ferreira Lima**<sup>2</sup>,  
**Raimundo Cláudio Gomes Maciel**<sup>3</sup>, **Fernando Nauffal Filho**<sup>4</sup>,  
**Ademar Ribeiro Romeiro**<sup>5</sup>, **José Roberto Kassai**<sup>6</sup>,  
**Carolina da Silveira Bueno**<sup>7</sup>, **Caroline Godoi de Castro Oliveira**<sup>8</sup>,  
**Fabíola de Andrade Colle**<sup>9</sup>, **Gisele Freitas Vilela**<sup>10</sup>,  
**Sérgio Gomes Tôsto**<sup>11</sup>, **Mitali Daian Alves Maciel**<sup>12</sup>,  
**Oleides Francisca de Oliveira**<sup>13</sup>, **Oscar Sarcinelli**<sup>14</sup>,  
**Lauro Charlet Pereira**<sup>15</sup>, **Rômulo Vasconcelos Valentim**<sup>16</sup>,  
**Márcio Silva de Aquino**<sup>17</sup>

---

(1) Doutor em Desenvolvimento Econômico pelo Instituto de Economia da Unicamp. Pesquisador da Embrapa e Assessor Técnico da Coordenação do Escritório Estadual de SP do Ministério de Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA). E-mail: [joao.mangabeira@mda.gov.br](mailto:joao.mangabeira@mda.gov.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9417-4455>.

(2) Doutor em Desenvolvimento Econômico pelo Instituto de Economia da Unicamp. Pesquisador Colaborador do Instituto de Economia da UNICAMP. E-mail: [lufelima@unicamp.br](mailto:lufelima@unicamp.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5839-2834>.

(3) Doutor em Economia Aplicada pelo Instituto de Economia (IE) da Unicamp. Professor do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais Aplicadas (CCJSA) da Universidade Federal do Acre (UFAC). E-mail: [raimundo.maciell@ufac.br](mailto:raimundo.maciell@ufac.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8979-4895>.

(4) Bacharel em História pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Instituto Soja Livre e Food Chain ID, São Paulo, Brasil. E-mail: [fernando@exbrasil.com](mailto:fernando@exbrasil.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8421-2336>.

(5) Doutor em Economia pela *École des Hautes Études en Sciences Sociales* – França. Professor Titular do Instituto de Economia da UNICAMP. E-mail: [aromeiro@unicamp.br](mailto:aromeiro@unicamp.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0683-3030>.

(6) Doutor em controladoria e contabilidade. Professor Sênior da FEA/USP, da FIPECAFI e da Escola Nacional de Administração Pública (ENAP). Coordenador do Núcleo de Estudos em Contabilidade e Meio Ambiente (NECMA/USP). E-mail: [jrkassai@usp.br](mailto:jrkassai@usp.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4879-7197>.

(7) Doutora em Economia pelo Instituto de Economia da UNICAMP e pós doutora pela Universidade da Califórnia. Pesquisadora no Earth and Planetary Sciences da Universidade da Califórnia. E-mail: [cdasilve@ucsc.edu](mailto:cdasilve@ucsc.edu). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5932-6265>.

(8) Doutora em Direito do Estado pela Universidade Federal do Paraná. Mestra em Direitos Humanos e Democracia pela Universidade Federal do Paraná. Advogada. E-mail: [caroline@godoicolle.com.br](mailto:caroline@godoicolle.com.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9138-7364>.

(9) Advogada. Especialista em Direito Ambiental pela Faculdade CERS/Curso CEI. Especialista em Direito Constitucional pela ABDCONST – Academia Brasileira de Direito Constitucional. E-mail: [fabiola@godoicolle.com.br](mailto:fabiola@godoicolle.com.br). ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3987-8837>.

(10) Doutora em Agronomia (Fitotecnia) pela Unesp. Pesquisadora do Grupo de Gestão Territorial Estratégica (GGTE) da Embrapa Territorial (CNPJ) em Campinas/SP. E-mail: [gisele.vilela@embrapa.br](mailto:gisele.vilela@embrapa.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6168-0191>.

(11) Doutor em Desenvolvimento Econômico pelo Instituto de Economia da Unicamp. Pesquisador da Embrapa e do Ministério de Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA). E-mail: [sergio.tosto@embrapa.br](mailto:sergio.tosto@embrapa.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4377-6047>.

(12) Doutoranda em Desenvolvimento Econômico pelo Instituto de Economia da Unicamp. Pesquisadora do Instituto de Economia da UNICAMP. E-mail: [mitali.maciell@gmail.com](mailto:mitali.maciell@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6639-3922>.

(13) Doutora em Desenvolvimento Regional pela Universidade de Santa Cruz do Sul, UNISC. Professora do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais Aplicadas (CCJSA) da Universidade Federal do Acre (UFAC). E-mail: [oleides.oliveira@ufac.br](mailto:oleides.oliveira@ufac.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9560-5069>.

(14) Doutor em Desenvolvimento Econômico pelo Instituto de Economia da Unicamp. Pesquisador Colaborador do Instituto de Economia da UNICAMP. E-mail: [oscarsarc@uol.com.br](mailto:oscarsarc@uol.com.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4005-767X>.

(15) Doutor em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável, FEAGRI-UNICAMP. Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente. E-mail: [lauro.pereira@embrapa.br](mailto:lauro.pereira@embrapa.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1384-8356>.

(16) Bacharel em Ciências Econômicas pelo Centro de Ciências Jurídicas e Sociais Aplicadas (CCJSA) da Universidade Federal do Acre (UFAC). Aluno especial no Mestrado em Desenvolvimento Econômico da Unicamp. E-mail: [romulov2@gmail.com](mailto:romulov2@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3747-1470>.

(17) Bacharel em Ciências Econômicas pelo Centro de Ciências Jurídicas e Sociais Aplicadas (CCJSA) da Universidade Federal do Acre (UFAC). E-mail: [marcio.aquino@sou.ufac.br](mailto:marcio.aquino@sou.ufac.br). ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7223-8742>.

## Resumo

A emergência climática global é caracterizada por uma tripla crise planetária relacionada à perda da biodiversidade, à poluição e às emissões de gases de efeito estufa. Para mudar esse cenário, são necessárias estratégias de mitigação e adaptação em todos os setores econômicos. Especialmente no Brasil, são necessárias mudanças no setor agroalimentar, representado principalmente por um modelo de agricultura baseado em insumos químicos externos, agressivos à vida do solo e não adaptados aos ambientes locais. Nesse sentido, a Agricultura Regenerativa apresenta-se como um modelo ambientalmente prudente e economicamente viável capaz de reduzir os impactos ambientais da produção de alimentos e gerar renda no campo. O objetivo deste estudo é apresentar um Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável (PARS), baseado nos princípios da Economia Ecológica (*Ecological Economics*), como subsídio técnico-operacional à transição de um modelo convencional e altamente entrópico de agricultura para um modelo de agricultura regenerativa e sustentável. Metodologicamente, o PARS inclui seis dimensões (ambiental, socioeconômico, governança, agropecuário, biodiversidade e cultural) e 124 indicadores ranqueados e ponderados em um modelo de avaliação multicritério. Por fim, espera-se que o PARS seja um instrumento efetivo para estimular a transição para um modelo de agricultura regenerativa sustentável e que possa contribuir para a valoração, precificação e pagamentos de serviços socioambientais dos sistemas de produção agrícolas no Brasil.

**Palavras-chave:** Agricultura regenerativa; Sustentabilidade; Economia ecológica; Análise de decisão multicritério; Agricultura de baixa entropia.

## Abstract

### *Standard Protocol for Sustainable Regenerative Agriculture (PARS) in Brazil*

The global climate emergency is characterized by a triple planetary crisis related to biodiversity loss, pollution, and greenhouse gas emissions. To change this scenario, mitigation and adaptation strategies are needed in all economic sectors. In Brazil, in particular, changes are required for the agri-food sector, which is primarily characterized by an agricultural model based on external chemical inputs that are detrimental to soil life and not well-suited to local environments. In this sense, Regenerative Agriculture presents itself as an environmentally prudent and economically viable model that can reduce the environmental impacts of food production while generating income in the countryside. This study aims to present a Standard Protocol for Sustainable Regenerative Agriculture (PARS), based on the principles of Ecological Economics, as a technical-operational subsidy for the transition from a conventional and highly entropic model of agriculture to a model of regenerative and sustainable agriculture. Methodologically, the PARS comprises six dimensions (environmental, socio-economic, governance, agricultural, biodiversity, and cultural) and 124 indicators, ranked and weighted in a multi-criteria evaluation model. Ultimately, it is hoped that PARS will be an effective tool for promoting the transition to a model of sustainable regenerative agriculture and that it can contribute to the valuation, pricing, and payment of socio-environmental services in Brazilian agricultural production systems.

**Keywords:** Regenerative agriculture; Sustainability; Ecological economics; Multicriteria decision analysis; Low entropy agriculture.

**JEL:** N5, N56, Q1, Q13, Q57.

## 1. Prefácio

Este protocolo é um Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável (PARS), público-privado em agricultura regenerativa, de conformidade internacional voltado para agricultura brasileira e está baseado em métricas da World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) e nas experiências de campo da equipe desta proposta.

O documento foi preparado em colaboração com especialistas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA), do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), do Núcleo de Estudos em Contabilidade e Meio Ambiente – NECMA da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo (USP), da Faculdade de Economia da Universidade Federal do Acre (UFAC), da Universidade da Califórnia Santa Cruz (UCSC) e consultores independentes.

## 2. Introdução

Agricultura Regenerativa (AR) é um sistema de produção baseado em um conjunto de práticas agrícolas que visa reverter o esgotamento dos recursos naturais causado por modelos de agricultura baseados em insumos químicos externos, agressivos à vida do solo e não adaptados aos ambientes locais. Deste modo, a AR visa construir um ambiente com solo e plantas saudáveis, aumentar a biodiversidade, restaurar o equilíbrio nos ecossistemas e mitigar as mudanças climáticas.

Baseada nos princípios da Economia Ecológica (*Ecological Economics*) e da agroecologia, a Agricultura Regenerativa se caracteriza por ser uma abordagem agrícola holística (avaliada por enfoques sistêmicos dos sistemas de produção) baseada em produtos com impactos líquidos positivos mensuráveis em termos de saúde do solo e da planta, biodiversidade, clima, recursos hídricos e meios de subsistência agrícolas nos níveis de Unidade de Produção Agrícola (UPA) e da paisagem. Ela visa promover simultaneamente o sequestro de carbono acima e abaixo do solo, reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), proteger e aumentar a biodiversidade dentro e ao redor das UPAs, melhorar a retenção de água no solo, reduzir o risco de pesticidas, melhorar a eficiência do uso de nutrientes e melhorar os meios de subsistência agrícolas.

O Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável (PARS) é um modelo para transição de sistemas de produção agrícola, com possibilidade de certificação de terceiros que incorpora elementos ambientais, socioeconômicos, governança, agropecuário, biodiversidade e culturais, bem como requisitos de agricultura regenerativa para saúde do solo, planta, água e gestão da terra. As justificativas para a transição de uma agricultura não conservacionista para um Padrão de Agricultura Regenerativa e Sustentável (PARS) são: 1) a necessidade da transição para modelos agrícolas resilientes e regenerativos que reduzam a pegada ecológica; 2) as oportunidades de negócios frente aos desafios climáticos globais; 3) o forte impulso e incentivos para o setor privado; 4) o avanço dos sistemas de medição e avaliação.

**O imperativo da transição para modelos agrícolas resilientes e regenerativos:** a partir da intensificação da crise climática global e dos desafios agrícolas crescentes, uma mudança nos sistemas agrícolas está se tornando imperativa. Agricultores e participantes da cadeia de valor agrícola estão sentindo os efeitos prejudiciais desses desafios enquanto o sistema econômico continua pautado em práticas insustentáveis. Então, a agricultura regenerativa surge como um poderoso contraponto ao *status quo*, isto é, um modo de produção adaptável, mitigativo e resiliente que contribui para a redução da pegada ecológica (WBCSD, 2024).

**As oportunidades da agricultura regenerativa:** a agricultura regenerativa é uma solução holística para enfrentar os desafios climáticos, reverter a perda de biodiversidade e melhorar a saúde do solo. Agricultores com visão de futuro foram pioneiros em adotar práticas regenerativas em suas terras; no entanto, para transformar a agricultura regenerativa em uma solução que gere impactos significativos no meio ambiente e ajude a sociedade a viver dentro dos limites planetários, é urgente criar mecanismos e protocolos para medir e recompensar os resultados tanto no nível da fazenda quanto no nível da cadeia de suprimentos (WBCSD, 2024).

**O forte impulso para a transição para modelos agrícolas resilientes e regenerativos:** o setor privado está se voltando à agricultura regenerativa por vários motivos. Primeiro, porque a resiliência das cadeias de valor depende disso; isto é, a agroindústria é altamente dependente da natureza como prestadora de serviços ecossistêmicos, o que a torna particularmente vulnerável às mudanças climáticas, perda de biodiversidade e escassez de água. Em segundo lugar, as empresas e instituições financeiras que divulgavam seus relatórios de sustentabilidade de maneira

voluntária estão mudando para sistemas de divulgação obrigatórios, que incluem ambiciosas metas de emissões líquidas zero e estratégias positivas para com a natureza. Em terceiro lugar, os investimentos financeiros em agricultura regenerativa estão aumentando em volume e reduzindo o risco da transição para essas práticas. Além disso, ambientes de políticas favoráveis em regiões como a América do Norte e a União Europeia estão criando incentivos para a adoção da agricultura regenerativa, encorajando as empresas a defenderem essa causa (WBCSD, 2024).

**Convergência na medição:** o imperativo da ampliação da escala para acelerar a transição para um modelo de agricultura regenerativa que opera dentro dos limites planetários é essencial para uma arquitetura de medição integrada. As empresas devem abordar e superar os principais desafios, que são: a coleta e o tratamento de dados fragmentados e isolados, a falta de alinhamento na definição e nos resultados, a necessidade de traduzir estruturas globais em planos de ação locais e a falta de inclusão de agricultores, povos indígenas e comunidades locais no processo decisório (WBCSD, 2024).

À medida que a agricultura regenerativa ganha força, a necessidade de estabelecer métodos e protocolos alinhados para mensurar o progresso nos resultados cresce. Isso gerará mais transparência em torno das alegações feitas por empresas para combater o *greenwashing* e desbloquear os investimentos necessários para financiar a transição, já que o mundo está recompensando as empresas pelo progresso realizado. As demandas por maior responsabilização e transparência só continuarão a aumentar; isso é destacado como resultado desejado do PARS, via esse protocolo, com o amplo desenvolvimento e aplicação da Agricultura Regenerativa para a saúde do solo e o manejo da terra (WBCSD, 2024).

### 3. Escopo

Este protocolo visa apresentar contribuições sobre critérios, indicadores, agregação em índices para Avaliação e Metrificação do Nível de Alcance para Agricultura Regenerativa Sustentável em sistemas de produção agrícola no Brasil. Ele cobre uma gama de múltiplas operações agrícolas e pode ser utilizado por diferentes tipos de organizações, incluindo: Unidades de Produção Agrícolas individuais, grupos de fazendas, cooperativas e associações de produtores rurais.

O protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável (PARS) é aplicável a qualquer produtor ou grupo de produtores, bem como a empresas de processamento e comerciais. Especialmente, no caso de grupo de produtores, garantias satisfatórias devem ser fornecidas para as auditorias internas que o grupo aplica aos seus produtores membros, isto é, incluem requisitos específicos para grupo de produtores, a fim de assegurar garantias equivalentes quanto à conformidade dos produtores membros com as garantias relevantes de produtores individuais.

### 4. Objetivo

O objetivo geral deste protocolo é quantificar, qualificar, metrificar de forma multicritério e caracterizar o nível de transição para agricultura regenerativa sustentável, bem como contribuir para a valoração, precificação e pagamentos de serviços socioambientais dos sistemas de produção agrícolas no Brasil.

### 5. Processo de aplicação: metodologia de avaliação

Os procedimentos metodológicos contam com a experiência da equipe deste protocolo em vários trabalhos por quase 30 anos, com enfoque em avaliações da sustentabilidade de

sistemas de produção agrícola. Recentemente, destacam-se os trabalhos de Mangabeira et al. (2021), Lima et al. (2023), Maciel et al. (2024), Romeiro et al. (2025).

Este protocolo analisa o padrão da agricultura regenerativa quanto à sua sustentabilidade por metodologias multicritério, por intermédio de critérios, indicadores e índices agregados.

De modo geral, quando se pensa em avaliação da sustentabilidade como ação para traçar políticas públicas que possam minimizar os problemas de transferência de tecnologias e de inclusão social para gerar emprego e renda, dois processos fundamentais são desconsiderados: os aspectos territoriais e geoespaciais dos impactos dessas ações. Falta uma avaliação multicritério das ações implementadas em determinado território, agregada a um índice que possa indicar o nível de sustentabilidade sob os pontos de vista econômico, ambiental, social, agrônomo e de governança (Mangabeira et al., 2021).

Nesses casos, grande parte das avaliações é realizada de forma convencional, a partir de dados univariados ou unicriteriais, focados somente na eficiência econômica, ou ambiental, ou social. A caracterização de sistemas de produção de forma convencional tem se limitado à escala da propriedade rural, geralmente com análise estatística univariada (pelo tamanho das propriedades agrícolas), sem enfoque sistêmico, sem levar em consideração informações espaciais, tais como localização das propriedades, tipo de solo, relevo, dentre outros, como forma de garantir melhor confiabilidade dos dados coletados, por meio de checagens das informações numéricas com as espaciais (cartográficas) (Mangabeira et al., 2021).

Com o intuito de contribuir para minimizar os problemas gerados pela falta de avaliações multicritério, essa equipe vem desenvolvendo e apoiando projetos de pesquisa neste tema, com o intuito de contribuir para minimizar os problemas gerados pela falta de avaliações multicritério. A importância do uso desse método multicritério decorre do uso de indicadores qualitativos ou de percepção dos usuários sobre uma determinada tecnologia, seja na sua unidade de produção agrícola ou no entorno e território. A transformação dos indicadores de percepção qualitativa em indicadores quantitativos e sua posterior agregação para geração de um índice de sustentabilidade ou de desempenho é o grande mérito da metodologia, diferenciando-a dos outros métodos convencionais meramente quantitativos (Mangabeira et al., 2021).

A fim de tornar mais clara a compreensão dessa avaliação, faz-se necessária uma conceituação dos termos critério, indicador, índice e de suas relações com os desempenhos estabelecidos dentro do traçado como regenerativo sustentável para os sistemas de produção agrícolas, tanto de forma individual (unidade de produção agrícola UPA) como de forma associativa (cooperativas, associações de agricultores, entre outros), dentro de um determinado território.

### **5.1. Critérios para regenerabilidade sustentável**

Critérios são parâmetros utilizados para avaliação e comparação entre diferentes dimensões, mensuráveis de forma qualitativa e quantitativa, utilizadas para selecionar indicadores para fins de avaliação da sustentabilidade.

Assim, para poder avaliar a sustentabilidade, é necessário que essa análise seja baseada em parâmetros com vários critérios, ou multicritério. Segundo Garcia (2017) e Lima (2012), a análise multicritério tem sua origem na análise de decisão, que surgiu da teoria da decisão na década de 1960. Com o crescimento da pesquisa operacional (Operations Research – OR) na década de 1970, pesquisadores matemáticos passaram a usar avançadas técnicas para obter

soluções analíticas, partindo de análise elementar dos problemas complexos e mal estruturados para análise avançada de problemas bem estruturados (Raiffa, 2007). O marco teórico da metodologia multicritério foi o estudo de Keeney e Raiffa (1976) e, posteriormente, o de Roy (1986). Foi a partir do estudo de Keeney e Raiffa (1976) que a análise de decisão incorporou múltiplos critérios e passou a ser chamada de análise multicritério de decisão.

## 5.2. Indicadores de desempenho para geração do índice de sustentabilidade

Para Hammond et al. (1995), o termo indicador origina-se do latim *indicare*, que significa anunciar, tornar público, estimar. Os autores afirmam que os indicadores podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, mas também podem ser entendidos como um recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou fenômeno que não seja imediatamente detectável.

Segundo Adriaanse (1993), os indicadores têm como objetivo simplificar, quantificar, analisar e comunicar e, por meio deles, fenômenos complexos são quantificáveis e tornados compreensíveis para vários segmentos da sociedade. Ou seja, os indicadores têm a função de chamar a atenção, destacar, estimar. Eles devem ser simples e chamar a atenção para o estado de um processo. Para tal, precisam ter duas características básicas: devem quantificar e qualificar a informação; devem simplificar informações sobre fenômenos complexos (Tavares, 2009).

Por um lado, os indicadores devem ser construídos de forma a sintetizar uma grande quantidade de informações em uma única medida que contenha os significados essenciais para as questões levantadas na ocasião do estudo. Assim, o trabalho desenvolvido por este protocolo utiliza as definições sugeridas por Siche et al. (2007) e Garcia (2017), que consideram como “índice” um valor numérico que descreve a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando bases científicas e métodos adequados para o seu cálculo. Eles argumentam que o índice pode auxiliar na tomada de decisão e é considerado um nível superior da junção de um jogo de indicadores ou variáveis. Para esses autores, “indicador” é um parâmetro selecionado que serve para refletir sobre as condições do sistema em análise e pode ser considerado isoladamente ou em combinação com outros, sendo que um indicador é usado como um pré-tratamento para os dados originais.

Para o monitoramento dos diferentes sistemas de produção agrícolas quanto ao nível de regenerabilidade e sustentabilidade, precisamos definir os indicadores para eles. Os indicadores são “estatísticas” ou medições que expressam as condições de qualidade e quantidade dos elementos que queremos avaliar, permitindo perceber mudanças ao longo do tempo e do espaço. Os indicadores são formas simplificadas para se entender um parâmetro mais complexo (Linhares et al., 2024).

Entre as características de um bom indicador estão: (1) ser bem representativo do elemento que se quer avaliar; (2) ser preciso o suficiente para detectar variações espaciais-temporais; (3) ser de fácil medição; e (4) apresentar um baixo custo para a medição (Linhares et al., 2024).

Para a seleção e definição dos melhores indicadores para os diferentes serviços é preciso fazer um levantamento aprofundado do conhecimento existente sobre os sistemas de produção agrícola com potencial para serem regenerativo e sustentável, buscando: (1) entender a capacidade natural dos sistemas de produção em proverem diferentes recursos de conservação e produção agrícola sustentável; (2) identificar as variáveis que melhor expressam a capacidade desses sistemas de produção; (3) avaliar as correlações existentes entre os serviços ofertados de

conservação e produção e as intervenções e manejos realizados no meio rural; (4) avaliar como esses diferentes manejos influenciam no âmbito econômico, social, ambiental e governança.

Para Jannuzzi (2004), os índices são desenvolvidos pela agregação de dois ou mais indicadores simples, referidos a uma mesma ou a diferentes dimensões da realidade. Segundo Shields et al. (2002), um índice representa o estado de um sistema ou fenômeno. Prabhu et al. (1999) afirmam que um índice pode ser desenvolvido para analisar dados por meio da junção de um jogo de elementos a relacionamentos estabelecidos. Ainda, um índice pode ser simplesmente considerado um indicador de alta categoria (Khanna, 2000).

Nesse protocolo, a avaliação e medição dos indicadores serão baseadas em técnicas de “proxies”. Para análise e avaliação da sustentabilidade agrícola ou de prestação de serviços ecossistêmicos e ambientais podem ser realizadas medições de forma direta ou indireta. No entanto, como a medição direta de determinados indicadores costuma ser de elevado custo financeiro e necessidade de mão de obra especializada (a exemplo das análises laboratoriais), é comum recorrer a indicadores indiretos, cuja medição é mais acessível e barata. Esses indicadores indiretos são chamados na literatura especializada de “proxies” e são frequentemente utilizados nos contratos de Pagamentos por Serviços Ambientais – PSA como condição para o pagamento aos provedores. É esperado que os indicadores indiretos estejam relacionados à manutenção ou melhoria da qualidade dos serviços prestados objeto do esquema de PSA. Em outras palavras, admite-se, com base em situações similares, que exista uma relação de causa e efeito entre uma ação qualquer e a melhora na provisão dos serviços prestados (Bontempi et al., 2025).

O presente protocolo utiliza uma metodologia que avalia múltiplos critérios e indicadores por meio de um sistema de agregação (pontuação e ponderação) para as Unidades de Produção Agrícola (UPAs). Os valores obtidos para cada indicador foram transformados em escala decimal positiva, para que os indicadores pudessem ser somados e ponderados. Posteriormente, foram agregados em valores globais do nível de desempenho de indicadores e índice agregado de desempenho para cada UPA avaliada. Essa etapa foi baseada e adaptada do trabalho de Tavares (2004).

O protocolo resulta em níveis de conformidade em Agricultura Regenerativa baseado em um sistema de numeração decimal (escala de 0 a 10), pressupondo níveis de transição para a agricultura regenerativa sustentável, como segue:

- **Não Conformidade para agricultura regenerativa:** valores compreendidos entre 0,0 e 2,0;
- **Nível Baixo de Conformidade para agricultura regenerativa:** valores compreendidos entre 2,1 e menor do que 4,0;
- **Nível Médio de Conformidade para agricultura regenerativa:** valores compreendidos entre 4,1 e menor que 6,0 (início da transição de conformidade);
- **Nível Avançado de transição para agricultura regenerativa:** valores compreendidos entre 6,1 e menor que 8,0;
- **Nível Especialista em agricultura regenerativa sustentável:** valores compreendidos entre 8,1 e 10,0 (plena consolidação da conformidade).

Isso pressupõe que as unidades de produção agrícolas ou propriedades rurais, de forma individual ou coletiva (em cooperativas ou associações), estando no nível especialista (8,1 a 10),



serão consideradas Sistemas de Produção Regenerativos Sustentáveis, com emissão líquida zero ou com remoção positiva de carbono (CO<sub>2</sub>).

A fim de facilitar a participação dos agricultores no processo de avaliação, foram escolhidos parâmetros simplificados, passíveis de detecção e qualificação, baseados em sua percepção. A descrição de alguns parâmetros desses indicadores, de acordo com cada critério, é apresentada a seguir.

### **5.3. Critérios de elegibilidade**

Os critérios listados abaixo são pré-requisitos para usuários deste Protocolo. O nível mínimo avançado de conformidade é obrigatório para adequação ao protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável (PARS). São avaliados os seguintes critérios:

1. Ambiental
2. Socioeconômico
3. Governança
4. Agropecuário
5. Biodiversidade
6. Cultural

Todos os indicadores de desempenho apresentados foram baseados nos princípios que norteiam as diretrizes do SAI Platform (Setembro, 2023), WBCSD (Janeiro, 2024), Padrão ProTerra (Fevereiro, 2025) com adaptações de Mangabeira et al. (2021), Lima et al. (2023) e Romeiro et al. (2025).

#### **5.3.1 Critério ambiental**

Neste primeiro momento, a questão da baixa emissão de carbono (CO<sub>2</sub>) nos sistemas de produção foi baseada nos estoques de carbono preconizados e já pesquisados com dados secundários no Brasil. Assim, partiu-se do pressuposto, sob o ponto de vista do balanço de carbono, que os sistemas de produção que podem atender esses requisitos para a sustentabilidade da agricultura regenerativa são as unidades de produção agrícola biodiversas: como os sistemas de produção com Integração Lavoura-Pecuária e Floresta (ILPF), e/ou com sistemas agroflorestais e/ou silvipastoris. O reforço da escolha desse indicador decorre da comparação que pode ser feita quanto à quantificação do carbono acumulado comparando-se os sistemas biodiversos, com a pecuária e os sistemas de monocultivo anual. Os sistemas de monocultivos anuais, como soja ou milho, produzidos com muito uso de energia externa (energia fóssil) e insumos sintéticos, geralmente apresentam balanço de acumulação de carbono em nível muito baixo (Mangabeira et al., 2021).

A título de exemplificação, considerando os dados secundários da cultura anual de soja brasileira via ProTerra, em média, a soja brasileira emite o equivalente a 0,539 T/CO<sub>2</sub>eq/tonelada. Os produtos de soja brasileiros certificados ProTerra (farelo e óleo de soja) apresentam uma pegada de carbono menor quando comparados às alternativas europeias, principalmente devido às menores emissões associadas ao cultivo (ProTerra, 2024). Ou seja, é possível que as unidades de produção agrícola que produzem em sistema de monocultivo de grãos ou de pecuária diminuam (ou neutralizem) sua pegada de carbono, por meio da inclusão de Sistemas Agroflorestais (SAFs).

Pesquisas de Bolfe (2010) com SAFs diversificados na Amazônia estimam a biomassa aérea de estoque de carbono positivo em 47,93 t/CO<sub>2</sub>/ha. Os SAFs estudados por Bolfe (2010) demonstraram ser importantes acumuladores de carbono, com potencial para contribuir para o processo de sequestro do CO<sub>2</sub>. Já Torres et al. (2014) mensuraram o estoque de carbono com valores entre 126 e 137 t/CO<sub>2</sub>/ha em SAFs em Tomé-Açú, no estado do Pará. Já Fernandes (2006), abordando o papel da Agrofloresta para a produção e sustentabilidade das paisagens diante das mudanças globais do clima, destacou que dois sistemas agroflorestais de nove anos na região de Manaus (AM) registraram fluxos de biomassa de 7,4 t/ha/ano e 9,1 t/ha/ano, conforme as espécies utilizadas, totalizando, no período, 34,3 t e 41,7 t de CO<sub>2</sub> em cada um deles. Para o estoque de carbono no solo, Cerri et al. (2006) apresentaram o valor de 120 t/CO<sub>2</sub>/ha de carbono no solo e 33 t/CO<sub>2</sub>/ha de biomassa aérea, para um SAF na Amazônia Central.

Porém, se as unidades de produção agrícolas possuem SAFs de cacau em sua área, elas podem também reduzir ou zerar suas pegadas de carbono, ou até mesmo tornar positivo o seu sequestro. Segundo Zugaib et al. (2017), 1 hectare de cacaueteiro tem 115 toneladas de biomassa, equivalentes a 57 toneladas de carbono que podem ser estocadas (sequestradas). Para Beer et al. (1994), uma plantação diversificada de cacaueteiro é capaz de retirar do ambiente cerca de 5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de carbono. Estima-se que cada hectare de cacau orgânico permite compensar cerca de 2,7 ha de pecuária extensiva para alcançar um balanço de emissões de GEE neutro. Essa proporção sobe para quase 4 ha com a pecuária praticada em sistema silvipastoril. Adicionalmente, a biomassa da parte aérea dos cacaueteiros sombreados promoveu um sequestro estimado de 11,9 t/CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o sistema convencional; e de 16,3 t/CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o sistema orgânico (Costa Junior et al., 2019).

As emissões de GEE estimadas para a produção pecuária variaram entre 3,1 e 23,2 t/CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, apresentando uma média de 7,1 e 6,8 t/CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para as áreas com sistema de produção extensiva. A implementação do sistema silvipastoril em apenas 10% da área de pastagem, antes manejada sob o sistema intensivo, permitiu frear a degradação do solo da área total e foi capaz de remover 1,58 t/CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> através do solo e da biomassa aérea das árvores, equivalente a 24% das emissões totais do sistema. Com isso, o balanço de emissões de GEE foi de 5,24 t/CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> nas propriedades que adotaram esse sistema, enquanto no sistema extensivo foi de 7,14 t/CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Obviamente, a implantação de sistemas silvipastoril em toda a área de pastagem, com sistemas regenerativos, pode neutralizar as emissões de carbono (Costa Junior et al., 2019).

A literatura também mostra que, para Unidades de Produção Agrícola com Sistemas Agroflorestais com café, o estoque e o incremento de carbono por hectare/ano de remoção podem ser positivos, entre 8 e 5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Torres, 2015). Pesquisas da Embrapa realizadas por Marcolan e Espidula (2015) com café em Sistemas Agroflorestais detectaram valores médios do carbono acima do solo em 46 t/ha, com taxa média de acumulação de 5,8 t/ha/ano de CO<sub>2</sub>.

Para propriedades com sistemas de produção de erva mate em SAFs ou dentro de matas, estudos da Embrapa avaliaram que o estoque de carbono na biomassa variou de 40 t/CO<sub>2</sub>/ha a 95 t/CO<sub>2</sub>/ha, avaliado em 20 anos. O maior estoque foi observado onde a produção de erva-mate é combinada à Floresta Ombrófila Mista pelo adensamento, com uma média anual de remoção de carbono entre 2 e 4,75 t/CO<sub>2</sub>/ha (Rachwal et al., 2023).

No Brasil existe ainda outra grande fonte de remoção de carbono dentro das unidades de produção agrícolas – as áreas de Reserva Legal (RL) e Áreas de Proteção Prementes (APP), desde que estejam em bom estado de conservação.

O Código Florestal Brasileiro (CFB) apresenta duas áreas de valor ambiental: Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL). A APP consiste em uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Vieira, 2019). A RL consiste na área localizada no interior de um imóvel rural, com função de assegurar o uso econômico sustentável dos recursos naturais, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção da fauna silvestre e da flora nativa (Vieira, 2019). Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de RL, sem prejuízo das aplicações das normas sobre as APPs, observados os percentuais mínimos em relação à área do imóvel.

Esse indicador de alcance para remoção de carbono ( $\text{CO}_2$ ) pode ser alcançado pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR), que é um instrumento adotado para a preservação e restauração das áreas de Reserva Legal, e constitui o registro público eletrônico que integra informações ambientais das propriedades e posses rurais, sendo a principal base de dados para controle, monitoramento e combate ao desmatamento no País (Brasil, 2023).

Em propriedades ou unidades de produção agrícolas com o Cadastro Ambiental Rural (CAR) legalizado e em bom estado de conservação e manutenção, o indicador de alcance de remoção de carbono pode ser auferido por pesquisas realizadas pela Embrapa, e são assim distribuídos nos biomas brasileiros (Mangabeira et al., 2011; Mangabeira et al., 2020; Medeiros e Young, 2011; Fidalgo et al., 2007):

- Em RL nas unidades de produção agrícolas na região Amazônica, o potencial de carbono estocado na parte aérea é em média de  $118 \text{ t/CO}_2/\text{ha}$ ; no solo, o estoque médio de  $34,7 \text{ t/CO}_2/\text{ha}$ , tendo um fluxo médio anual conservador para um período de 30 anos, de  $5,1 \text{ t/CO}_2/\text{ha}$ .
- Em RL nas unidades de produção agrícolas na Mata Atlântica, o estoque na parte aérea é em média de  $80 \text{ t/CO}_2/\text{ha}$ ; no solo, o estoque médio é de  $52,9 \text{ t/CO}_2/\text{ha}$ , apresentando um fluxo médio anual conservador para um período de 30 anos, de  $4,4 \text{ t/CO}_2/\text{ha}$ .
- Em RL nas unidades de produção agrícolas nos biomas Cerrado e Caatinga, o estoque na parte aérea é em média de  $55 \text{ t/CO}_2/\text{ha}$ ; no solo, o estoque médio é de  $41,5 \text{ t/CO}_2/\text{ha}$ , tendo um fluxo médio anual conservador para um período de 30 anos, de  $3,2 \text{ t/CO}_2/\text{ha}$ .

Outra consideração importante do ponto de vista ambiental é se a Unidade de Produção Agrícola está livre de desmatamento pela legislação ambiental brasileira e internacional. No caso da legislação brasileira, o Código Florestal Brasileiro (CFB), Lei n. 12.651/2012 define as regras para a proteção da vegetação nativa, incluindo a manutenção de Reserva Legal em propriedades rurais. No entanto, essas regras de transição para desmatamentos consideram somente o período anterior a 22 de julho de 2008. Já a lei europeia contra o desmatamento, o Regulamento da União Europeia para Produtos Livres de Desmatamento (EUDR), visa impedir a importação para a União Europeia de produtos que resultem de desmatamento ocorrido a partir de 31 de dezembro de 2020.

Também foi levada em consideração, no critério ambiental, de acordo com Lima et al. (2023), a destinação correta de lixo doméstico e resíduos agrícolas.

Assim, a métrica para determinar a conformidade quanto ao nível de regenerabilidade e sustentabilidade do critério ambiental dos sistemas de produção está delineada no Quadro 1.

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

Quadro 1

Métrica para determinar a conformidade do critério ambiental da agricultura regenerativa sustentável

| Indicadores                                                                              | Descrição/Perguntas                                                                                                                            | Métrica 1                              | Métrica 2                                       | Métrica 3                                | Métrica 4                                                    | Métrica 5                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                          |                                                                                                                                                | NÍVEL MUITO BAIXO                      | NÍVEL BAIXO                                     | NÍVEL MÉDIO                              | NÍVEL ALTO<br>(já em transição regenerativo e agroecológico) | NÍVEL MUITO ALTO<br>(Regenerativo e agroecológico)                    |
|                                                                                          |                                                                                                                                                | Nota 1<br>Valor: -10                   | Nota 2<br>Valor: -5                             | Nota 3<br>Valor: 0                       | Nota 4<br>Valor: +5                                          | Nota 5<br>Valor: +10                                                  |
| Cumprimento da legislação ambiental da Unidade de Produção                               | Tem Cadastro Ambiental Rural (CAR)? Obs.: Para quem tem chácaras ou propriedades menores que 4 módulos fiscais, marcar a opção “Tenho o CAR”.  | Não tenho o CAR                        | Pretendo fazer o CAR                            | Processo do CAR está em elaboração       | Processo na fase final de homologação                        | CAR definitivo e homologado                                           |
|                                                                                          | Caso tenha Reserva Legal e APP, como ela se encontra?                                                                                          | Não tenho                              | Tenho RL e APP em péssimo estado de conservação | Pretendo recuperar a RL e APP            | RL e APP em estado razoável de conservação                   | RL e APP em bom estado de conservação                                 |
|                                                                                          | Fez desmatamentos na unidade de produção depois de 22 de julho de 2008 e depois de 31 de dezembro de 2020?                                     | Sim e não pretende recompor            | Sim, mas pretende recompor                      | Sim, mas está tentando regularizar       | Sim, mas está recompondo                                     | Não teve desmatamentos / propriedade livre de desmatamento            |
| Disponibilidade de água para o consumo humano e produção agrícola                        | Na sua propriedade, existe água de qualidade para beber?                                                                                       | Não tem água para beber na propriedade | Tem água em péssimo estado                      | Tem água em razoável estado              | Tem água em bom estado                                       | Água de excelente qualidade                                           |
|                                                                                          | Na sua propriedade, há água suficiente para produção agrícola? Considere também para o consumo animal.                                         | Não é suficiente                       | Tem pouca água para produção agrícola           | Tem razoável água para produção agrícola | Tem suficiente água para produção                            | Tem excesso de água para produção agrícola                            |
| Destinação dos resíduos sólidos (domésticos, embalagens de agrotóxicos, efluentes, etc.) | Como é o destino do esgoto doméstico?                                                                                                          | Não tem tratamento                     | Pretende Implantar                              | Fossa negra                              | Fossa séptica                                                | Rede de esgoto / Tratamento local                                     |
|                                                                                          | b) Separa o lixo reciclável do lixo não reciclável? Obs.: Exemplo: separação de lixo como restos de comida (orgânico) e plástico (reciclável). | Não separa                             | Separa muito pouco                              | Separa parcialmente                      | Separa os recicláveis                                        | Separa os recicláveis e dá destino certo e orgânico para compostagens |

|  |                                                                                                                                       |                                                                                    |                         |                                                                                           |                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Qual o destino do lixo reciclável?                                                                                                    | Enterro o lixo                                                                     | Queimo e enterro o lixo | Despejo fora da propriedade                                                               | Levo até a cidade embalagens vazias de agrotóxicos para devolução nas vendas                                                                                   | O serviço público de coleta leva e dá destino certo                                                                                                                                           |
|  | Faz compostagem com o lixo orgânico da casa, ou com restos de resíduos orgânicos dos sistemas de produção?                            | Não faço                                                                           | Não sei fazer           | Pretendo fazer compostagem, pois o lixo orgânico é utilizado para alimentação dos animais | Faço e sei fazer em pequena escala                                                                                                                             | Tem produção de biofertilizantes o suficiente para o sistema de produção                                                                                                                      |
|  | Como é feito o manejo do esgoto doméstico da cozinha, pias, chuveiro da propriedade?                                                  | Não tem tratamento, lança direto no solo/sumidouro ou no corpo hídrico ou na fossa | Pretendo fazer          | Em planejamento para fazer                                                                | Faço o tratamento na minha propriedade sem impermeabilização do solo (bacia de evapotranspiração, biodigestor, etc.) mas não faço limpeza e controle periódico | Faço o tratamento na minha propriedade com impermeabilização do solo (bacia de evapotranspiração, biodigestor, etc.) e faço a limpeza frequente das fossas ou lanço na rede pública de esgoto |
|  | Como é feito o manejo dos efluentes do processo produtivo (lavagem de maquinário e agroindústria)?                                    | Não tem tratamento, lança direto no solo/sumidouro ou no corpo hídrico ou na fossa | Pretendo fazer          | Em planejamento para fazer                                                                | Faço o tratamento na minha propriedade sem impermeabilização do solo (bacia de evapotranspiração, biodigestor, etc.) e sem separação de óleos e graxas         | Existe uma caixa separadora de decantação na propriedade e o esgoto com manutenção e destinação adequada                                                                                      |
|  | Como é realizada a gestão de resíduos perigosos e materiais poluentes (ácido, combustível, embalagem de agrotóxicos, solvente, etc.)? | Não possuo gestão sobre esses materiais                                            | Pretendo fazer          | Em planejamento para fazer                                                                | A destinação é realizada juntamente com os demais resíduos e colocada fora da propriedade, sem destinação correta                                              | Há uma gestão e armazenamento adequado destes resíduos e quando necessário realizo a destinação correta com registro                                                                          |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|                                                                                              |                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                                              |                                                                   |                                                                                |                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                              | É realizada a lavagem ou utilizada água na pós-colheita?                                                                           | É utilizado água e o descarte é inapropriado (água contaminada com agrotóxicos ou químicos descartada de forma inadequada) | Pretende não fazer o uso da água contaminada | Ainda usa, mas começa a fazer o tratamento da água                | Utilizo reuso de forma adequada, depois de tratada.                            | Utilizo água, pois o processo de manejo da cultura é agroecológico, não há químicos, assim faço reuso dessa água |
| Proteção dos sistemas de cultivo ou pastagem com espécies exóticas ou nativas –quebra-ventos | Os plantios e pastagens estão protegidos com faixas de vegetação nativa ou barreiras/quebra-ventos ao redor com espécies exóticas? | Não estão protegidos                                                                                                       | Estão pouco protegidos                       | Estão em processo para proteção                                   | Estão parcialmente protegidos                                                  | Estão bem protegidos                                                                                             |
| Capacidade de sequestro de Carbono pela Unidade de Produção Agrícola                         | Tem sistemas agroflorestais agroecológicos na Unidade de Produção Agrícola?                                                        | Não Tem                                                                                                                    | Pretende implantar                           | Tem pouca área,                                                   | Tem em aproximadamente em metade da área de cultivo da propriedade             | Tem em mais da metade da área cultivada da propriedade                                                           |
|                                                                                              | Utiliza cálculos reconhecidos internacionalmente, pode calcular e monitorar a pegada de carbono de seus produtos?                  | Não faz                                                                                                                    | Pretende utilizar                            | Em entendimento para utilização e entrar na norma de certificação | Em utilização e adequando para entrar na norma de certificação                 | Utiliza totalmente e mantém dentro da norma de certificação GHG Protocol e ISO 14064                             |
| Energia                                                                                      | Qual a fonte de energia elétrica para o consumo, irrigação e processo produtivo?                                                   | Gerador a combustão (diesel, gasolina, gás GLP, lenha)                                                                     | Pretende utilizar energia alternativas       | Em entendimento para utilização de energia alternativa            | Concessionária de energia e/ou combustão com biogás/etanol                     | Solar, eólica ou Pequena central hidrelétrica                                                                    |
|                                                                                              | Como é realizada a gestão do consumo de energia na propriedade? (redução do consumo e aumento de fontes renováveis)                | Utilizo fontes de energia da rede e não pretendo mudar                                                                     | Pretende utilizar energia alternativas       | Em entendimento para utilização de energia alternativa            | Utilizo energia da rede e possuo equipamentos com melhor eficiência energética | Utilizo equipamentos com maior eficiência energética e formas de energia alternativas (excluindo combustão)      |

### **5.3.2 Critério socioeconômico**

A coleta de dados socioeconômicos costuma ser difícil e custosa. A privacidade dos dados e interesses comerciais podem limitar a coleta de informações, principalmente em relação à renda líquida do agricultor em nível agregado. Além disso, a especificidade do contexto desempenha um papel significativo. Algumas métricas são particularmente relevantes em certos contextos, mas não em outros. Portanto, pode ser desafiador definir métricas universais para avaliar os resultados socioeconômicos da Agricultura Regenerativa (AR).

A coleta e os relatórios padronizados de dados socioeconômicos exigem o apoio de múltiplas partes interessadas para acelerar a transição para a agricultura regenerativa.

Segundo a literatura econômico-ecológica, a agricultura regenerativa pode levar ao aumento da renda dos agricultores, melhorando a produtividade e reduzindo os custos dos insumos. Como essas práticas frequentemente envolvem uma melhor gestão dos recursos naturais, é possível reduzir a dependência de insumos estrangeiros com preços elevados, como fertilizantes e pesticidas. A melhoria da saúde do solo pode levar a rendimentos agrícolas mais altos e estáveis ao longo do tempo, reduzindo o impacto de choques climáticos e ambientais. Além disso, a agricultura regenerativa pode abrir novas oportunidades de renda para os agricultores, como por exemplo, através da venda de safras adicionais ou da renda proveniente de serviços ecossistêmicos, como créditos de carbono ou de serviços socioambientais (ESG), ampliando a renda e a resiliência da agricultura. Isso pode, por sua vez, resultar em aumento da remuneração dos trabalhadores rurais (WBCSD, 2024).

Os indicadores de desempenho do critério socioeconômico serão determinados separadamente em indicadores sociais e econômicos.

#### **5.3.2.1 Indicadores de desempenho determinados no critério social**

Nas unidades de produção agrícola, a priorização do indicador de desempenho social deve ser entendida como: relações e condições de trabalho, condições de moradia, acesso à saúde e saneamento, segurança do trabalho, capacitação e educação, acesso e interação com a comunidade e sucessão familiar.

Um indicador social importante, que representa um grande desafio para a manutenção e perenidade dos sistemas de produção, é a sucessão gerencial do empreendimento rural, ou seja, da continuidade das atividades produtivas pelos filhos e/ou netos do gestor da propriedade rural. A falta de oportunidades no campo provoca evasão, principalmente por parte dos jovens, que partem para as cidades em busca de novas perspectivas de vida e trabalho (Mangabeira et al., 2011).

Para Matte et al. (2010), a saída dos filhos dos agricultores é devida a vários problemas do meio rural, com destaque para a busca por educação de qualidade, em muitos casos inexistente no âmbito rural. Como consequência, a migração dos filhos dos produtores rurais para as cidades deixa os agricultores familiares em situação difícil, uma vez que acentua as dificuldades de reprodução social, ou seja, a falta de perspectiva dos jovens para permanecer na agricultura ocasiona a falta de sucessores para assumir a gestão da propriedade no lugar dos pais e dar continuidade aos estabelecimentos. Como consequência, os agricultores acabam tendo

dificuldades em proceder à transmissão do patrimônio, pois os filhos já deixaram a propriedade. Essa situação impõe aos pais preocupação sobre o destino do estabelecimento familiar (Matte et al., 2010).

#### **5.3.2.2 Indicadores de desempenho determinados no critério econômico**

*A priori*, existe uma grande dificuldade para definir indicadores econômicos de forma simplificada para levantamento de campo. Isso ocorre, pois a maioria dos agricultores não faz registro contábil, controle ou anotações das informações financeiras. O sistema de controle ou registro de informações é, na maior parte das vezes, informal. As informações relativas à unidade de produção resultam da vivência cotidiana e da observação direta, isto é, as informações estão na memória do agricultor e dos demais membros da família (Lima et al., 2005).

Assim, para expressar o desempenho econômico da unidade de produção agrícola, é necessário levantar informações quanto ao seu nível ou grau de existência por meio de alguns indicadores simplificados, principalmente considerando se a unidade de produção prioriza a renda monetária para o mercado ou a renda não monetária de autoconsumo. O nível de endividamento, os fluxos de caixa, o grau de desgaste ou depreciação do imóvel rural e dos bens móveis (maquinário) e a participação da renda extra-agrícola na composição da renda da unidade familiar são também prioritários para uma aproximação das condições de desempenho econômico dos sistemas de produção agrícola (Mangabeira et al., 2011).

Nas unidades de produção agrícola, a hierarquização (pontuação e ponderação) do indicador de desempenho econômico deve ser entendida como: renda da venda de produtos advindos da unidade de produção; balanço financeiro da unidade de produção agrícola; situação do imóvel rural e dos bens móveis – maquinário (depreciação); renda extra-agrícola.

Assim, a métrica para determinar a conformidade quanto ao nível de regenerabilidade e sustentabilidade do critério socioeconômico dos sistemas de produção está delineada no Quadro 2.



Quadro 2  
Métrica para determinar a conformidade do critério socioeconômico da agricultura regenerativa sustentável

| Indicadores           | Descrição/Perguntas                                                                                            | Métrica 1            | Métrica 2                                                              | Métrica 3                                                                     | Métrica 4                                                                       | Métrica 5                                                      |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                       |                                                                                                                | NÍVEL MUITO BAIXO    | NÍVEL BAIXO                                                            | NÍVEL MÉDIO                                                                   | NÍVEL ALTO<br>(já em transição regenerativo e agroecológico)                    | NÍVEL MUITO ALTO<br>(Regenerativo e agroecológico)             |
|                       |                                                                                                                | Nota 1<br>Valor: -10 | Nota 2<br>Valor: -5                                                    | Nota 3<br>Valor: 0                                                            | Nota 4<br>Valor: +5                                                             | Nota 5<br>Valor: +10                                           |
| Relação de trabalho   | Existe algum instrumento formal/legal que estabeleça a relação de trabalho como meeiro/arrendatário?           | Não tem              | Pretende ter                                                           | Tem o contrato, mas não está vigor ou não é cumprido                          | Tem o contrato, está vigor ou não é parcialmente cumprido                       | Tem contrato, está em vigor, é cumprido e está em conformidade |
|                       | Existe algum instrumento formal/legal que estabeleça a relação de trabalho como prestador de serviço?          | Não tem              | Pretende ter                                                           | Tem o contrato, mas não está vigor ou não é cumprido                          | Tem contrato, mas não é corresponsável                                          | Tem contrato e é corresponsável                                |
|                       | Existe algum instrumento formal/legal que estabeleça a relação como voluntário?                                | Não tem              | Pretende ter                                                           | Tem, mas está em inconformidade com legislação do voluntariado                | Tem, mas está em processo de legalização com legislação do voluntariado         | Tem contrato com autorresponsabilidade                         |
|                       | Existe algum instrumento formal/legal que estabeleça a relação de trabalho como funcionário fixo e temporário? | Não tem              | Pretende ter                                                           | Tem, mas está em inconformidade com legislação o                              | Tem, mas está em processo de legalização com legislação                         | Tem e está tudo legalizado                                     |
| Condições de trabalho | Há ferramentas / equipamentos / máquinas / implementos adequados para a realização do trabalho?                | Não tem              | Tem pouco os equipamentos ou não estão em condições adequadas para uso | Tem parcialmente os equipamentos ou não estão em condições adequadas para uso | Tem quase todos os equipamentos estão em razoáveis condições adequadas para uso | Tem todos os equipamentos e em bom estado de conservação       |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|                      |                                                                                                                                                                         |                |                                                                                                                                |                                                                                                                            |                                                                                                                                |                                                                                               |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | Há espaço e estrutura adequados para refeições?                                                                                                                         | Não há         | Tem, porém em más condições                                                                                                    | Tem e está em razoáveis condições                                                                                          | Tem e está em boas condições                                                                                                   | Tem e está em excelentes condições                                                            |
|                      | Há espaço e estrutura adequados para descanso?                                                                                                                          | Não há         | Tem, porém em más condições                                                                                                    | Tem e está em razoáveis condições                                                                                          | Tem e está em boas condições                                                                                                   | Tem e está em excelentes condições                                                            |
|                      | Existem ações para identificar, eliminar e prevenir o trabalho forçado, discriminação, violência e assédio ou más condições de trabalho de um modo geral?               | Não tem        | Existe um canal de comunicação e denuncia, porém não há registro de tomada de ação e/ou não garante o anonimato do denunciante | Existe um canal de comunicação e denuncia, porém há registro de tomada de ação, mas não garante o anonimato do denunciante | Existe um canal de comunicação e denuncia, porém há registro parcial de tomada de ação, mas garante o anonimato do denunciante | Existe um canal de comunicação que garante o anonimato e há tomadas de ação quando necessário |
|                      | Trabalhadoras grávidas, lactantes ou que recentemente deram à luz são colocadas para realizar atividades para reduzir o risco à saúde da mulher, do feto ou da criança? | Não            | São realocadas, porém apenas em pouco momentos adequados, quando muito necessário                                              | São realocadas, porém apenas em momento parcial, quando necessário                                                         | São realocadas, porém em momentos adequados                                                                                    | São alocadas em período integral                                                              |
|                      | Os agroquímicos e substâncias perigosas são armazenados em local adequado, separadamente?                                                                               | Não            | São armazenados separadamente em locais com péssimas condições                                                                 | São armazenados separadamente em locais com razoável condição                                                              | São armazenados separadamente em locais com boa condição                                                                       | Sim, são armazenados separadamente e em excelentes condições adequadas                        |
| Condições de moradia | A estrutura das moradias dos trabalhadores (que moram na propriedade) é adequada?                                                                                       | Não tem        | Não estão adequadas e em conformidade com a NR31                                                                               | Estão poucas adequadas e em conformidade com a NR31                                                                        | Estão em razoáveis condições e em conformidade com a NR31                                                                      | Tem e estão em boas condições, em conformidade com a NR 31                                    |
|                      | A estrutura dos alojamentos é adequada?                                                                                                                                 | Não tem        | Não estão adequadas e em conformidade com a NR31                                                                               | Estão poucas adequadas e em conformidade com a NR31                                                                        | Estão em razoáveis condições e em conformidade com a NR31                                                                      | Tem e estão em boas condições, em conformidade com a NR 31                                    |
| Acesso a saúde       | Os trabalhadores têm acesso ao serviço de saúde?                                                                                                                        | Não tem acesso | Tem apenas acesso ao SUS                                                                                                       | Tem acesso ao SUS e Plano de Saúde com Coparticipação Básico                                                               | Tem acesso ao SUS e Plano de Saúde com Coparticipação intermediária                                                            | Tem acesso ao SUS e Plano de Saúde Integral                                                   |

|                        |                                                                                                                           |                |                                                                                                                           |                                                                                                                              |                                                                                                                            |                                                                                                                            |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Segurança do trabalho  | Todos os trabalhadores têm acesso e são treinados a utilizar os EPI de acordo com suas atividades?                        | Não tem acesso | Tem acesso a EPI, mas não de acordo com PGRTR (NR 31) e/ou não receberam treinamento                                      | Tem acesso a EPI, de acordo com PGRTR (NR 31) e receberam pouco treinamento                                                  | Tem acesso a EPI, de acordo com PGRTR (NR 31) e receberam razoável treinamento                                             | Tem acesso aos EPI e estão adequados para as atividades desenvolvidas, de acordo com PGRTR (NR 31) e receberam treinamento |
|                        | Há monitoramento do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI)?                                                     | Não            | Pouco                                                                                                                     | Razoável                                                                                                                     | Bom                                                                                                                        | Excelente                                                                                                                  |
|                        | Existe área para banho aos trabalhadores que trabalham diretamente com o uso de agroquímicos e substâncias perigosas?     | Não            | Sim, porém em quantidade e/ou condição inadequada                                                                         | Sim, porém em quantidade e/ou condição razoável                                                                              | Sim, porém em quantidade e/ou boas condições                                                                               | Sim, e em quantidade adequada e excelente condição (1 para cada 10 funcionários)                                           |
| Capacitação e Educação | Considerando que há famílias que moram dentro da propriedade, as pessoas em idade escolar frequentam o sistema de ensino? | Não frequentam | Frequentam, mas com muitas dificuldades de acesso (logística, material, etc.)                                             | Frequentam, mas com razoável dificuldade de acesso (logística, material, etc.)                                               | Frequentam, sem dificuldades de acesso (logística, material, etc.)                                                         | Frequentam e recebem excelente incentivo e apoio dos empregadores                                                          |
|                        | Existe algum tipo de apoio para que os funcionários acessem a educação formal (regular e EJA)?                            | Não existe     | Sim, mas não há incentivo como auxílio financeiro e/ou flexibilização de horário e/ou apoio no transporte, dentre outros. | Sim, mas não há incentivo como auxílio financeiro nem flexibilização de horário, mas com apoio no transporte, dentre outros. | Sim, mas não há incentivo como auxílio financeiro, mas com flexibilização de horário e apoio no transporte, dentre outros. | Sim, com incentivo financeiro e/ou flexibilização de horário e/ou apoio no transporte, dentre outros                       |
|                        | Existem ações de capacitação/treinamento aos trabalhadores sobre saúde, bem-estar, higiene?                               | Não existe     | Existe, porém apenas em algumas áreas e/ou não são documentados                                                           | Existe, porém apenas em algumas áreas e/são parcialmente documentados                                                        | Existe, porém apenas em algumas áreas e/são documentados                                                                   | Existe, para todas as áreas e está documentado                                                                             |
|                        | Existem ações de capacitação/treinamento aos                                                                              | Não existe     | Existe, porém apenas para algumas                                                                                         | Existe, porém apenas para algumas atividades e/ e são                                                                        | Existe, porém apenas em algumas                                                                                            | Existe, para todas as funções e está documentado                                                                           |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|                                     |                                                                                                          |                                                                      |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     | trabalhadores sobre as atividades e o manuseio de cada equipamento?                                      |                                                                      | atividades e/ou não são documentados                                                                                                                                                                   | parcialmente documentados                                                                                                                                                                                  | atividades e/são documentados                                                                                                                                                                         |                                                                                                  |
|                                     | Há alguma ação e/ou investimento em cultura (sem considerar os patrocínios com finalidade publicitária)? | Não há investimento                                                  | Há investimento, porém não documentado e contabilizado                                                                                                                                                 | Há investimento, porém documentado, e não contabilizado                                                                                                                                                    | Há investimento, porém documentado, parcialmente contabilizado                                                                                                                                        | Tem investimento e é documentado e contabilizado                                                 |
|                                     | Há alguma ação e/ou investimento em esporte (sem considerar os patrocínios com finalidade publicitária)? | Não há investimento                                                  | Há investimento, porém não documentado e contabilizado                                                                                                                                                 | Há investimento, porém documentado, e não contabilizado                                                                                                                                                    | Há investimento, porém documentado, parcialmente contabilizado                                                                                                                                        | Tem investimento e é documentado e contabilizado                                                 |
|                                     | Há alguma ação e/ou investimento em lazer (sem considerar os patrocínios com finalidade publicitária)?   | Não há investimento                                                  | Há investimento, porém não documentado e contabilizado                                                                                                                                                 | Há investimento, porém documentado, e não contabilizado                                                                                                                                                    | Há investimento, porém documentado, parcialmente contabilizado                                                                                                                                        | Tem investimento e é documentado e contabilizado                                                 |
| Sucessão Familiar                   | Você acha que os(as) filhos(as) possuem interesse em continuar na propriedade um dia?                    | Não tenho filhos                                                     | Tenho filhos(as), mas não tenho certeza se eles gostariam de continuar na propriedade um dia                                                                                                           | Tenho filhos(as), mas estão em dúvidas de continuar na propriedade um dia                                                                                                                                  | Tenho filhos(as), mas estão se preparando ainda para assumir e ficar na propriedade.                                                                                                                  | Sim, eles têm interesse e estão preparados para assumir a propriedade                            |
|                                     | Tem acesso à rede de internet?                                                                           | Não                                                                  | Temos, mas o sinal é ruim                                                                                                                                                                              | Temos, mas o sinal é razoável e lento                                                                                                                                                                      | Temos o sinal é bom, mas é lento                                                                                                                                                                      | Temos e o sinal é bom e de boa velocidade.                                                       |
| Acesso e interação com a comunidade | Como avalia a qualidade da estrada de acesso à sua comunidade?                                           | A estrada é sempre ruim, com péssima condução a cidade e comunidades | A estrada é ruim, dependendo da época do ano e manutenção, ou mesmo em épocas ruins o empregador disponibiliza condução periodicamente aos funcionários para levá-los a cidade/comunidade mais próxima | A estrada é razoável, dependendo da época do ano e manutenção, ou mesmo em épocas ruins o empregador disponibiliza condução periodicamente aos funcionários para levá-los a cidade/comunidade mais próxima | A estrada é boa, dependendo da época do ano e manutenção, ou mesmo em épocas ruins o empregador disponibiliza condução periodicamente aos funcionários para levá-los a cidade/comunidade mais próxima | A estrada é sempre boa, sem dificuldades de acesso a cidade e comunidades em toda a época do ano |

|                                                                                               |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                           |                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                               | Os trabalhadores são livres para fundar, pertencer e ser representados por uma organização, sindicato, associação, cooperativa ou similar? | Não, prefiro que meus funcionários não se envolvam com essas questões                                                                                                                                           | Sim, mas não me envolvo muito nessa questão                                                                                                                                                 | Sim, mas me envolvo pouco nessa questão                                                                                                                                                  | Sim, mas me envolvo razoavelmente nessa questão                                                                           | Sim, inclusive há o incentivo e todos (ou a maioria) os trabalhadores são representados                                                                 |
|                                                                                               | Há ações de valorização e investimento aos povos tradicionais e comunidades locais?                                                        | Não há ações de valorização e investimentos                                                                                                                                                                     | Há ações de valorização, sem investimentos                                                                                                                                                  | Há ações de valorização, mas pouco investimentos                                                                                                                                         | Há ações de valorização, mas razoáveis investimentos                                                                      | Há o incentivo através de apoio financeiro, flexibilização de carga horária dos trabalhadores, concessão de espaços, uso de técnicas tradicionais, etc. |
|                                                                                               | Há engajamento e apoio às comunidades dentro ou adjacentes à fazenda que estejam propensas a serem afetadas pelas operações da fazenda?    | Não, não tenho nenhum tipo de engajamento                                                                                                                                                                       | Escuto as demandas das propriedades vizinhas, através de conversas informais, porém tenho dificuldade em implantar as sugestões de melhoria                                                 | Escuto as demandas das propriedades vizinhas, através de conversas informais, porém pretendo implantar as sugestões de melhoria                                                          | Escuto as demandas das propriedades vizinhas, através de conversas informais, começo a implantar as sugestões de melhoria | Escuto através de assembleias locais e tenho planos de ação de contingência e mitigação                                                                 |
| Renda da venda de produtos advindos da unidade de produção é suficiente para manter a família | Como avalia a contribuição da venda da sua produção para a sua renda? A renda é suficiente para manter ou sustentar a família?             | Tenho pouca produção/vendo pouco, o que contribui com menos da metade da minha renda, é necessário a contribuição de renda extra agrícola como bolsa família, e/ou aposentadoria, ou renda de outras atividades | Tenho razoável produção, que contribui com metade da minha renda, é necessário a contribuição de renda extra agrícola como bolsa família, e/ou aposentadoria, ou renda de outras atividades | Tenho razoável produção, que contribui com 75% da minha renda, é necessário a contribuição de renda extra agrícola como bolsa família, e/ou aposentadoria, ou renda de outras atividades | A renda dos produtos é suficiente para manter a família, mas sem gerar excedente                                          | A renda dos produtos é suficiente para manter a família e ainda gera um excedente para investimentos ou poupança                                        |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|                                                                                                   |                                                                                                         |                                                                                                                 |                                                                                                             |                                                                                                     |                                                           |                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Balanço financeiro da unidade de produção agrícola                                                | Tem alguma dívida relacionada à produção agrícola ou ao consumo pessoal (financiamento, crédito rural)? | Sim, possuo, não estou conseguindo pagar                                                                        | Sim, possuo, e estou conseguindo pagar com muito sacrifício                                                 | Sim, possuo, e estou conseguindo pagar, com renegociação                                            | Sim, possuo, e estou conseguindo pagar                    | Não possuo, uso investimentos próprios                                      |
| Situação do imóvel rural e dos bens móveis (maquinário) (Depreciação)                             | Está precisando fazer manutenções de infraestrutura (casa, curral, barracões, etc.) na sua propriedade? | Sim, muitas, em quase toda propriedade                                                                          | Sim, em quase metade da propriedade                                                                         | Sim, em quase 75% da propriedade                                                                    | Sim, poucas em torno de 25% da propriedade                | Não preciso                                                                 |
|                                                                                                   | Está precisando consertar ou substituir ferramentas e maquinários na sua propriedade?                   | Sim, muitas, em quase todas as ferramentas e maquinários                                                        | Sim, em quase metade das ferramentas e maquinários                                                          | Sim, em quase 75% das ferramentas e maquinários                                                     | Sim, em quase 25% das ferramentas e maquinários           | Não preciso                                                                 |
| Renda da venda de produtos advindos da unidade de produção é suficiente para manter a propriedade | A renda gerada na propriedade com as atividades econômicas pertinentes é suficiente?                    | Não é suficiente e necessito de complementos extras e/ou empréstimos recorrentes para quase todas as atividades | Não é suficiente e necessito de complementos extras e/ou empréstimos recorrentes para metade das atividades | Não é suficiente e necessito de complementos extras e/ou empréstimos recorrentes 75% das atividades | Eu consigo manter a propriedade, porém sem nenhum reserva | Consigo manter a propriedade e gerar reserva para investimentos ou poupança |

### 5.3.3 Indicadores de desempenho determinados no critério governança

Segundo Kassai et al. (2019), a governança corporativa é o sistema ou a forma como as organizações são dirigidas, monitoradas e incentivadas, e envolve os relacionamentos entre associados, conselho de administração, diretoria, órgãos de fiscalização e controle e demais partes interessadas. Em outras palavras, é um conjunto de processos, costumes, políticas, leis, regulamentos e instituições que regulamentam a maneira como uma corporação é administrada. O Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC, 2004) define a governança do mesmo modo e editou o Código de Melhores Práticas de Governança Corporativa; essas práticas têm a finalidade de aumentar o valor da sociedade, facilitar seu acesso ao capital e contribuir para a sua perenidade. O Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa enumera quatro princípios básicos de governança corporativa, que são utilizados como base para o presente protocolo. Os princípios são: transparência, equidade, prestação de contas (*accountability*) e responsabilidade corporativa.

O indicador de transparência é de fundamental importância. A pouca transparência não é necessariamente uma escolha consciente da organização, isto é, podem estar envolvidos fatores como ausência de estrutura administrativa capacitada ou mesmo falta de clareza a respeito das consequências desse modo de agir, motivada por receios como a divulgação de informações para a “concorrência” ou a exposição de problemas internos da organização. Além disso, a transparência não é garantida somente por meio de acesso aos dados, ou seja, é preciso publicá-los em formatos amigáveis, abertos, interoperáveis, para que possam ser de fato compreendidos e analisados pelo público interessado. Para Rebecca (2014), pensar os mecanismos da transparência é tão importante quanto advogar sua importância.

Já a equidade caracteriza-se pelo tratamento justo e igualitário a todos os grupos minoritários, sejam do capital ou das demais partes interessadas (*stakeholders*), como colaboradores, clientes, fornecedores ou credores. Atitudes ou políticas discriminatórias, sob qualquer pretexto, são totalmente inaceitáveis (Gubiani et al., 2011). A equidade tem sentido especial no cooperativismo quando examinada por três vertentes, a associativa, a econômica e a social, as quais estão implícitas nos valores e princípios do cooperativismo (Reisdorfer, 2014). Assim, deverá existir equidade entre todos os membros da cooperativa e entre os associados, evitando o favorecimento de cooperados, sejam membros ou não da gestão da instituição. Para Oliveira (2018), as decisões dos gestores devem sempre visar ao interesse coletivo, e nunca aos interesses individuais, próprios ou não. As decisões por parte do conselho administrativo e suas demais deliberações, de maneira similar, devem atender às necessidades e objetivar os ganhos de todos os cooperados.

Quanto à confiança, Coleman (1988) destaca que grupos cujos membros demonstram confiabilidade e depositam ampla confiança uns nos outros são capazes de realizar mais do que outro grupo que careça destes elementos. Isto é, quanto mais elevado o nível de confiança em uma organização social, maior é a probabilidade de haver cooperação, e a própria cooperação gera confiança (Putnam, 2002). Adicionalmente, para Fukuyama (1996), a confiança é a expectativa que nasce no seio de uma comunidade de comportamento estável, honesto e cooperativo, baseada em normas compartilhadas pelos seus membros.

Outro indicador importante para a governança da gestão das propriedades e/ou comunidades é o da igualdade de gênero. Políticas e medidas de igualdade de gênero contribuem para o equilíbrio socioambiental, uma vez que a implementação de tais mecanismos tem efeitos multiplicadores e contribui significativamente para o crescimento econômico e o avanço social

de comunidades inteiras e/ou propriedades agrícolas. Mecanismos de justiça social que compreendam a igualdade de gênero como um direito humano basilar são cruciais também para um desenvolvimento sustentável.

Existe, portanto, uma relação de mão dupla no que diz respeito a gênero e clima: se as mudanças climáticas afetam especialmente mulheres e meninas, políticas de igualdade de gênero têm o efeito de implementar formas de desenvolvimento sustentável que podem mitigar os efeitos da degradação ambiental. Justiça de gênero e justiça climática, portanto, são duas ferramentas que se fortalecem mutuamente.

Segundo Paul Hawken (2019, p. 75) “a mudança climática não é neutra em termos de gênero. Em decorrência das desigualdades existentes, mulheres e meninas são desproporcionalmente vulneráveis aos seus impactos, desde doenças até desastres naturais. Ao mesmo tempo, mulheres e meninas são fundamentais para enfrentar o aquecimento global com sucesso – e para a resiliência humana em geral”. Especialmente em áreas rurais, a desigualdade de gênero é acentuada, e “as mulheres têm menos acesso a uma série de recursos, de terras e crédito até educação e tecnologia”. Combater esse desequilíbrio pode melhorar a vida das mulheres, de suas famílias e comunidades, e ao mesmo tempo combater o aquecimento global (Hawken, 2019). De maneira complementar, a inclusão igualitária das mulheres na produção, propriedade e tomada de decisões quanto à terra tem o efeito de trazer maior inovação e produtividade, o que aumenta o índice de práticas agrícolas regenerativas que, por sua vez, diminui o desmatamento e melhora a capacidade de armazenamento de carbono no solo.

Além disso, o impacto da educação de meninas nas mudanças climáticas é um dado também já aferido pela ciência (Hawken, 2019). Os efeitos de medidas educacionais igualitárias se sobrepõem e geram resultados positivos em termos econômicos, de saúde, nutrição, planejamento familiar e de resiliência com relação aos impactos das mudanças climáticas. Isso porque, segundo Hawken, 2019, nos países de baixa renda, a vida cotidiana das mulheres está profundamente entrelaçada com os sistemas naturais que sustentam a vida familiar e comunitária. Frequentemente, e de forma crescente, elas assumem papéis centrais como cuidadoras e gestoras de recursos essenciais, como alimentos, solo, árvores e água. À medida que meninas com acesso à educação se tornam mulheres escolarizadas, elas se tornam capazes de articular saberes tradicionais transmitidos por gerações com novos conhecimentos adquiridos por meio da leitura e da educação formal, ampliando sua capacidade de ação e inovação em seus territórios.

Diante deste cenário, é pertinente trazer, no escopo deste protocolo, medidas voltadas à promoção de igualdade de gênero. Para tanto, estabelecendo indicadores e medidas correspondentes para promoção da equidade entre mulheres e homens. Tendo como intuito central, implementar indicadores e ações afirmativas para promoção da igualdade de gênero nas comunidades agrícolas e/ou propriedades rurais, com mecanismos de monitoramento contínuo e correção de desigualdades estruturais.

Ademais, outro enfoque, é que nas unidades de produção agrícola, a priorização do indicador de desempenho de governança deve ser entendida como: controle de dados e informações; controle da cadeia de fornecedores, transparência; proporção de distribuição de recursos e remuneração; Equidade na distribuição dos benefícios; participação em organização social; certificação; cooperação, confiança e convivência.

Assim a métrica para determinar a conformidade quanto a nível de regenerabilidade e sustentabilidade do critério governança dos sistemas de produção estão delineados no Quadro 3.



Quadro 3  
Métrica para determinar a conformidade do critério governança da agricultura regenerativa sustentável

| Indicadores                        | Descrição/Perguntas                                                                                                     | Métrica 1                                                                      | Métrica 2           | Métrica 3                                                                                      | Métrica 4                                                                                  | Métrica 5                                                                                                 |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    |                                                                                                                         | NÍVEL MUITO BAIXO                                                              | NÍVEL BAIXO         | NÍVEL MÉDIO                                                                                    | NÍVEL ALTO<br>(já em transição regenerativo e agroecológico)                               | NÍVEL MUITO ALTO<br>(Regenerativo e agroecológico)                                                        |
|                                    |                                                                                                                         | Nota 1<br>Valor: -10                                                           | Nota 2<br>Valor: -5 | Nota 3<br>Valor: 0                                                                             | Nota 4<br>Valor: +5                                                                        | Nota 5<br>Valor: +10                                                                                      |
| Controle de dados/informações      | Possui um planejamento de manejo e produção (quantidade plantada, quantidade a ser colhida, insumos)?                   | Não                                                                            | Pretendo            | Possuo, mas não é de fácil entendimento / acesso                                               | Possuo, é de razoável entendimento / acesso                                                | Possuo e é de fácil entendimento / acesso                                                                 |
|                                    | As glebas ou produtos armazenados são identificados corretamente?                                                       | Não                                                                            | Pretendo            | Sim, mas poucas glebas/produtos                                                                | Sim, a maioria das glebas/produtos                                                         | Sim, todos as glebas/produtos                                                                             |
|                                    | Há registros de receitas e despesas da propriedade?                                                                     | Não                                                                            | Pretendo            | Sim, mas nem todas as receitas e despesas são registradas e de fácil entendimento / acesso     | Sim, as receitas e despesas são razoavelmente registradas e de fácil entendimento / acesso | Sim, todas as receitas e despesas são registradas e de fácil entendimento / acesso                        |
| Controle da cadeia de fornecedores | Possui critérios socioambientais para escolha de fornecedores?                                                          | Não possuo                                                                     | Pretendo            | Sim, possuo poucos critérios e meus fornecedores não precisam ser necessariamente certificados | Sim, possuo critérios e meus fornecedores não precisam ser necessariamente certificados    | Sim, possuo critérios e levou em consideração a certificação de terceira parte, BSA, SPG e relatórios ESG |
| Transparência                      | Os resultados financeiros da propriedade são divulgados e acessíveis?                                                   | Não                                                                            | Pretendo            | São divulgados, mas não são de fácil acesso                                                    | São divulgados, mas são de razoável acesso                                                 | São divulgados e são de fácil acesso                                                                      |
|                                    | As informações da entidade representativa (assembleia, associação, cooperativa, coletivo, etc.) são acessíveis a todos? | As informações não são acessíveis, só os gestores sabem o que está acontecendo | Pretendo            | As informações são pouco acessíveis, os gestores não falam                                     | As informações são razoavelmente acessíveis, os gestores falam pouco                       | As informações são bastante acessíveis, todos sabem o que está acontecendo                                |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|                                                   |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                   |                            |                                                                                 |                                                                                       |                                                                                                    |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                   |                            | muito sobre o que está acontecendo                                              | sobre o que está acontecendo                                                          |                                                                                                    |
|                                                   | Na assembleia, associação ou cooperativa de que o(a) Sr(a) participa, as decisões são discutidas em grupo?                                                                                      | As decisões não são discutidas em grupo, os gestores centralizam as decisões      | Pretendo                   | As decisões são poucas discutidas e os gestores decidem sem que todos concordem | As decisões são parcialmente discutidas e os gestores decidem sem que todos concordem | As decisões são discutidas e tomadas em consenso com a opinião das pessoas                         |
|                                                   | Há estímulo de relação de confiança entre gestores, trabalhadores e comunidades adjacentes?                                                                                                     | Não há                                                                            | Pretende implementar       | Há muito pouco estímulo e somente entre os gestores e trabalhadores             | Há estímulo parcial somente entre trabalhadores e gestores                            | Há estímulo total entre trabalhadores, gestores e comunidades.                                     |
|                                                   | Há relação estável de reciprocidade ou solidariedade entre gestores, trabalhadores e comunidades?                                                                                               | Não há                                                                            | Pretende implementar       | Há muito pouco estímulo e somente entre os gestores e trabalhadores             | Há estímulo parcial somente entre trabalhadores e gestores                            | Há estímulo total entre trabalhadores, gestores e comunidades.                                     |
|                                                   | Há estímulo de relações estáveis de cooperação (confiança + reciprocidade)? A cooperação significa a implicação de processos compartilhados de gestão dos bens comuns, inclusive o conhecimento | Não há                                                                            | Pretende implementar       | Há muito pouco estímulo e somente entre os gestores e trabalhadores             | Há estímulo parcial somente entre trabalhadores e gestores                            | Há estímulo total entre trabalhadores, gestores e comunidades.                                     |
| Proporção de distribuição de recursos/remuneração | Existe equidade proporcional na remuneração dos trabalhadores entre gêneros, etnias, faixas etárias, estado civil e/ou religião?                                                                | Não existe equidade, pessoas que exercem a mesma função recebem valores distintos | Pretende fazer a distinção | Está começando a fazer a distinção                                              | Sim, mas parcial equidade para algumas funções, recebem o mesmo salário               | Sim, existe equidade e as pessoas que exercem a mesma função, recebem o mesmo salário independente |
|                                                   | Existe participação nos lucros/resultados por parte dos trabalhadores?                                                                                                                          | Não                                                                               | Pretende                   | Está começando a fazer a distinção                                              | Sim, só com os funcionários diretos                                                   | Sim, com os funcionários e terceirizados                                                           |
|                                                   | Existe um plano de cargos e salários (plano de carreira)?                                                                                                                                       | Não                                                                               | Pretende                   | Sim, mas não é divulgado e/ou os requisitos para subir de cargo não é claro     | Sim, mas é divulgado e/ou os requisitos para subir de cargo começa a melhorar         | Sim, é divulgado e os requisitos para subir de cargo é claro                                       |

|                                                               |                                                                                                                                                                          |                                              |                                                     |                                                   |                                                                 |                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Equidade na distribuição dos benefícios da Organização Social | Possui caderno de campo (e/ou outros registros) atualizado para fins de rastreabilidade?                                                                                 | Não                                          | Pretende                                            | Tem, mas não com todos os registros               | Tem, mas com parcial registros                                  | Tem, com todos os registros                                                                                                |
|                                                               | Há um mecanismo que registre o fluxo de produção, que detalhe a origem e a destinação dos insumos?                                                                       | Não                                          | Pretende                                            | Tem, de forma manual e local                      | Tem, de forma parcial sistematizada e com acesso externo        | Tem, de forma sistematizada e com acesso externo                                                                           |
| Participação em organização social                            | O proprietário e/ou trabalhadores participam de alguma associação ou sindicato focada nas atividades desenvolvidas?                                                      | Não participam                               | Pretende                                            | São filiados, mas não participam ativamente       | São filiados, mas participam parcialmente                       | São filiados e participam ativamente                                                                                       |
|                                                               | Nas reuniões de assembleia, associação ou cooperativa, o(a) Sr(a) consegue falar e ser ouvido?                                                                           | Não participam                               | Pretende                                            | Não consigo falar, nem ser ouvido                 | Consigo falar, mas sou pouco ouvido                             | Consigo falar e sou ouvido                                                                                                 |
| Certificação                                                  | Possui alguma certificação relacionada a boas práticas socioambientais, de comércio justo e/ou de orgânicos?                                                             | Não possuo nenhuma                           | Pretende                                            | Sim, possuo ao menos uma certificação             | Sim, possuo mais de uma certificação                            | Sim, possuo todas as certificações necessárias.                                                                            |
| Igualdade de Gênero                                           | Há mecanismos para impulsionar a participação feminina (mulheres presentes em reuniões de consulta, planejamento e tomada de decisão)?                                   | Não mecanismo e nem participação de mulheres | Há mecanismo, porém pouca participação das mulheres | Há mecanismo e razoável participação das mulheres | Há mecanismo e boa participação das mulheres em alguns momentos | Há mecanismos e participação total das mulheres em todas as reuniões e tomadas de decisão.                                 |
|                                                               | Há ações afirmativas para aumento da presença de mulheres em espaços de liderança (mulheres ocupando cargos formais de liderança: coordenação, comitês, representações)? | Não há e nem participação de mulheres        | Há ações, porém pouca participação das mulheres     | Há ações e razoável participação das mulheres     | Há ações e boa participação das mulheres em alguns cargos       | Existem igualdade de gênero, as mulheres ocupam cargos e todos os comitês e representações tem a participação das mulheres |
|                                                               | Há incentivos para qualificação técnica e profissional das mulheres?                                                                                                     | Não há e não pretende incentivar             | Não há, mas pretende incentivar                     | Começando a promover incentivos para as mulheres  | Tem incentivo, porém para alguns casos                          | Incentivos totais para qualificação técnica e profissional das mulheres.                                                   |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|  |                                                                                                                                                           |                                |                                 |                                                                                         |                                                                                                     |                                                                                                                 |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Há mecanismos para pagamentos igualitários dos salários para as mulheres?                                                                                 | Não há pagamentos igualitários | Não há, mas pretende incentivar | Começando a promover pagamentos igualitários em alguns casos                            | Há mecanismo para pagamento em alguns casos, dependendo do tipo de serviço entre homens e mulheres. | Há mecanismo e não existem diferenciação, os pagamentos são igualitários entre homens e mulheres                |
|  | Há existência, implementação e uso de protocolo comunitário de prevenção, identificação e encaminhamento de casos de violência contra mulheres e meninas? | Não há                         | Não há, mas pretende incentivar | Começando a implementar um protocolo, mas com pouco prevenção e encaminhamento de casos | Existe protocolo e dependendo do caso há encaminhamento                                             | Existe protocolo e total apoio contra a violência as mulheres e todos os casos são identificados e encaminhados |

#### **5.3.4 Indicadores de desempenho determinados no critério agropecuário**

Para determinar os indicadores de desempenho agrônômico de forma rápida e simplificada, foi feita, para alguns indicadores, uma adaptação do método de Altieri e Nicholls (2002). São indicadores fáceis e de prática utilização pelos agricultores, além de serem precisos e simples de interpretar, sensíveis às mudanças ambientais e aos impactos das práticas de manejo do solo e cultivo. Eles integram propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e podem relacionar-se com os processos do ecossistema, por exemplo, para determinar a relação entre diversidade vegetal e estabilidade de populações de pragas (Altieri, 1995).

A seleção de indicadores foi baseada em uma metodologia pré-estabelecida e consolidada. Atualmente, a estimativa de indicadores de desempenho (com levantamentos de forma geodigital e que possam ser agregados em índices de sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola) é uma preocupação prioritária de muitos projetos de pesquisa e desenvolvimento rural. Nestes, são propostas muitas listas de atributos para avaliar produtividade, estabilidade, resiliência e adaptabilidade dos agroecossistemas (Masera et al., 1999). Mas existem poucas metodologias rápidas e simples que usem poucos indicadores e que possam ser utilizadas por agricultores e seus filhos com o propósito de determinar os estados de saúde de seus agroecossistemas, além de lhes permitir tomar decisões de manejo para superar as limitações detectadas (Altieri; Nicholls, 2002).

A metodologia permite medir o desempenho dos indicadores agrônômicos de forma comparativa ou relativa, seja pela comparação da evolução do mesmo sistema ao longo do tempo ou pela comparação de dois ou mais sistemas de produção com diferentes tratamentos e/ou estados de transição de vários sistemas, e permite que os agricultores identifiquem sistemas mais saudáveis. Os sistemas que se destacam tornam-se uma espécie de faróis demonstrativos, a partir dos quais agricultores, pesquisadores e técnicos de extensão rural tentam decifrar os processos e as interações ecológicas que possivelmente explicam o comportamento desses sistemas (Altieri e Nicholls, 2002).

Outro importante indicador para regeneração nos manejos de produção em sistemas agrícolas, possibilitando assim a diminuição da pegada de carbono, é o indicador de endogeneidade. A endogeneidade refere-se ao grau em que as economias rurais são construídas com base em recursos locais, organizadas de acordo com estratégias de combinação dos recursos e fortalecidas por meio da distribuição e reinvestimento da riqueza localmente produzida (Oostindie et al., 2008). Nesse caso, se considera a produção de insumos, de preferência na própria propriedade e/ou em localidade próxima.

Porém, o grande passo para transição da agricultura convencional para a agricultura regenerativa, de baixa emissão de carbono, se caracteriza pelo uso dos seguintes manejos nos sistemas de produção:

##### **5.3.4.1 Remineralizadores ou pó de rocha**

O intemperismo acelerado de rochas, ou remineralização, é uma estratégia promissora de remoção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) da atmosfera, com base na aceleração de processos naturais de dissolução de silicatos em ambientes agrícolas. A aplicação de rochas moídas, principalmente basaltos e outros silicatos, ao reagirem com a água,  $\text{CO}_2$  e microrganismos no solo, transforma o  $\text{CO}_2$  atmosférico em bicarbonatos estáveis, transportados aos oceanos ou armazenados nos sistemas edáficos. Os principais estudos científicos demonstram que o intemperismo acelerado de rochas não apenas contribui significativamente para o sequestro de carbono, como também

oferece cobenefícios agrônômicos, como aumento da produtividade agrícola, correção do pH do solo, aporte de micronutrientes e maior retenção de água. Além disso, trata-se de uma solução com forte potencial de escalabilidade, especialmente quando aplicada em áreas agrícolas tropicais já consolidadas, como as do Brasil.

Beerling et al. (2020) estimam que o potencial técnico global do Intemperismo em áreas agrícolas poderia chegar entre 2 e 4 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano (2 a 4 GtCO<sub>2</sub>/ano), com aplicação anual de cerca de 10 a 20 toneladas de rocha moída por hectare. Taylor et al. (2016) reforçam a viabilidade climática do Intemperismo Acelerado, mostrando que, mesmo aplicações moderadas, podem contribuir significativamente para as metas do Acordo de Paris (COP15), com benefícios paralelos na mitigação da acidificação dos oceanos. Kantola et al. (2017) e Amann et al. (2020) fornecem evidências empíricas de campo mostrando que solos tratados com basalto apresentam rápida resposta química, sugerindo sequestro de 4 a 12 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare/ano em regiões tropicais com clima úmido.

Hartmann et al. (2013) indicam que, se implementado globalmente em solos agrícolas ácidos, o Intemperismo pode fornecer sequestro de CO<sub>2</sub> com permanência superior a mil anos, com custos e riscos ambientais relativamente baixos. Lehmann et al. (2020) posicionam o Intemperismo entre as soluções de remoção mais promissoras do ponto de vista de custo-efetividade, durabilidade do sequestro e cobenefícios ambientais. A literatura permite concluir que o volume potencial de carbono sequestrado via Intemperismo pode estar entre 4 e 12 tCO<sub>2</sub>/ha/ano em climas tropicais úmidos (como o Brasil), dependendo da composição da rocha, das condições edafoclimáticas e da taxa de aplicação. No Brasil, considerando 50 milhões de hectares de áreas agrícolas potenciais, o país poderia, teoricamente, sequestrar entre 200 e 600 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano (0,2 a 0,6 GtCO<sub>2</sub>/ano), contribuindo decisivamente para as metas nacionais e internacionais de neutralidade climática.

Kellend et al. (2020) sugerem que uma única aplicação de pó de basalto, dependendo da dosagem, pode atingir taxas de sequestro de carbono de 2 a 4 t/ha de CO<sub>2</sub> em até cinco anos, a depender das práticas de manejo. Já para Moraes et al. (2024), os resultados indicam que remineralizadores possuem grande potencial para remover dióxido de carbono da atmosfera, com valores de 39,53 kgCO<sub>2</sub>/t até 96,16 kgCO<sub>2</sub>/t.

#### 5.3.4.2 Biocarvão ou Biochar

A diretiva europeia de energia renovável (EU-RED) já reconhece o biocarvão como uma opção de remoção de CO<sub>2</sub>. A regra do programa amplia o limite de redução permitida da IC em até 20 gCO<sub>2</sub>/MJ adicionais para os biocombustíveis que utilizarem biocarvão no seu processo produtivo (EU 2022/996).

Lehmann et al. (2006) demonstraram que o Biochar pode reter até 50% do carbono da biomassa original, com estabilidade superior a 1.000 anos em muitos solos. Woolf et al. (2010) estimaram um potencial global de sequestro de até 1,8 GtCO<sub>2</sub>/ano, utilizando resíduos agrícolas sustentáveis. Lehmann et al. (2021) destacam que 1 tonelada de Biochar pode sequestrar, em média, 2,2 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, dependendo da matéria-prima e da tecnologia utilizada. Segundo EPE (2024) e Shoudho et al. (2024), o Biochar apresenta estabilidade de carbono acima de 80% e contribui para a mitigação de Gases de Efeito Estufa principalmente ao evitar a decomposição da biomassa em forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>).

A Rezende et al. (2011) aponta que a aplicação de Biochar em solos brasileiros pode promover sequestros de carbono entre 4 e 10 tCO<sub>2</sub>/ha/ano, com variações conforme tipo de solo,

cultura e clima. O artigo da Revista Ciência Florestal (2022) reforça que, além do sequestro direto, o Biochar pode reduzir emissões indiretas ao diminuir a necessidade de fertilizantes sintéticos, que possuem alta pegada de carbono.

Além do sequestro direto de carbono, os benefícios adicionais do Biochar incluem:

- Aumento da capacidade de retenção de água no solo
- Redução da lixiviação de nutrientes e fertilizantes
- Estímulo à biota microbiana do solo
- Melhoria da capacidade de troca catiônica
- Recuperação de áreas degradadas e maior resiliência climática

Considerando a disponibilidade de biomassa residual no Brasil (restos agrícolas, resíduos florestais, bagaço de cana, etc.), estimativas conservadoras sugerem que o país pode:

- Produzir entre 20 e 50 milhões de toneladas de Biochar por ano
- Sequestrar, em média, entre 40 e 110 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por ano (0,04 a 0,11 GtCO<sub>2</sub>e/ano), com base na conversão de 2,2 tCO<sub>2</sub>e por tonelada de Biochar

Esse volume equivale a cerca de 3% a 7% das emissões anuais brasileiras, representando uma contribuição significativa para a neutralidade climática e a valorização de cadeias produtivas sustentáveis.

#### 5.3.4.3 Biofertilizantes ou Biodefensivos

A agricultura é responsável por aproximadamente 20% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEEs), sendo grande parte proveniente do uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados e defensivos químicos (EPE, 2024). Diante da necessidade de transição para sistemas mais sustentáveis, os bioinsumos – biofertilizantes, biodefensivos e condicionadores biológicos – têm emergido como alternativa promissora, com potencial para reduzir emissões, regenerar solos e aumentar a resiliência dos sistemas produtivos (Rezende et al., 2011; LaClima, 2022).

Bioinsumos são produtos de base biológica compostos por microrganismos, metabólitos, extratos vegetais ou substâncias naturais aplicadas para nutrição, proteção e estímulo ao crescimento vegetal (LaClima, 2022). Biofertilizantes atuam na fixação biológica de nitrogênio e na solubilização de fósforo e potássio, enquanto biodefensivos controlam pragas e doenças sem afetar negativamente a biota do solo (Souza, 2010).

O uso de fertilizantes minerais, especialmente nitrogenados, leva à emissão de óxidos de nitrogênio (N<sub>2</sub>O), um gás com potencial de aquecimento global cerca de 273 a 298 vezes maior que o CO<sub>2</sub> (IPCC, 2013; IPCC, 2021). O processo Haber-Bosch, usado na produção de NPK, é altamente dependente de energia fóssil (Smith, 2016). Além disso, defensivos químicos afetam negativamente a biodiversidade do solo e a capacidade de sequestro de carbono (Lehmann et al., 2021).

Estudos mostram que o uso de bioinsumos pode reduzir em até 50% o uso de fertilizantes sintéticos e até 70% de defensivos químicos (EPE, 2024; Schmidt et al., 2019). Segundo o IPCC (2006), cada quilograma (kg) de nitrogênio aplicado ao solo gera, em média, 1% de N<sub>2</sub>O-N, que se converte em N<sub>2</sub>O com fator de 1,57, o que representa até 0,7 tCO<sub>2</sub>e/ha/ano com uso intensivo.

Reduções de 50% poderiam evitar cerca de 0,35 tCO<sub>2</sub>e/ha/ano, sem considerar ganhos adicionais em matéria orgânica do solo (SOC), estimados entre 0,2 e 0,5 tCO<sub>2</sub>e/ha/ano (Woolf et al., 2010; Smith, 2016).

Segundo a Embrapa (2023), a aplicação média de nitrogênio nos sistemas soja-milho pode variar entre 200 e 250 kg/ha/ano. De acordo com as diretrizes do IPCC (2006), 1% desse nitrogênio é convertido em N<sub>2</sub>O-N (óxido nitroso). Esse valor deve ser multiplicado por um fator de 1,57 (para conversão de N<sub>2</sub>O-N em N<sub>2</sub>O), e o N<sub>2</sub>O resultante possui um Potencial de Aquecimento Global (GWP) de 298 vezes maior que o CO<sub>2</sub> (IPCC, 2013).

Cálculo com 250 Kg N/ha/ano:

$$250 \text{ Kg N} \times 0,01 \times 1,57 \times 298 \approx 1,17 \text{ tCO}_2\text{e/ha/ano}$$

Com a substituição de 50% dos fertilizantes nitrogenados por biofertilizantes, a redução direta de emissões seria de cerca de:

$$0,5 \times 1,17 = 0,58 \text{ tCO}_2\text{e/ha/ano}$$

Além disso, práticas regenerativas que utilizam bioinsumos promovem o acúmulo de carbono orgânico no solo (SOC). Estudos de Woolf et al. (2010) e Smith (2016) mostram que sistemas com aumento de matéria orgânica e ciclagem biológica eficiente podem sequestrar entre 0,2 e 0,5 tCO<sub>2</sub>e/ha/ano adicionais.

Redução total potencial combinada por hectare:

$$\approx 0,78 \text{ a } 1,08 \text{ tCO}_2\text{e/ha/ano}$$

Além disso, sistemas regenerativos que adotam bioinsumos tendem a aumentar o estoque de carbono orgânico no solo (SOC) em 0,2 a 0,5 tCO<sub>2</sub>e/ha/ano, conforme estudos de Woolf et al. (2010) e Smith (2016). O benefício total pode, portanto, atingir entre 0,8 e 1,0 tCO<sub>2</sub>e/ha/ano.

#### 5.3.4.4 Integração Lavoura, Pecuária e Floresta – ILPF

Pesquisas indicam grande acumulação ou remoção de carbono em Sistemas de Produção Agrícolas integrados. Árvores em sistemas integrados acumulam 8 toneladas de carbono por hectare a cada ano. Em um experimento, realizado na Embrapa Pecuária Sudeste (São Carlos, SP), avaliou o potencial de sequestro de carbono por meio das árvores de dois sistemas agroflorestais: Integração Pecuária-Floresta ou Silvopastoril (SSP) e outro Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). As árvores de eucalipto envolvidas na pesquisa acumularam a média de 65 toneladas de carbono na biomassa por hectare ao longo de oito anos. Ou seja, a cada ano, o componente arbóreo retém, em média, oito toneladas do elemento por hectare. Os dois sistemas avaliados apresentaram grande capacidade de acúmulo de carbono nas árvores. Na média, a produção de biomassa (a soma de troncos, galhos, folhas e raízes) foi de 145 toneladas por hectare ao longo de oito anos. Quando considerado somente o tronco, o sistema ILPF apresentou maior produção, com 13 toneladas anuais por hectare, o que possibilitou um acúmulo de carbono no tronco de 5,9 toneladas por hectare a cada ano nesse sistema. No sistema SSP, esse valor foi de 5,5 toneladas anuais por hectare (Pezzopane et al., 2021).

Já, segundo Assad et al. (2019), o acúmulo de Matéria Orgânica no Solo – MOS nos sistemas integrados de produção e, conseqüentemente, o seu potencial para a remoção de CO<sub>2</sub>, já foi indicado por vários autores em diferentes ecorregiões brasileiras (Tarre et al., 2001; Alves et al., 2008; Macedo, 2009; Vilela et al., 2011; Assad et al., 2013; Pinto; Assad, 2014).



Dessa forma, os sistemas de produção que utilizam ILPF com preparo mínimo ou sem preparo do solo e com manutenção de palhada passam da condição de fonte de CO<sub>2</sub> rumo à atmosfera para a condição de dreno ou assimilação de CO<sub>2</sub> para o solo (Assad et al., 2019). Portanto, sistemas mais complexos como a ILP (Integração Lavoura-Pecuária) ou a ILPF (Integração Lavoura-Pecuária Floresta), por conterem o componente forrageiro e florestal, têm potencial de contribuir na retenção de carbono em solo e biomassa, bem como na redução de emissões de GEE (Assad et al., 2019).

#### **5.3.4.5 Plantio Direto**

Os sistemas de produção agrícola com o plantio direto, se preparados com manejos mínimos de uso de insumos externos, podem ser grandes provedores de remoção de carbono. Para Manzatto et al. (2019), em lavouras de grãos cultivadas com plantio direto, o acúmulo de carbono no solo orbita em 500 kg/ha/ano, o equivalente a 1,83 t CO<sub>2</sub> eq.ha-1.ano-1. Em pesquisas de Siqueira Neto et al. (2009), o balanço entre a taxa de acúmulo de carbono e a emissão mostrou que o sistema de plantio direto apresentou saldo positivo no acúmulo de carbono no solo, significando o sequestro de CO<sub>2</sub> de 6 t ha-1 ano-1.

Em sistemas de produção agrícola orgânico com plantio direto, Souza et al. (2012) observaram um acréscimo nos teores de matéria orgânica e de carbono. Na camada de 0 a 40 cm de profundidade, o estoque de carbono elevou-se de 34,57 t ha<sup>-1</sup> para 58,19 t ha<sup>-1</sup>, com fixação de 23,62 t ha<sup>-1</sup> em 10 anos, o que corresponde a 86,62 t ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>. Conclui-se que o manejo agroecológico em sistema orgânico de produção permite elevar o teor de matéria orgânica dos solos, pela reciclagem e sequestro de carbono atmosférico, confirmando elevado potencial para reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs), podendo contribuir para a redução do aquecimento global. Em outra pesquisa com agricultura em manejo orgânico e com plantio direto, comprovaram-se acúmulos médios anuais de fixação de 1,69 t C e de 5,61 t CO<sub>2</sub>, comprovando a eficiência do manejo orgânico dos solos no sequestro e na fixação de carbono (Souza, 2010).

Assim, a métrica para determinar a conformidade quanto ao nível de regenerabilidade e sustentabilidade do critério agropecuário dos sistemas de produção está delineada no Quadro 4.

Quadro 4  
Métrica para determinar a conformidade do critério agropecuário da agricultura regenerativa sustentável

| Indicadores                                                                                | Descrição/Perguntas                                                                                                                                                            | Métrica 1                         | Métrica 2                                                                 | Métrica 3                                                                           | Métrica 4                                                                        | Métrica 5                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                                                                                            |                                                                                                                                                                                | NÍVEL MUITO BAIXO                 | NÍVEL BAIXO                                                               | NÍVEL MÉDIO                                                                         | NÍVEL ALTO<br>(já em transição regenerativo e agroecológico)                     | NÍVEL MUITO ALTO<br>(Regenerativo e agroecológico)               |
|                                                                                            |                                                                                                                                                                                | Nota 1<br>Valor: -10              | Nota 2<br>Valor: -5                                                       | Nota 3<br>Valor: 0                                                                  | Nota 4<br>Valor: +5                                                              | Nota 5<br>Valor: +10                                             |
| Práticas agrícolas – rotação de culturas                                                   | Faz programa de rotação de culturas anual apropriado, quando aplicável, para manter e/ou aumentar a matéria orgânica (leguminosas ou outras culturas fixadoras de nitrogênio)? | Não faz                           | Em processo de entendimento                                               | Começa a planejar                                                                   | Em execução do planejamento                                                      | Totalmente executado                                             |
| Cobertura Vegetativa: plantio direto                                                       | Faz o uso de plantio direto nos sistemas de produção?                                                                                                                          | Não faz                           | Menos de 25% da área agricultável total da propriedade tem plantio direto | Aproximadamente metade da área agricultável total da propriedade tem plantio direto | Aproximadamente 75% da área agricultável total da propriedade tem plantio direto | Toda a área agricultável total da propriedade tem plantio direto |
| Pastejo rotacionado e/ou uso de sistema silvipastoril                                      | Faz uso de pastejo rotacionado e tem sistema silvipastoril?                                                                                                                    | Sem pastagens e animais           | Com pastagens, mas sem pastoreio rotacionado                              | Preparação da área para pastoreio rotacionado                                       | Já com manejo de pastagem rotacionado                                            | Manejo de pastagem rotacionado com Sistemas Silvistoril          |
| Sementes ou plantas geneticamente modificadas – Organismos Geneticamente Modificados (OGM) | Usa sementes ou plantas geneticamente modificadas?                                                                                                                             | Uso de OGM em toda área cultivada | Em transição com uso de não transgênico em 25% da área cultivada          | Em transição com uso de não transgênico em 50% da área cultivada                    | Em transição com uso de não transgênico em 75% da área cultivada                 | 100% Não transgênico                                             |

|                                          |                                                                                                                                              |                                                  |                                                                                                                                        |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                   |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Uso de Pesticidas                        | Faz uso de defensivos químicos para controle de pragas e doenças?                                                                            | Sim em toda área                                 | Uso moderado de defensivos químicos                                                                                                    | Uso defensivos químicos, de acordo com o Manejo Integrado de Pragas – MIP                                                                     | Uso pouco defensivos químicos, de acordo com o Manejo Integrado de Pragas – MIP e atrelados ao uso de bioinsumos                                                     | Não uso de defensivos químicos, somente uso de bioinsumos ecologicamente corretos                 |
| Uso de Fertilizantes Químicos Sintéticos | Faz uso de fertilizantes químicos sintéticos ou usa sistemas alternativos como: adubação verde, biofertilizantes, biocomposto, entre outros? | Uso somente de fertilizantes químicos sintéticos | Começo de uso de adubação verde, composto orgânico em pequena parte dos sistemas de cultivo, mas com fertilizantes químicos sintéticos | Em transição, com uso de adubação verde, composto orgânico e fertilizantes sintéticos nos sistemas de cultivo, em metade da área agricultável | Em transição, com uso de adubação verde, composto orgânico, pó de rocha, mas ainda com fertilizantes sintéticos nos sistemas de cultivo, em 75% da área agricultável | Uso somente de adubação verde, biocomposto, bioinsumos, orgânicos em todos os sistemas de cultivo |
| Uso de remineralizadores ou pó de rocha  | Faz uso de remineralizadores ou pó de rocha, adquiridos perto da propriedade, em um raio de até 300 km?                                      | Não faz uso                                      | Pretende utilizar                                                                                                                      | Já usa em uma pequena parte da propriedade, mas vem de longe, acima dos 300 km                                                                | Usa em grande parte da propriedade e vem de longe, acima dos 300 km.                                                                                                 | Usa e adquire perto da propriedade.                                                               |
| Uso de biochar ou biocarvão              | Faz uso de biocarvão ou biochar, adquiridos perto da propriedade, em um raio de até 300 km?                                                  | Não faz uso                                      | Pretende utilizar                                                                                                                      | Já usa em uma pequena parte da propriedade, mas vem de longe, acima dos 300 km                                                                | Usa em grande parte da propriedade e vem de longe, acima dos 300 km.                                                                                                 | Usa e adquire perto da propriedade.                                                               |
| Indicador de endogeneidade               | Tem produção de bioinsumos, biofertilizantes, entre outros, na própria propriedade e/ou em localidade próxima?                               | Não faz uso destes produtos                      | Pretende produzir na propriedade                                                                                                       | Faz uso ocasionalmente, mas não produz na propriedade e quando faz uso, os produtos vêm de longe da propriedade                               | Faz uso corriqueiramente, mas não produz na propriedade e quando faz uso, os produtos vêm de longe da propriedade                                                    | Faz uso e grande parte dos bioinsumos é produzida na propriedade ou vem de perto da propriedade.  |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|                                                                                                        |                                                                                                                    |                                                                                  |                                                                                                                 |                                                                                                                               |                                                                                                                     |                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Integração de uso múltiplo das terras ou consórcio de cultivos integrados.                             | Tem sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta na Unidade de Produção Agrícola?                           | Não Tem                                                                          | Pretende implantar                                                                                              | Tem pouca área,                                                                                                               | Tem em aproximadamente em metade da área de cultivo da propriedade                                                  | Tem em mais da metade da área cultivada da propriedade                                                               |
| Matéria orgânica e cor do solo em geral na unidade de produção agrícola ou território                  | Como está a cor do solo na sua unidade de produção agrícola ou no território?                                      | O solo está pálido, sem presença de matéria orgânica em geral                    | O solo está castanho-claro/ marrom-claro, com pouca presença de matéria orgânica                                | O solo está castanho-claro/ marrom-claro, com razoável presença de matéria orgânica                                           | O solo está marrom, com presença de matéria orgânica                                                                | O solo está escuro, com bastante presença de matéria orgânica                                                        |
| Nível de fertilidade dos solos                                                                         | Considera que a sua terra é boa para plantar ou que, em geral, o território tem terras boas para plantar?          | A terra é fraca, não é boa para plantar                                          | A terra é razoável, mas dá para plantar                                                                         | A terra é moderada e boa para plantar                                                                                         | A terra é boa e boa para plantar                                                                                    | A terra é forte e boa para plantar                                                                                   |
| Compactação do solo, em geral, na unidade de produção agrícola ou território                           | Consegue enfiar um ferro (pode fazer o teste com um facão) no solo?                                                | Não consigo (solo compactado)                                                    | Consigo só um pouco (solo um pouco compactado)                                                                  | Consigo até metade (solo um pouco compactado)                                                                                 | Consigo até mais da metade (solo um pouco compactado)                                                               | Consigo bastante (solo não compactado)                                                                               |
| Estrutura/ agregação das partículas dos solos, em geral, na unidade de produção agrícola ou território | Como está a agregação das partículas do solo?                                                                      | O solo é solto, empoeirado, não forma agregados                                  | O solo forma poucos agregados, que quebram com facilidade quando apertados com a mão                            | O solo forma razoáveis agregados, que quebram com facilidade quando apertados com a mão                                       | O solo forma muitos agregados bem formados, mas que quebram quando apertados com a mão                              | O solo forma muitos agregados bem formados, difíceis de serem quebrados quando apertados com a mão                   |
| Estado de resíduos em cima do solo, em geral, na unidade de produção agrícola ou território            | Como está a decomposição dos resíduos orgânicos no solo? Obs.: informação da decomposição em um período de um ano. | A decomposição é lenta, há restos de folhas e galhos inteiros sobre a superfície | A decomposição é lenta, há resíduos em decomposição sobre a superfície, folhas e galhos em pedaços bem pequenos | A decomposição é razoavelmente lenta, há resíduos em decomposição sobre a superfície, folhas e galhos em pedaços bem pequenos | A decomposição é boa, há ainda resíduos em decomposição sobre a superfície, folhas e galhos em pedaços bem pequenos | A decomposição é rápida, praticamente com resíduos em estágios bem compostados, praticamente uma composteira natural |
| Manutenção e estabilidade do solo – Erosão                                                             | Existem pontos de erosão na propriedade (número e tamanho)?                                                        | Muitos pontos de erosão e de tamanho grandes                                     | Muitos pontos de erosão e de tamanho médio                                                                      | Muitos pontos de erosão e de tamanho pequeno                                                                                  | Pouco pontos de erosão e de tamanho pequeno                                                                         | Sem pontos de erosão                                                                                                 |

|                                                                                           |                                                                         |                                                                                                                                                                |                                                                                                           |                                                                                                            |                                                                                                             |                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Incidência de doenças, em geral, na unidade de produção agrícola ou território            | Observa muitas doenças nas plantas e/ou pastagens?                      | As plantações têm muitas doenças                                                                                                                               | As plantações têm algumas doenças, e atrapalha muito o plantio e desenvolvimento dos cultivos             | As plantações têm algumas doenças, e atrapalha o plantio e desenvolvimento dos cultivos                    | As plantações têm algumas doenças, mas isso não atrapalha o plantio e desenvolvimento dos cultivos          | As plantações são saudáveis, quase não há sinais de doenças                                                      |
| Incidência de pragas, em geral, na unidade de produção agrícola ou território             | Observa muitas pragas atacando as plantas e/ou pastagens?               | As plantas são muito atacadas por vários tipos de insetos, prejudicando o desenvolvimento dos cultivos                                                         | As plantas são atacadas, quando isso acontece atrapalha o plantio e desenvolvimento dos cultivos          | As plantas são atacadas, quando isso acontece atrapalha pouco o plantio e desenvolvimento dos cultivos     | As plantas são poucas atacadas, quando isso acontece não atrapalha o plantio e desenvolvimento dos cultivos | As plantas quase nunca são atacadas, quando isso acontece não atrapalha o plantio e desenvolvimento dos cultivos |
| Aparência geral das folhagens dos cultivos, na unidade de produção agrícola ou território | Como avalia a aparência das folhas das plantas e/ou pastagens?          | As folhas dos plantios ficam feias, com aparência ruim, amareladas ou pálidas em todos os cultivos                                                             | As folhas dos plantios ficam feias em algumas espécies e em algumas plantas, em geral com tons amarelados | As folhas dos plantios ficam feias em algumas espécies e em algumas plantas, em geral com tons verde claro | As folhas dos plantios são bonitas na maioria das espécies, mas algumas plantas apresentam tons verde claro | As folhas dos plantios são bonitas em geral, vistosas, prevalecendo verde escuro em geral                        |
| Crescimento/ desenvolvimento das plantas, na unidade de produção agrícola ou território   | Como avalia o crescimento e desenvolvimento das plantas e/ou pastagens? | As plantas crescem e se desenvolvem com muita dificuldade                                                                                                      | As plantas crescem e se desenvolvem com dificuldade                                                       | As plantas crescem e se desenvolvem razoavelmente bem, com algumas dificuldades                            | As plantas crescem e se desenvolvem bem                                                                     | As plantas crescem e se desenvolvem muito bem, sem dificuldades                                                  |
| Boas práticas de manejo agrícola na propriedade                                           | Como é a relação com o uso de máquinas no preparo do solo e plantio?    | O preparo do solo é feito com maquinários grandes para aração e gradeamento e esse processo se repete a cada ciclo produtivo, independente da condição do solo | Pretende mudar o preparo do solo com máquinas de menor porte                                              | Já em começo para trocar máquinas mais adequadas                                                           | Eu utilizo apenas quando o solo está degradado e na implantação do início do ciclo produtivo                | Não utilizo maquinário pesado e faço apenas o plantio direto                                                     |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|                         |                                                                           |                                                                                               |                                                               |                                                            |                                                                                     |                                                                                                                    |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | Como está a cobertura do solo (viva/morta)?                               | Solo exposto, descoberto                                                                      | Menos da metade do solo está coberto com plantas ou palhas    | Metade do solo está coberto com plantas ou palhas          | Mais da metade do solo está coberto com plantas ou palhas                           | O solo está coberto com plantas ou palhas                                                                          |
|                         | Foi feito o uso de fogo para preparo do solo?                             | Foi uso frequente em toda área                                                                | Feito uso em algumas áreas                                    | Pretende eliminar o uso do fogo                            | Faz parcialmente o uso do fogo, em pequenas áreas                                   | Não foi feito o uso de fogo                                                                                        |
|                         | Como é realizado o manejo das plantas espontâneas e de cobertura de solo? | Com uso de herbicida                                                                          | Capina manual em poucas áreas e uso de herbicidas no restante | Metade com capina manual e outra parte com herbicidas      | Capina manual em poucas áreas e uso de herbicidas em poucas áreas                   | Realiza a roçada                                                                                                   |
| Colheita e Pós-colheita | Como é realizada sua colheita?                                            | Colheita com máquinas pesadas e não adequadas ao tipo de solo (colheitadeira, tratores, etc.) | Pretende utilizar máquina menores e adequadas ao tipo de solo | Como a transição para máquinas adequadas ao tipo de solos. | Utiliza máquina ainda de grande porte, porém adequadas ao tipo de solo              | Utiliza máquinas de pequenos portes para realizar a colheita (derriça, soprador, etc.), adequadas ao tipo de solo. |
|                         | Como é realizado o transporte dos produtos colhidos?                      | Máquinas de grande porte                                                                      | Pretende utilizar máquinas de pequeno porte                   | Em transição para aquisição de máquinas de pequeno porte   | Parte da colheita é realizada com máquina de pequeno porte e outra de grande porte. | Máquina de pequeno porte para não compactação dos solos                                                            |

### 5.3.5 Indicadores de desempenho determinados no critério biodiversidade

Os indicadores elegíveis pelo critério de biodiversidade como pressupostos para determinação dos níveis de conformidade em Agricultura Regenerativa, pressupondo assim um nível de sustentabilidade, foram os sistemas de produção que apresentaram alta biodiversidade biológica e alta biodiversidade faunística, presença de polinizadores e baixa emissão de carbono. Outro fator relevante do indicador de desempenho da diversidade de espécies cultivadas pelos agricultores é a presença constante da fauna nativa nos sistemas de produção. Isso pode ser detectado e valorado pelo indicador da percepção da biodiversidade faunística na unidade de produção agrícola ou no entorno, pressupondo que essa presença da fauna seja positiva como fator de equilíbrio dos sistemas de produção e quanto à sanidade desses sistemas e à manutenção de sua produtividade (Mangabeira et al., 2021).

A biodiversidade exerce papel fundamental na dinâmica dos estoques de carbono, influenciando diretamente a capacidade dos ecossistemas de capturar, armazenar e estabilizar o carbono atmosférico. Diversos estudos mostram que ecossistemas com maior diversidade de espécies vegetais tendem a apresentar maior produtividade primária líquida, ou seja, maior geração de biomassa vegetal por meio da fotossíntese. Essa biomassa, ao se acumular na vegetação e no solo, representa a principal forma de sequestro de carbono da atmosfera. Tilman et al. (2001) demonstraram experimentalmente que a diversidade de espécies em pastagens está associada a um aumento proporcional no acúmulo de carbono no solo. De modo semelhante, Hooper et al. (2005) argumentam que a complementaridade funcional entre espécies – como variações na profundidade das raízes, no uso de luz e na eficiência nutricional – permite maior aproveitamento dos recursos do ambiente, resultando em ecossistemas mais eficientes na fixação de carbono.

Além da vegetação, a biodiversidade microbiana do solo também tem papel crucial na regulação dos estoques de carbono. A presença de fungos micorrízicos, bactérias fixadoras de nitrogênio, actinobactérias e outros decompositores contribui para a ciclagem de nutrientes e para a formação de agregados estáveis no solo que protegem a matéria orgânica da decomposição rápida. Esses processos favorecem a estabilização do carbono na forma de compostos orgânicos de longa duração, conhecidos como carbono recalcitrante ou carbono estável (Lehmann et al., 2020; Bardgett e Van Der Putten, 2014). Esse tipo de carbono tem alta permanência no solo, podendo durar décadas ou até séculos, e representa a fração mais relevante do ponto de vista da mitigação climática.

A biodiversidade também contribui para a resiliência dos estoques de carbono. Ecossistemas mais diversos são mais resistentes a distúrbios como secas, pragas ou eventos extremos de temperatura, mantendo a produtividade e evitando perdas rápidas de carbono armazenado. Loreau et al. (2002) e Isbell et al. (2011) argumentam que sistemas biodiversos são mais estáveis e apresentam maior capacidade de adaptação a mudanças ambientais, o que permite manter os estoques de carbono mesmo sob estresse climático.

Esse entendimento tem sido expandido nos últimos anos para incluir a biodiversidade faunística. Estudos demonstram que a presença de aves, polinizadores, predadores naturais e pequenos vertebrados influencia positivamente a saúde dos agroecossistemas, afetando diretamente a dinâmica do carbono. Kremen e Miles (2012) demonstram que a presença de fauna funcional em áreas agrícolas melhora os serviços ecossistêmicos de polinização, controle biológico e dispersão de sementes, o que contribui para maior produtividade vegetal e acúmulo de matéria orgânica. No Cerrado brasileiro, estudos de Barlow et al. (2010) evidenciam que áreas

agrícolas que mantêm corredores de vegetação nativa com alta diversidade de aves e mamíferos apresentam solos com maior teor de carbono e menor compactação, indicando o papel da fauna na ciclagem de nutrientes e na estrutura física do solo. Já Peres et al. (2016) demonstraram que a perda de mamíferos dispersores de sementes em áreas desmatadas da Amazônia está associada à diminuição da densidade de espécies vegetais de maior biomassa, reduzindo, portanto, o estoque potencial de carbono florestal.

Essas interações formam um ciclo positivo: quanto maior a biodiversidade – vegetal, microbiana e faunística –, maior o sequestro e a estabilização do carbono nos agroecossistemas. E quanto mais carbono orgânico há no solo, maior é a fertilidade, a retenção de água e a biodiversidade que ele é capaz de sustentar, criando um sistema autorreforçado de regeneração ecológica. A Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES, 2019) sintetiza essas evidências ao afirmar que a conservação da biodiversidade é uma das estratégias mais eficazes para enfrentar simultaneamente a crise climática e a degradação ambiental.

Portanto, promover a diversidade biológica – vegetal, edáfica e faunística – em sistemas agrícolas não é apenas uma questão de conservação, mas uma ferramenta concreta para ampliar os estoques de carbono, regenerar os solos, reduzir a dependência de insumos químicos e fortalecer a resiliência dos territórios frente às mudanças climáticas.

Assim, a métrica para determinar a conformidade quanto ao nível de regenerabilidade e sustentabilidade do critério biodiversidade dos sistemas de produção está delineada no Quadro 5.



Quadro 5  
Métrica para determinar a conformidade do critério biodiversidade da agricultura regenerativa sustentável

| Indicadores                            | Descrição/Perguntas                                                                                                                                                                  | Métrica 1                      | Métrica 2                                                 | Métrica 3                                           | Métrica 4                                                    | Métrica 5                                          |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                        |                                                                                                                                                                                      | NÍVEL MUITO BAIXO              | NÍVEL BAIXO                                               | NÍVEL MÉDIO                                         | NÍVEL ALTO<br>(já em transição regenerativo e agroecológico) | NÍVEL MUITO ALTO<br>(Regenerativo e agroecológico) |
|                                        |                                                                                                                                                                                      | Nota 1<br>Valor: -10           | Nota 2<br>Valor: -5                                       | Nota 3<br>Valor: 0                                  | Nota 4<br>Valor: +5                                          | Nota 5<br>Valor: +10                               |
| Indicador de Biodiversidade Vegetal    | Como você observa as espécies de vegetais presentes na propriedade de pequeno porte a grande porte?                                                                                  | Muito poucas espécies vegetais | Poucas espécies vegetais                                  | Razoáveis espécies vegetais                         | Muitas espécies vegetais                                     | Riqueza de espécies vegetais presentes             |
| Indicador de Biodiversidade Faunística | Como você observa a presença da microfauna no solo (minhocas, tatuzinhos, vários tipos de formigas e aranhas)?                                                                       | Não observo a presença         | Observo muito pouco a presença com pouquíssima quantidade | Observo muito pouco a presença com pouca quantidade | Observo a presença de vez em quando e em razoável quantidade | Observo a presença sempre e em grande quantidade   |
|                                        | Como você observa a presença de animais de pequeno porte na propriedade (mamíferos, aves, répteis, etc., por exemplo: passarinhos, macaquinhos, preás, cobras, sapos, entre outros)? | Não observo a presença         | Observo muito pouco a presença com pouquíssima quantidade | Observo muito pouco a presença com pouca quantidade | Observo a presença de vez em quando e em razoável quantidade | Observo a presença sempre e em grande quantidade   |
|                                        | Como você observa a presença de animais de médio porte na propriedade (mamíferos e aves, etc.). Por exemplo: macacos de médio porte, araras, papagaios, cotias, paca, entre outros)? | Não observo a presença         | Observo muito pouco a presença com pouquíssima quantidade | Observo muito pouco a presença com pouca quantidade | Observo a presença de vez em quando e em razoável quantidade | Observo a presença sempre e em grande quantidade   |
|                                        | Como você observa presença de animais de grande porte na propriedade e entorno perto (mamíferos de grande porte, por                                                                 | Não observo a presença         | Observo muito pouco a presença com pouquíssima quantidade | Observo muito pouco a presença com pouca quantidade | Observo a presença de vez em quando e em razoável quantidade | Observo a presença sempre e em grande quantidade   |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|                                             |                                                                                          |                        |                                                           |                                                     |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                             | exemplo: anta, capivara, onças, veados, entre outros)?                                   |                        |                                                           |                                                     |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                      |
| Indicador da Presença de Polinizadores      | Como você observa as espécies de insetos e polinizadores?                                | Não observo a presença | Observo muito pouco a presença com pouquíssima quantidade | Observo muito pouco a presença com pouca quantidade | Observo a presença de vez em quando e em razoável quantidade                                                                                                           | Observo a presença sempre e em grande quantidade                                                                                                                     |
| Indicador para manutenção da biodiversidade | Quais ações desenvolve para recuperar e aumentar a biodiversidade?                       | Não faço nada          | Pretendo fazer                                            | Em planejamento para recuperação da biodiversidade  | Faço alguma dessas ações: Uso de fertilizantes orgânicos, preservação de cursos hídricos, cultivo de polinizadores,                                                    | Faço todas essas ações: Uso de fertilizantes orgânicos, preservação de cursos hídricos, cultivo de polinizadores,                                                    |
|                                             | Há medidas para a conservação da biodiversidade e prevenção e contenção do desmatamento? | Não faço nada          | Pretendo fazer                                            | Em planejamento para recuperação da biodiversidade  | Faço alguma dessas ações: Faço aceiro, cercamento para conservação, respeito e preservo APP, tenho treinamento de brigada de incêndio, faço monitoramento da vegetação | Faço todas essas ações: Faço aceiro, cercamento para conservação, respeito e preservo APP, tenho treinamento de brigada de incêndio, faço monitoramento da vegetação |
| Presença de borboletas                      | Como é o avistamento de borboletas?                                                      | Muito baixa            | Baixa                                                     | Média                                               | Alta                                                                                                                                                                   | Muito Alta                                                                                                                                                           |

### 5.3.6 Indicadores de desempenho determinados no critério cultural

O primeiro importante a ser levantado neste protocolo é o conceito de cultura, ou seja, o modo como cada grupo humano atribui significados ao mundo natural, às coisas do mundo e às relações sociais. Por cultura entende-se os sistemas simbólicos que informam a visão de mundo, os usos e costumes de um povo, fazendo com que o seu modo de vida seja dotado de particularidade. A própria cultura fornece os esquemas cognitivos a partir dos quais as pessoas conduzem as suas práticas cotidianas. A cultura é dinâmica e aberta a mudanças, muitas das quais surgem a partir do contato com outras culturas. É o repertório de símbolos presente na forma como cada sociedade se apropria do seu ambiente e na forma como constrói seu espaço (ACT Brasil, 2008).

A importância do critério cultural para avaliação da sustentabilidade de indivíduos vivendo em comunidades e territórios de forma individual ou coletiva depende de como as pessoas se engajam na defesa do lugar a partir da perspectiva da diferença econômica, ecológica e cultural que suas paisagens, culturas e economias incorporam em relação aos setores mais dominantes da sociedade (Escobar, 2008).

Qual é o papel do processo cultural na manutenção da sustentabilidade e dos sistemas de produção ao longo do tempo? Quanto dos indicadores culturais podem refletir e medir os valores incorporados nos produtos oriundos da agricultura? Qual é a relação das festividades e esportes incorporados nesses processos? Berkes (1999) expressa que “um corpo cumulativo de conhecimento, prática e crença, evoluindo por processos adaptativos e transmitido através de gerações por transmissão cultural, sobre a relação dos seres vivos (incluindo humanos) uns com os outros e com seu ambiente são mantenedoras de tecnologias tradicionais por intermédio de ‘conhecimento ambiental tradicional’ na sustentação das comunidades ao longo do tempo.

Assim, ao longo do tempo, as interpretações convencionais confundem a sustentabilidade com a perdurabilidade da produção e do máximo rendimento. Goodman e Redclift (1991) afirmam que qualquer definição de sustentabilidade deve levar em conta necessariamente as dimensões cultural e estrutural, bem como suas complexidades.

A introdução da dimensão cultural aumenta a complexidade da questão, sendo necessário o uso de uma metodologia capaz de lidar com toda a subjetividade envolvida nesse processo de tomada de decisão. Assim, são necessários estudos que visem contribuir para a conquista de um processo sustentável de uma reunião ou propriedade, estabelecendo um processo de tomada de decisão pautado nas opiniões do agricultor ou gestor da propriedade, respeitando principalmente as questões culturais do problema e suas negociações na manutenção dos sistemas de produção.

Ao mostrar a importância da cultura para negociações e manutenção de práticas culturais, muitas vezes dependentes do ambiente natural, Castro (2012) reconhece os vínculos entre a cultura humana e o ambiente natural na Amazônia como inseparáveis e em constante negociação.

Assim, o sexto critério para o desenvolvimento do protocolo de transição regenerativa sustentável é a questão cultural, importante por considerar os valores e visões de mundo de diferentes localidades e regiões, na construção de uma população educada, apta a contribuir com este desenvolvimento.

Em suma, a sustentabilidade inclui, em sua hierarquia, a noção de preservação e conservação da base dos recursos naturais como condição essencial para a continuidade dos processos de reprodução socioeconômica e cultural da sociedade, em geral, e de produção agropecuária, em particular, numa perspectiva que considere tanto as atuais como as futuras gerações, pautadas em seus domínios culturais dos sistemas de produção.

Assim, a métrica para determinar a conformidade quanto ao nível de regenerabilidade e sustentabilidade do critério cultural dos sistemas de produção está delineada no Quadro 6.

Quadro 6  
Métrica para determinar a conformidade do critério cultural da agricultura regenerativa sustentável

| Indicadores                                  | Descrição/Perguntas                                                                                                            | Métrica 1            | Métrica 2                     | Métrica 3                                                       | Métrica 4                                                    | Métrica 5                                                    |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                              |                                                                                                                                | NÍVEL MUITO BAIXO    | NÍVEL BAIXO                   | NÍVEL MÉDIO                                                     | NÍVEL ALTO<br>(já em transição regenerativo e agroecológico) | NÍVEL MUITO ALTO<br>(Regenerativo e agroecológico)           |
|                                              |                                                                                                                                | Nota 1<br>Valor: -10 | Nota 2<br>Valor: -5           | Nota 3<br>Valor: 0                                              | Nota 4<br>Valor: +5                                          | Nota 5<br>Valor: +10                                         |
| Participação e promoção de eventos culturais | O Sr(a) participa de algum evento cultural na propriedade ou na sua comunidade, associação ou cooperativa?                     | Não participo        | Participo pouco na comunidade | Participo pouco na comunidade e de vez em quando na propriedade | Participo pouco na comunidade e regularmente na propriedade  | Participo em todos os eventos na comunidade e na propriedade |
|                                              | Promove na propriedade e/ou comunidade, associação ou cooperativa eventos de música (concertos, competições de bandas locais)? | Não promovo          | Promovo pouco na comunidade   | Promovo pouco na comunidade e de vez em quando na propriedade   | Promovo pouco na comunidade e regularmente na propriedade    | Promovo sempre eventos na comunidade e na propriedade        |
|                                              | Promove na propriedade e/ou comunidade, associação ou cooperativa eventos de teatro (peças, apresentações de grupos locais)?   | Não promovo          | Promovo pouco na comunidade   | Promovo pouco na comunidade e de vez em quando na propriedade   | Promovo pouco na comunidade e regularmente na propriedade    | Promovo sempre eventos na comunidade e na propriedade        |
|                                              | Promove na propriedade e/ou comunidade, associação ou cooperativa eventos de dança (dança de salão, forró, axé, samba)?        | Não promovo          | Promovo pouco na comunidade   | Promovo pouco na comunidade e de vez em quando na propriedade   | Promovo pouco na comunidade e regularmente na propriedade    | Promovo sempre eventos na comunidade e na propriedade        |
|                                              | Promove na propriedade e/ou comunidade, associação ou cooperativa eventos esportivos?                                          | Não promovo          | Promovo pouco na comunidade   | Promovo pouco na comunidade e de vez em quando na propriedade   | Promovo pouco na comunidade e regularmente na propriedade    | Promovo sempre eventos na comunidade e na propriedade        |

|                              |                                                                                                                                                                                  |                                               |                                                                                 |                                                                                                          |                                                                                                               |                                                                                               |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | Há liberdade para participação da família e de colaboradores que trabalham na propriedade em participar de eventos culturais (esporte, religioso, teatro, danças, entre outros)? | Não há liberdade                              | Pouca liberdade                                                                 | Para alguns eventos há liberdade                                                                         | Razoável liberdade                                                                                            | Tem liberdade total para participação                                                         |
| Calendário cultural anual    | Na propriedade e/ou comunidade, associação ou cooperativa, há um calendário cultural anual (carnaval, Páscoa, rituais religiosos, festas agrícolas)?                             | Não há calendário cultural anual              | Há um calendário cultural anual, mas com poucas atividades no ano               | Há um calendário cultural anual, mas respeitando somente os feriados oficiais                            | Há um calendário cultural anual, mas com algumas atividades no ano, fora os feriados oficiais                 | Há um calendário cultural anual, com muitas atividades no ano, além dos feriados oficiais.    |
| Mutirões de apoio            | Na propriedade e/ou comunidade, associação ou cooperativa, o Sr(a) participa de algum mutirão de apoio (construção, pintura, reformas, limpeza das áreas comuns)?                | Não participo                                 | Participo pouco na comunidade                                                   | Participo pouco na comunidade e de vez em quando na propriedade                                          | Participo pouco na comunidade e regularmente na propriedade                                                   | Participo em todos os eventos na comunidade e na propriedade                                  |
|                              | Na propriedade e/ou comunidade há mutirões de apoio cultural anuais e liberdade para participar na organização de festas e eventos?                                              | Não há nem na propriedade e nem na comunidade | Há na comunidade, mas sem liberdade de participar                               | Há na comunidade, mas com pouca liberdade de participar                                                  | Há na comunidade, mas com alguma liberdade de participar                                                      | Há na propriedade e na comunidade, com total liberdade para participar.                       |
| Centro ou espaço comunitário | Na propriedade e/ou comunidade, associação ou cooperativa, há um centro comunitário aberto à população (espaço comunitário para lazer, religioso, cultural, esporte)?            | Não há                                        | Há pouco espaço na comunidade, não adequado para todas as atividades culturais  | Há razoável espaço na comunidade, mas ainda não adequado para todas as atividades culturais              | Há razoável espaço na comunidade e na propriedade, mais ainda não adequado para todas as atividades culturais | Há espaço suficiente na comunidade e na propriedade para todas as atividades culturais.       |
| Liderança                    | Na propriedade e/ou comunidade, associação ou cooperativa, há treinamento e capacitação para novas lideranças comunitárias para promoção e incentivos aos eventos culturais?     | Não há                                        | Há treinamento para lideranças comunitárias, mas muito poucos jovens participam | Há treinamento para lideranças comunitárias, em que alguns jovens participam, mas com pouca participação | Há treinamento para lideranças comunitárias, em que alguns jovens participam com alguma regularidade          | Há treinamento para lideranças comunitárias e muitos jovens participam com grande frequência. |

Protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável no Brasil

|                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                        |                  |                                                                               |                                                                                |                                                                           |                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                         | Existem incentivos para os jovens continuarem com o legado dos saberes e cultura local?                                                                                                | Não              | Existe muito pouco                                                            | Existe em alguns casos                                                         | Existe razoável incentivo                                                 | Incentivo total para continuarem o legado dos saberes e da cultura local.            |
| Percepção ou incorporação cultural dos saberes ancestrais nos sistemas de produção                                                      | Há percepção, liberdade e/ou discriminação de atuação na propriedade, pelos gestores, sobre os saberes culturais ancestrais incorporados nos sistemas de produção agrícolas?           | Não há           | Há, porém muito pouco usado, e com pouca liberdade e discriminação para o uso | Há, porém muito pouco usado, e com alguma liberdade e discriminação para o uso | Há, mas é usado com razoável liberdade, e com alguma discriminação de uso | Há forte percepção, com liberdade de uso se sem discriminação                        |
| Reconhecimento do legado dos líderes do passado na manutenção cultural e forma de viver da comunidade                                   | Há percepção, liberdade e/ou discriminação do legado cultural das lideranças do passado na manutenção cultural e forma de viver na propriedade e/ou comunidade?                        | Não há           | Há, porém com pouca liberdade e muita discriminação                           | Há, porém com alguma liberdade e muita discriminação                           | Há, porém com alguma liberdade e pouca discriminação                      | Há, com muita liberdade e sem discriminação.                                         |
| Motivação de pertencimento cultural para manutenção da comunidade ou manutenção dos saberes culturais para continuidade da propriedade. | Há motivação por parte dos gestores da propriedade em motivar o pertencimento cultural do viver da comunidade e a manutenção dos saberes culturais para a continuidade da propriedade? | Não há motivação | Há pouca motivação                                                            | Existe alguma motivação                                                        | Tem razoável motivação                                                    | Motivação total para manter o pertencimento cultural da comunidade e da propriedade. |

## 6. Considerações finais

O protocolo Padrão de Agricultura Regenerativa Sustentável (PARS) contribui para a classificação das fases de transição da produção regenerativa e foi estruturado com o intuito de orientar a elaboração simplificada de diagnóstico e avaliação da sustentabilidade multicritério, em formato geodigital, de sistemas de produção agrícola, de forma individual ou coletiva, no Brasil.

A adoção dos princípios embasados nesse protocolo é um dos principais caminhos possíveis para uma produção de alimentos que seja sustentável em múltiplos aspectos: econômico, cultural, social, ambiental, técnico e de governança.

Os resultados permitem subsidiar a tomada de decisões estratégicas, táticas e operacionais na gestão e governança das unidades de produção agrícolas e valoração dos serviços socioambientais, pelos agricultores, gestores de cooperativas ou associações, em parceria com técnicos de extensão rural, agentes de desenvolvimento local, pesquisadores, professores e alunos de cursos de nível médio e superior com enfoque em desenvolvimento rural sustentável. Foi dada preferência a métodos de aplicação fácil, rápidos e de baixo custo, de forma a dispensar, se não completamente, pelo menos parcialmente, a necessidade de apoio de atores externos especializados no tema.

A existência de um protocolo público e transparente para caracterizar e acompanhar o processo de transição para agricultura regenerativa contribui para o amplo reconhecimento da adoção dos princípios da sustentabilidade multicritério pelos agricultores em seus sistemas de produção. Isso facilita a viabilização e a implementação de políticas públicas e mecanismos de mercado que incentivem e suportem a transição para uma agricultura de baixa emissão de carbono das unidades produtivas agrícolas, gerando benefícios e fluxos de caixa para toda a sociedade.

Em última instância, o propósito deste protocolo é o envolvimento direto dos usuários no processo de avaliação e monitoramento de seu sistema produtivo, facilitando a compreensão da dimensão multicritério da sustentabilidade que está sendo analisada e das incertezas associadas, e de como resolver as dificuldades encontradas para melhorar a gestão da sustentabilidade, por intermédio de uma transição para agricultura regenerativa de baixa emissão de carbono.

A proposição desta metodologia, embasada no presente protocolo, busca apoiar as premissas estabelecidas, convergindo para uma produção sustentável, como indicador de valoração, precificação e pagamentos de serviços socioambientais, provenientes deste tipo de agricultura de baixa emissão de carbono.

## Referências bibliográficas

ACT BRASIL. *Metodologia de mapeamento cultural colaborativo*. Brasília: ACT Brasil, 2008. (Série Mapeamento, Manejo e Proteção, n. 1).

ADRIAANSE, A. *Environmental policy performance indicators: a study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands*. The Hague: Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, 1993. 175p.

ALTAIERI, M. A. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. 2. ed. Boulder, CO: Westview; London: IT Publication, 1995. 433p. DOI: <https://doi.org/10.3362/9781788532310>.

- ALTAIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de La sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, Costa Rica, n. 64, p. 17-24, 2002.
- ALVES, B. et al. Dinâmica do carbono em solos sob pastagens. In: SANTOS, G. de A. et al. (Org.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 561-569.
- AMANN, T. et al. Enhanced weathering and related element fluxes – A Cropland Mesocosm Approach. *Biogeosciences*, v. 17, p. 103-119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-17-103-2020>.
- ASSAD, E. D. et al. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. *Biogeosciences*, v. 10, n. 10, p. 6141-6160, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-10-6141-2013>.
- ASSAD, E. D. et al. Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. In: BUNGENSTAB, D. J. et al. (Org.). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília, DF: Embrapa, 2019.
- BARDGETT, R. D.; VAN DER PUTTEN, W. H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, v. 515, n. 7528, p. 505-511, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature13855>.
- BARLOW, J. et al. Improving the design and management of forest strips in agroecosystems for biodiversity conservation. *Conservation Biology*, v. 24, n. 5, p. 1357-1364, 2010.
- BEER, J.; LUCAS, C.; KAPP, G. Reforestación con sistemas agrosilviculturales permanentes vrs plantaciones puras. *Agroforestería en las Américas*, Turrialba, v. 3, n. 1, p. 21-25, jul./set. 1994.
- BEERLING, D. J. et al. Potential for large-scale CO<sub>2</sub> removal via enhanced rock weathering with croplands. *Nature*, v. 583, p. 242-248, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2448-9>.
- BERKES, F. *Sacred ecology*. Philadelphia: Taylor & Francis, 1999.
- BOLFE, E. L. *Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa de biomassa e de carbono em sistemas agroflorestais por meio de imagens orbitais*. 2010. 233f. Tese (Doutorado)– Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2010.
- BONTEMPI, R. M.; RODRIGUES GUERRA, B.; RANIERI, V. E. L. *Introdução ao instrumento econômico Pagamento por Serviços Ambientais*: boas práticas e integração com instrumentos de planejamento. São Carlos: EESC/USP, 2025.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. *Novo Módulo de Regularização Ambiental – MRA do SICAR*. Brasília, DF, 2023.
- CASTRO, Eduardo Viveiros de. Stranger-events and subjects in Amazonia. *HAU: Journal of Ethnographic Theory*, v. 2, n. 1, p. 27-43, 2012. DOI: <https://doi.org/10.14318/hau2.1.003>.
- CERRI, C. E. P. et al. Potential of soil carbon sequestration in the Amazonian Tropical Rainforest. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C. E. P. *Carbon sequestration in soils of Latin America*. New York: Haworth, 2006. p. 245-266.
- COLEMAN, J. Social capital in the creation of human capital. *American Journal of Sociology*, v. 94, p. 95-129, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1086/228943>.



COSTA JUNIOR, C.; POTENZA, R. F.; QUINTONA, G. de O.; PIATTO, M. *Balanço das emissões e remoções de gases de efeito estufa na agricultura familiar* – Programa Floresta de Valor de São Félix do Xingu – PA. IMAFLORA, dez. 2019.

DE MORAES, et al. Potencial de captura de CO<sub>2</sub> atmosférico por intemperismo aprimorado em Mato Grosso: estudo de casos. *Pesquisa em Geociências*, UFRGS, v. 51, n. 4, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.143683>.

EDWARDS, N. R. et al. Deploying BECCS at scale: a comparison of cost and climate effects. *Environmental Research Letters*, v. 12, p. 085001, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5b39>.

EMBRAPA. *Indicadores agroambientais*. Brasília: Embrapa Solos, 2023.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Biocarvão e bioinsumos na agricultura brasileira*. Brasília: EPE, 2024.

ESCOBAR, Arturo. *Territories of difference*. Durham, NC: Duke University Press, 2008.

FERNANDES, E. C. M. Agroforestry for productive and sustainable landscapes in the face of global change. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. et al. (Org.). *Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável*. Campos de Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. p. 15-31.

FIDALGO, E. C. C. et al. *Estoque de carbono nos solos do Brasil*. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos).

FUKUYAMA, F. *Confiança: as virtudes sociais e a criação da prosperidade*. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.

GARCIA, E. P. de A. *Elaboração de Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) para as atividades agropecuárias de Araras/SP, considerando as características físico-químicas dos solos do município*. 2017. 64f. Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, SP, 2017.

GOODMAN, D.; REDCLIFT, M. *Refashioning nature: food, ecology and culture*. London: Routledge, 1991.

GUBIANI, C. A. et al. Características de governança corporativa das OSCIPS do Programa de Microcrédito do BADESC. *Revista Contabilidade Vista & Revista*, Belo Horizonte, v. 22, n. 4, p. 47-72, out./dez. 2011.

HAMMOND, A. et al. *Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*. Baltimore: World Resources Institute Publications, 1995. 302p.

HARTMANN, J. et al. Enhanced chemical weathering as a geoengineering strategy to reduce atmospheric carbon dioxide, supply nutrients, and mitigate ocean acidification. *Reviews of Geophysics*, v. 51, p. 113-149, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/rog.20004>.

HAWKEN, P. *Drawdown: 100 iniciativas poderosas para resolver a crise climática*. Barueri, SP: Manole, 2019. 75p.

HOOPER, D. U. et al. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, v. 75, n. 1, p. 3-35, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1890/04-0922>.

IBGC – INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA. *Código das melhores práticas de governança corporativa*. 3. ed. São Paulo: IBGC, 2004.

IPBES – INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. 2019.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Fifth Assessment Report (AR5), Working Group I*. 2013.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Guidelines for national greenhouse gas inventories* – v. 4: Agriculture, forestry and other land use. 2006.

ISELL, F. et al. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature*, v. 477, n. 7363, p. 199-202, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature10282>.

JANNUZZI, P. M. *Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações*. Campinas, SP: Alínea, 2004.

JEFFERY, S. et al. Biochar boosts crop yield in tropical soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 232, p. 1-6, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.001>.

KANTOLA, I. B. et al. Agronomic assessments of soil carbonate chemistry following basalt application for carbon sequestration. *Geoderma*, v. 306, p. 285-292, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.09.033>.

KASSAI, J. R.; CARVALHO, N.; SEYITI KASSAI, J. R. *Contabilidade ambiental: relato integrado e sustentabilidade*. São Paulo: Atlas, 2019.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. *Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. New York: John Wiley, 1976.

KELLEND, et al. Increased yield and CO<sub>2</sub> sequestration potential with the C4 cereal *Sorghum bicolor* cultivated in basaltic rock dust-amended agricultural soil. *Global Change Biology*, v. 26, n. 6, p. 3658-3676, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15089>.

KHANNA, N. Measuring environmental quality: an index of pollution. *Ecological Economics*, v. 35, n. 2, p. 191-202, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00197-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00197-X).

KREMEN, C.; MILES, A. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society*, v. 17, n. 4, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-05035-170440>.

LACLIMA. *Bioinsumos para uma agricultura de baixa emissão*. Publicação técnica, 2022.

LEHMANN, J. et al. Biochar in climate change mitigation. *Nature Geoscience*, v. 14, p. 883-892, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00852-8>.

LEHMANN, J. et al. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 11, n. 2, p. 403-427, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-005-9006-5>.

LEHMANN, J. et al. Biochar, enhanced weathering and other soil-based carbon removal strategies: state of science and policy implications. *Nature Reviews Earth & Environment*, v. 1, p. 421-432, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>.

- LEHMANN, J. et al. Persistence of soil organic carbon caused by functional complexity. *Nature Geoscience*, v. 13, p. 529-534, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0612-3>.
- LIMA, A. P. de et al. *Administração da unidade de produção familiar: modalidades de trabalho com agricultores*. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2005. 222p.
- LIMA, L. F. et al. *Índice Multicritério de Sustentabilidade (IMS) na Reserva Extrativista Chico Mendes, Acre – Brasil*. Campinas: Unicamp. Instituto de Economia, nov. 2023. (Texto para Discussão, n. 457).
- LIMA, L. F. *Processo sociotécnico MACBETH de apoio multicritério à decisão e a organização de comunidades tradicionais: o caso da comunidade do Marujá no Vale do Ribeira – SP*. 2012. 171 f. Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, SP, 2012.
- LIMA, L. F.; ABREU, L. S.; ROMEIRO, A. R. Políticas públicas e o desenvolvimento de sistemas agroalimentares orgânicos: o caso da Dinamarca. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 18, n. 6, p. 724–740, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33240/rba.v18i6.51303>.
- LINHARES, S. F. T. P.; ZAKIA, M. J. B.; PICHARILLO, C. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA): quando usar, concepção, execução e boas práticas. In: DIÁLOGOS da conservação [livro eletrônico]. Nazaré Paulista, SP: IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas, 2024.
- LOREAU, M. et al. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science*, v. 294, n. 5543, p. 804-808, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1064088>.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 133-146, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>.
- MANGABEIRA, J. A. C. et al. *Valoração de serviços ecossistêmicos: estado da arte dos sistemas agroflorestais (SAFs)*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011. 47p. il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 91).
- MANGABEIRA, J. A. C. et al. Valoração econômica da biomassa dos parques – o carbono estocado. In: ALVES, J. M.; OLIVEIRA, G. G.; MERELLES, A. E. de. *Valoração econômica ambiental: em áreas protegidas na Bahia*. Ilhéus, BA: UESC/SEMA, 2020.
- MANGABEIRA, J. A. C.; PINTO, D. M.; SCARAZATTI, B. *Guia metodológico: geração de indicadores de desempenho e índice multicritério de sustentabilidade para agricultura familiar no bioma Amazônia*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2021.
- MANZATTO, C. V. et al. Contribuição do plantio direto para mitigação e a adaptação às mudanças climáticas. *Revista AGROANALYSIS – FGV*, dez. 2019.
- MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. *Café na Amazônia*. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- MASERA, O.; ASTIER, M.; LOPEZ-RIDAURA, S. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS*. México: Mundiprensa, 1999.
- MATTE, A.; SPANEVELLO, R. M.; AZEVEDO, L. F. de. A reprodução social na agricultura familiar: a saída dos filhos e o encaminhamento do patrimônio entre agricultores sem sucessores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SOBER, 2010.

- MEDEIROS, R.; YOUNG, C. E. F. *Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: relatório final*. Brasília: UNEP-WCMC, 2011. 120p.
- MONTSERRAT, F. et al. Dissolution of silicate minerals and the global carbon cycle. *Nature Communications*, v. 8, p. 15498, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01285-6>.
- OLIVEIRA, E. W. M. *Avaliação de desempenho organizacional de cooperativas de crédito: uma análise à luz da teoria da agência dos pontos de vista de cooperados*. 2018. 323f. Tese (Doutorado em Administração)–Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- OOSTINDIE, H.; RUDOLF, B.; BRUNORI, G.; PLOEG, J. D. van der. The endogeneity of rural economies. In: PLOEG, J. D. van der; MARSDEN, T. (org.). *Unfolding webs: the dynamics of regional rural development*. Assen: Van Gorcum, 2008. p. 53-67.
- PADRÃO PROTERRA: práticas ProTerra Standard e agricultura regenerativa, fev. 2025. Disponível em: <https://www.proterrafoundation.org/news/proterra-standard-and-regenerative-agriculture-practices/>. Acesso em: 5 jul. 2025.
- PERES, C. A. et al. Dispersal limitation induces long-term biomass collapse in overhunted Amazonian forests. *PNAS*, v. 113, n. 4, p. 892-897, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1516525113>.
- PEZZOPANE, C. B. et al. Manejo de eucaliptos em sistemas agroflorestais: parâmetros de produtividade e transmitância PAR. *Agricultura, Ecosystemas e Meio Ambiente*, v. 312, 2021.
- PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. (Coord.). *Sumário executivo: mitigando mudanças climáticas no setor agrícola: estoque de carbono nos solos da Amazônia-Brasil*. Brasília, DF: Embrapa; Campinas: Unicamp, 2014. 25p.
- PRABHU, R.; COLFER, C. J. P.; DUDLEY, R. G. *Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management*. Indonésia: CIFOR, 1999.
- PROTERRA. *Environmental footprint of ProTerra-certified soybean products*. 2024.
- PUTNAM, R. D. *Comunidade e democracia: a experiência da Itália moderna*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002.
- RACHWAL, F. G. et al. Estoque de carbono e viabilidade econômica de erva-mate sombreada e sob pleno sol: estudo de caso em Cruz Machado e Bituruna, PR. *Documentos / Embrapa Florestas*, n. 390, Colombo: Embrapa Florestas, 2023.
- RAIFFA, H. Decision analysis: a personal account of how it got started and evolved. In: EDWARDS, W.; MILES, J. R. F.; WINTERFELDT, D. V. (Ed.). *Advances in decision analysis*. New York, NY: Cambridge University Press, 2007. p. 57-70. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511611308.005>.
- REBECCA, R. *Uma experiência em fortalecimento institucional de organizações sem fins lucrativos*. São Paulo: Via Imprensa Edições e Arte, 2014.
- REISDORFER, V. K. *Introdução ao cooperativismo*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2014.
- REZENDE, E. I.; ANGELO, L. C.; DOS SANTOS, S. S.; MANGRICH, A. S. Biocarvão (biochar) e sequestro de carbono. *Revista Virtual de Química*, v. 3, n. 5, p. 426-433, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20110046>.

- ROMEIRO, A. R. et al. Multicriteria Sustainability Index (MSI) in the Chico Mendes Extractive Reserve, in the state of Acre, Brazil. Springer Nature Singapore, jul. 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/book/9789819658893>. Acesso em: 5 jul. 2025.
- ROY, B. *Multicriteria methodology for decision aiding*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1986. 167p.
- SAI PLATFORM. *Regenerating together: a global framework for regenerative agriculture*. Sept. 2023.
- SCHMIDT, H. P. et al. Biochar as a soil amendment and carbon sink – a global perspective. *GCB Bioenergy*, v. 11, p. 1185-1200, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12665>.
- SHIELDS, D.; SOLAR, S.; MARTIN, W. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. *Ecological Indicators*, v. 2, n. 1-2, p. 149-160, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00042-0](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00042-0).
- SHOUDHO, K. N. et al. Biochar in global carbon cycle: towards Sustainable Development Goals. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 100409, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100409>.
- SICHE, R. et al. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v. 10, n. 2, p. 137-148, jul./dez. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200009>.
- SIQUEIRA NETO, M. et al. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi – PR – sequestro de carbono no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1013-1022, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400025>.
- SMITH, P. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, v. 22, p. 1315-1324, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13178>.
- SOUZA, J. L. et al. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. *IDESIA (Chile)*, v. 30, n. 1, p. 7-15, jan./abr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292012000100002>.
- SOUZA, J. L. Reciclagem e sequestro de carbono na agricultura orgânica. In: *FERTIBIO 2010*, Guarapari, ES: Incaper, 2010. 12p.
- TARRE, R. M. et al. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic Forest region of the south of Bahia, Brazil. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 234, n. 1, p. 15-26, jul. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1010533721740>.
- TAVARES, E. D. *Da agricultura moderna à agroecológica: análise da sustentabilidade de sistemas agrícolas familiares*. Fortaleza: Banco do Nordeste; Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 245 p.
- TAVARES, E. D. *Da agricultura moderna à agroecológica: análise da sustentabilidade de sistemas agrícolas familiares*. 2004. 230p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável)– Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2004.
- TAYLOR, L. L. et al. Enhanced weathering strategies for stabilizing climate and averting ocean acidification. *Nature Climate Change*, v. 6, p. 402-406, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2882>.

TILMAN, D. et al. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, v. 294, n. 5543, p. 843-845, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1060391>.

TORRES, C. M. M. E. *Estocagem de carbono e inventário de gases de efeito estufa em sistemas agroflorestais, em Viçosa, MG*. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

TORRES, C. M. M. E. et al. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 34, n. 79, p. 235-244, jul./set. 2014. DOI: <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.79.633>.

VIEIRA, J. L. *Código florestal e legislação complementar*. 2. ed. São Paulo: Edipro, 2019. 270p.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000003>.

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). *Business guidance for deeper regeneration: regenerative agriculture metrics: climate chapter*. Jan. 2024.

WOOLF, D. et al. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications*, v. 1, n. 5, p. 56, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms1053>.

ZUGAIB, A. C. C. et al. *Valoração ambiental do sistema cacau Cabruca para efeito de crédito rural em Barro Preto, Bahia*. Brasília: MAPA, 2017.