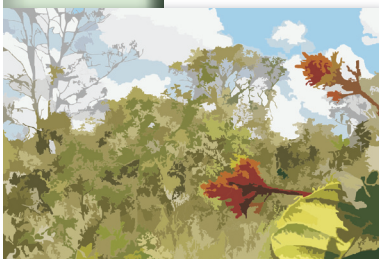


Capítulo 6

Avaliação Participativa do Manejo de Agroecossistemas Utilizando Indicadores de Sustentabilidade: instrumento para capacitação em agroecologia e promoção da agrobiodiversidade no Assentamento Cunha

*Cynthia Torres de Toledo Machado
Mariane Carvalho Vidal
Fabio Bueno dos Reis Jr.
Ornelio Guedes da Silva*



Avaliação Participativa do Manejo de Agroecossistemas Utilizando Indicadores de Sustentabilidade: instrumento para capacitação em agroecologia e promoção da agrobiodiversidade no Assentamento Cunha

Introdução

A diversificação produtiva constitui alternativa primordial para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, constituindo uma das premissas básicas da produção agroecológica.

A agricultura baseada na diversificação é capaz de gerar rendimentos satisfatórios no médio e longo prazo, mediante o uso de estratégias de manejo que integrem todos os componentes da unidade produtiva (cultivos, animais, vegetação natural) para melhorar a eficiência biológica do sistema. Assim, a capacidade produtiva do agroecossistema é mantida ao mesmo tempo em que a biodiversidade é conservada e que são geradas condições favoráveis à autorregulação do sistema.

Se o objetivo é transitar em direção à sustentabilidade da agricultura, é necessário que o sistema cumpra com os seguintes propósitos: (a) produção diversificada, estável e eficiente; (b) segurança e autossuficiência alimentar; (c) uso de práticas agroecológicas ou tradicionais de manejo; (d) preservação do conhecimento local; (e) gestão da unidade produtiva com base no aproveitamento dos recursos; (f) processos participativos de gestão da unidade produtiva; e (g) conservação e regeneração dos recursos naturais (ALTIERI, 1994; GLIESSMAN, 2001; ALTIERI, 2002).

Não se trata de um processo imediato, principalmente em ambientes degradados tanto física e socialmente, como os encontrados nos assentamentos de reforma agrária como o que constituiu objeto deste trabalho.

A obtenção de produção satisfatória, estável, com benefícios equitativamente distribuídos, aproveitando os recursos disponíveis na propriedade e aliando a atividade produtiva à conservação dos recursos naturais, requer, sobretudo, mudanças nos sistemas de produção. Essas alterações, por sua vez, devem ir além da substituição de insumos, mas constituir mudanças de paradigmas fundamentadas em capacitação, troca de experiências e respeito ao conhecimento local.

Em projetos cujas metodologias participativas constituam uma das principais premissas, a aplicação de metodologias de indicadores de sustentabilidade deve, além de caracterizar e monitorar os sistemas, fornecer às comunidades a capacidade de observar, avaliar e tomar decisões, adaptando as técnicas às condições socioeconômicas e biofísicas dos agricultores e seus agroecossistemas.

Como Transitar em Direção à Sustentabilidade

Para cultivar, há que se empregar técnicas, e estas respondem sempre a princípios ou ideias orientadoras. No caso da agroecologia, são o resultado da aplicação de princípios integradores que resgatam o saber campesino e aplicam os conceitos da ciência moderna compatíveis com o ambiente. Em termos práticos, aplicar os princípios agroecológicos ao manejo das propriedades agrícolas é uma tarefa necessária, que se realiza com a intenção de: (a) melhorar a produção de alimentos e oferecer o excedente ao mercado, mas com melhores preços; (b) ter êxito na produção, resgatando e revalorizando os cultivos tradicionais, com os quais se diversifica a produção e a dieta alimentar; (c) diversificar e reduzir os riscos de clima e pragas, melhorando os ganhos com

o tempo; (d) valorizar os conhecimentos e as técnicas de nossos antepassados, porque ali se encontram muitas soluções para o bom manejo das propriedades; (e) melhorar a produção das parcelas utilizando, de forma eficiente, os recursos do local, sem desperdiçar o espaço nem os recursos escassos da unidade produtiva; (f) regenerar e conservar a água e o solo quando do manejo da parcela, porque ajudam a controlar a erosão, o reflorestamento e a cobertura vegetal (GLIESSMAN, 2001; ALTIERI, 2002).

A Metodologia Empregada

A metodologia empregada é denominada *Sistema de Avaliação Rápida da Qualidade do Solo e Sanidade dos Cultivos*. Proposta por Altieri e Nicholls (2002) e Nicholls et al. (2004), o método permite aos agricultores medidas de sustentabilidade de uma maneira comparativa ou relativa, por meio da comparação, ao longo do tempo, num mesmo agroecossistema ou da comparação de dois ou mais agroecossistemas que estão sob diferentes estágios de transição ou sob diferentes práticas de manejo (ALTIERI; NICHOLLS, 2002). Isso possibilita que os agricultores avaliem os sistemas mais saudáveis e as propriedades que se destacam, possibilitando que, conjuntamente, identifiquem processos e interações biológicas que expliquem seu desempenho superior. Essas informações serão traduzidas para práticas específicas que otimizem os processos agroecológicos desejáveis.

O ponto-chave da metodologia é a compreensão de que existem, segundo Altieri (2002), duas funções no ecossistema que devem estar presentes na agricultura: a diversidade dos micro-organismos, plantas e animais e a ciclagem biológica de nutrientes da matéria orgânica, fazendo com que o objetivo desse método (ALTIERI; NICHOLLS, 2002; NICHOLLS et al., 2004) seja avaliar o manejo do agroecossistema por meio de indicadores sensíveis e fáceis de estimar em campo, por meio da atribuição de notas, que variam de 1 a 10, as características relacionadas à sanidade dos cultivos e qualidade de solo e relevantes para as condições de determinados agricultores ou comunidades.

Uma lista de possíveis indicadores-padrão para os atributos de solo e manejo dos cultivos (Tabelas 1 e 2) foi apresentada aos agricultores para que fossem escolhidos, de forma participativa, quais seriam determinados. Avaliou-se se todos são aplicáveis àquela determinada realidade e também se há algum indicador “local” que devesse ser incorporado, bem como suas características. Procedeu-se, a seguir, a explicação detalhada de cada indicador e suas características, antes e durante a atividade de campo, enfatizando, em cada um desses momentos, a importância da participação dos membros das famílias.

Esses indicadores se originam, de uma maneira geral, de efeitos registrados em iniciativas e estratégias de desenvolvimento de formas mais sustentáveis de produção de alimentos de programas baseados em agroecologia, relativos aos efeitos no solo (aumento no conteúdo de matéria orgânica, estímulo à atividade biológica, redução na erosão, melhoria na estrutura, reciclagem e retenção de nutrientes), efeitos sobre pragas e doenças (diversificação cultural reduzindo pragas e estimulando inimigos naturais, consórcios reduzindo patógenos) e efeitos sobre a produção (maior estabilidade e diversidade, menores riscos).

Tabela 1. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas – *sanidade dos cultivos* – com seus valores e características correspondentes. Valores entre 1 e 10 podem ser assumidos para cada indicador.

Valor estabelecido	Características	Valor estimado
1. Aparência geral da cultura		
1	Clorótica, folhagem descolorida com sinais de deficiência	
5	Folhagem verde clara com alguma perda de pigmentação	
10	Folhagem verde escura, sem sinais de deficiência	
2. Crescimento das plantas		
1	Padrão desigual, ramos finos e curtos, crescimento novo limitado	
5	Padrão mais denso, porém não uniforme. Ramos mais grossos, sinais de novas brotações	
10	Folhagem e ramos em abundância. Crescimento vigoroso	
3. Incidência de doenças		

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Valor estabelecido	Características	Valor estimado
1	Suscetível, mais de 50% das plantas com folhas e (ou) frutos danificados	
5	Entre 20% - 45% das plantas com algum dano	
10	Resistentes, menos de 20% das plantas com danos leves	
4. Incidência de insetos e pragas		
1	Mais de 85% das folhas danificadas	
5	Entre 30% - 40% das folhas danificadas	
10	Menos de 30% das folhas danificadas	
5. Rendimento atual ou potencial		
1	Baixo em relação à média local	
5	Médio, aceitável	
10	Bom ou alto	
6. Abundância e diversidade de inimigos naturais		
1	Ausência de vespas predadoras/parasitas em uma amostra aleatória de 50 folhas	
5	Presença de pelo menos um inseto benéfico	
10	Mais de 2 indivíduos de uma ou duas espécies de insetos benéficos	
7. Competição e supressão de plantas espontâneas		
1	Plantas estressadas, suprimidas por plantas espontâneas	
5	Presença média de plantas espontâneas, algum nível de competição	
10	Plantas vigorosas suprimindo plantas espontâneas	
8. Diversidade de vegetação		
1	Monocultura	
5	Presença de algumas plantas espontâneas ou presença desigual de plantas de cobertura	
10	Formação densa de plantas de cobertura e vegetação espontânea	
9. Vegetação natural circundante		
1	Circundado por outras culturas, sem vegetação natural	
5	Vegetação natural adjacente em pelo menos um dos lados	
10	Circundando por vegetação natural em pelo menos dois lados	
10. Desenho agroecológico		
1	Sem barreiras de vento, sem corredores de vegetação, apenas 1 cultura plantada, sem rotação	
5	Barreiras e corredores dispersos na área de cultivo, mais de uma cultura plantada na área, sem rotação	
10	Com barreiras de vento e corredores, mais de uma cultura plantada na área, com rotação de culturas	

Tabela 2. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas – *qualidade de solo* – com seus valores e características correspondentes. Valores entre 1 e 10 podem ser assumidos para cada indicador.

Valor estabelecido	Características	Valor estimado
1. Profundidade do solo		
1	Subsolo quase exposto ou exposto	
5	Fina superfície de solo < 10 cm	
10	Solo superficial > 10 cm	
2. Estrutura		
1	Solto, empoeirado sem visíveis agregados	
5	Poucos agregados que quebram com pouca pressão	
10	Agregados bem formados difíceis de serem quebrados	
3. Compactação		
1	Solo compactado, arame encurva-se facilmente	
5	Fina camada compactada, alguma restrição à penetração do arame	
10	Sem compactação, arame é todo penetrado no solo	
4. Estado de resíduos		
1	Resíduos orgânicos com lenta decomposição	
5	Presença de resíduos em decomposição de pelo menos um ano	
10	Resíduos em vários estágios de decomposição, muitos resíduos bem decompostos	
5. Cor, odor e matéria orgânica		
1	Pálido, odor químico e ausência de húmus	
5	Marrom-claro, sem odor alguma presença de húmus	
10	Marrom-escuro, odor de matéria fresca e abundante presença de húmus	
6. Retenção de água (grau de umidade após irrigação ou chuva)		
1	Solo seco, não retém água	
5	Grau limitado de umidade por um curto período de tempo	
10	Considerável grau de umidade por um curto período de tempo	
7. Cobertura do solo		
1	Solo exposto	
5	Menos de 50% do solo coberto por resíduos ou cobertura viva	
10	Mais de 50% do solo coberto por resíduos ou cobertura viva	
8. Erosão		
1	Erosão severa, presença de pequenos valos	
5	Evidentes, mas poucos sinais de erosão	
10	Ausência de sinais de erosão	

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Valor estabelecido	Características	Valor estimado
9. Presença de invertebrados		
1	Ausência de atividade de invertebrados	
5	Poucas minhocas e artrópodes presentes	
10	Presença abundante de organismos invertebrados	
10. Atividade microbiológica		
1	Muito pouca efervescência após aplicação de água oxigenada	
5	Efervescência leve a média	
10	Efervescência abundante	

As principais características desses indicadores e do método propriamente dito, e que justificam seu emprego são: (a) fácil utilização pelos agricultores; (b) relativamente precisos e fáceis de analisar e interpretar; (c) práticos para novas tomadas de decisão; (d) sensíveis o bastante para refletir mudanças ambientais e os efeitos de práticas de manejo no solo e nos cultivos; (e) possuem a capacidade de integrar e inter-relacionar propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos; e (f) apontam a relação entre os processos existentes no ecossistema, como, por exemplo, a relação entre diversidade de plantas e estabilidade de uma população de pragas e (ou) incidência de doenças (NICHOLLS et al., 2004).

De posse das tabelas-padrão apresentadas a seguir, cada um dos indicadores listados são avaliados no campo, onde os conceitos e características são reforçados, bem como o seu significado e a possível relação entre o atributo em questão e os demais. Em virtude de características específicas das comunidades ou das áreas dos agricultores, alguns indicadores podem ser suprimidos, considerando, principalmente, a opinião dos agricultores e suas justificativas. Para esses indicadores, valores de 1 (menos desejável), 5 (valor moderado) e 10 (mais desejável) são estabelecidos conforme as características do solo ou do cultivo e segundo os atributos observados para cada indicador. Valores entre 1 e 10 podem ser assumidos para cada indicador. Após análise, obtém-se a média para qualidade do solo e sanidade dos cultivos. Médias abaixo de 5 são consideradas abaixo do limite mínimo de sustentabilidade.

Essa metodologia foi inicialmente descrita e aplicada em ambientes e situações específicas, como cafezais na Costa Rica (ALTIERI; NICHOLLS, 2002) e vinhedos na Califórnia (NICHOLLS et al., 2004), porém, mediante algumas modificações – como introdução ou supressão de indicadores –, é perfeitamente aplicável a vários agroecossistemas em diferentes regiões. Sendo um método bastante dinâmico, adaptações foram feitas no decorrer do projeto em função do que se observou nas atividades práticas. Alguns desses ajustes e particularidades da aplicação da metodologia são descritos em Machado e Vidal (2006).

As observações de campo foram sempre precedidas de uma capacitação para os membros da comunidade, em que foram abordados conceitos de agroecossistemas e agricultura sustentável, dimensões ecológica, social e econômica da sustentabilidade, indicadores de sustentabilidade e suas características, finalizando com a explanação sobre a metodologia e seu detalhamento por meio de exemplos e da apresentação do roteiro a ser seguido nas atividades de campo.

Os indicadores de *sanidade dos cultivos* (Tabela 1) se relacionam com a diversidade funcional e elementos da agrobiodiversidade como principais reguladores da saúde das lavouras, afetando diretamente a aparência das plantas, o nível de incidência de pragas e doenças, a tolerância à competição pelas plantas espontâneas e o potencial de produção (ALTIERI; NICHOLLS, 2002; NICHOLLS et al., 2004). Na abordagem desses indicadores, o foco está direcionado para a relação entre a estabilidade e equilíbrio do agroecossistema e a ocorrência de doenças, degradação, competição e consequente declínio dos rendimentos dos cultivos.

As avaliações da *aparência geral da cultura* e do *crescimento das plantas* dão ideia do estado nutricional e do desenvolvimento das culturas, possibilitando a identificação visual do padrão de crescimento das plantas e de possíveis deficiências ou toxicidades, devendo-se citar e (ou) descrever alguns sintomas aparentes. Havendo necessidade, coletam-se, nesse momento, amostras para

a realização de análises foliares e identificação precisa das possíveis desordens nutricionais.

Por meio da observação visual e avaliação da proporção de dano, são verificadas as *incidências de doenças e pragas*. As pragas são então conceituadas, atentando para que tais organismos não estão incluídos em uma única classe, e compreendem insetos, ácaros, nematoides, moluscos e outros invertebrados, além de vertebrados como roedores, pássaros e dos vários micro-organismos causadores de doenças, como fungos, bactérias, vírus, etc. As ervas invasoras, plantas que crescem onde não são desejadas, também são uma categoria de pragas (NICHOLLS et al., 1999). Aborda-se a origem desses problemas, enfocando a modificação do ambiente que favorece condições propícias ao crescimento explosivo de certos organismos que causarão danos às plantas que estão sendo cultivadas. Como exemplo, pode-se citar novos cultivos não adaptados às condições locais, o monocultivo propriamente dito, a introdução (intencional ou não) de um inseto em uma área onde não existia antes e a aplicação constante de defensivos. Procura-se também relacionar o estado nutricional com o ataque de insetos e patógenos, considerando a resistência conferida por estado nutricional adequado. É importante também atentar para o fato de que os herbívoros e mesmo os agentes causais das doenças variam e respondem, na sua distribuição, abundância, dispersão e dinâmica populacional, aos atributos estruturais (combinação das lavouras e cultivos no espaço e no tempo) e de manejo (diversidade de culturas, níveis de insumos), enfatizando que a diversificação afeta pragas e insetos, reduzindo herbívoros e estimulando os inimigos naturais, que consórcios em linhas ou mistos reduzem os patógenos e que o cultivo mínimo e rotações também podem restringir doenças do solo. Havendo necessidade, encaminham-se insetos e amostras de plantas a laboratórios. Práticas alternativas de controle devem ser destacadas e propostas, ou utilizadas, em casos de necessidade.

O *rendimento atual ou potencial* é estimado em relação a um valor médio alcançado por outros produtores locais ou regionais, ou mesmo por um valor alcançado pelo mesmo agricultor em determinada época. Essa avaliação

induz à observação e à anotação desses rendimentos, contribuindo para a organização da escala de produção em função das necessidades e demandas. Aborda-se, nesse ponto, que, durante a conversão para a produção orgânica ou agroecológica, poderá haver uma perda inicial nos rendimentos. É importante ressaltar que a produção poderá ser menor por unidade de área, mas maior em relação a outros fatores, como unidade de energia e perdas de solo, por exemplo (ALTIERI, 1998), bem como os benefícios dos policultivos que são mais produtivos e a questão da diversidade de produtos, estabilidade de produção e redução de riscos.

Os demais indicadores darão uma ideia da infraestrutura ou integridade ecológica do sistema, subsistema ou lavoura que está sendo avaliado, em relação aos níveis de diversidade vegetal (espécies), diversidade genética (variedades ou genótipos), diversidade de vegetação circundante e tipo de manejo, mostrando que uma maior diversidade inter e intraespecífica, aliada ao aproveitamento das sinergias da biodiversidade, criam condições mais favoráveis de sustentabilidade. A ideia é fundamentar e incorporar as melhores características ambientais das técnicas agroecológicas, enfatizando seus benefícios e os reflexos na rentabilidade e preservação da base de recursos naturais e da biodiversidade, e, por conseguinte, da capacidade produtiva do agroecossistema.

A premissa básica dessa abordagem reside na ênfase ao fato de que as interações complementares entre os diferentes componentes bióticos do agroecossistema são múltiplos e podem induzir efeitos positivos e diretos no controle biológico de pragas das culturas, regeneração e (ou) aumento da fertilidade e conservação do solo (ALTIERI, 1994).

Os componentes da biodiversidade do sistema ou da agrobiodiversidade são então apresentados como sendo as plantas cultivadas, a vegetação espontânea, a vegetação ciliar, os insetos (herbívoros, predadores e parasitas, polinizadores), a macro e mesofauna do solo, bem como a microfauna, que inclui os micro-organismos. As funções de cada um desses grupos são relacionadas,

referindo-se à regulação da população no controle biológico, polinização e dispersão, introgressão genética, competição, alelopatia, fontes de inimigos naturais, predação, supressão de doenças, possíveis parentes silvestres das plantas cultivadas, consumo de biomassa, decomposição, reciclagem de nutrientes e estruturação do solo, entre outras, enfatizando a sua importância na estabilidade do sistema.

A compreensão dessas interações e sinergismos são úteis para planejar, melhorar e manejar o agroecossistema. Assim, na medida em que se avaliam os indicadores atribuindo notas às suas características, são apresentadas e conceituadas práticas ou estratégias de melhoramento dos sistemas, tais como os policultivos, culturas de cobertura, adubação verde, agroflorestas, plantio direto, quebra-ventos, rotações de cultura, compostagem, aporte de matéria orgânica, entre outras.

Ao avaliar o indicador *abundância e diversidade de inimigos naturais*, são introduzidos os conceitos de inimigos naturais e equilíbrio de populações, mostrando que esses atributos estão relacionados com a biodiversidade e são sensíveis ao manejo, à sequência e associações de culturas, à diversidade de ervas infestantes, à diversidade genética, entre outros fatores e condições. Ainda durante a avaliação desse indicador, e também ao estimar outros, como diversidade da vegetação e vegetação natural circundante, enfoca-se que, ao substituir os sistemas simples por sistemas diversos ou agregar diversidade aos sistemas existentes, é possível promover mudanças na diversidade do habitat que favoreçam a abundância dos inimigos naturais por prover hospedeiros/presas alternativas em momentos de escassez da praga, fornecer alimentação (pólen e néctar) para os parasitoides e predadores adultos, prover refúgios para a invernização e nidificação de inimigos naturais e manter populações aceitáveis da(s) praga(s) por períodos extensos de maneira a assegurar a sobrevivência contínua dos insetos benéficos (ALTIERI, 1994).

No indicador seguinte, *competição e supressão por plantas espontâneas*, é apresentada a questão da competição entre as plantas espontâneas e as culturas implantadas por água e nutrientes, além da possibilidade de as

primeiras abrigarem pragas e doenças das plantas cultivadas. Aborda-se também a possibilidade de a vegetação espontânea atuar como sinalizadores de desequilíbrios nutricionais do solo, com a apresentação de tabelas já existentes sobre o assunto (RICCI et al., 2002). Deve-se considerar que certas plantas espontâneas são componentes importantes dos agroecossistemas, afetando a dinâmica e a diversidade de insetos benéficos, que atuam no controle biológico de insetos-praga, além de servirem como fontes alternativas de hospedeiros, de pólen e néctar e fornecerem microhabitats, reforçando a atribuição de “plantas companheiras”. Nesse momento, são apresentados métodos alternativos ao uso de herbicidas, como a capina seletiva, plantas de cobertura, cobertura morta, entre outros.

Avaliando a *diversidade da vegetação*, deve-se observar se predominam mono ou policultivos, a presença de plantas de cobertura nas lavouras e mesmo as espontâneas. Conceituam-se monocultivo e policultivo, alertando sobre a característica simplificada da primeira modalidade, carente de diversidade e de mecanismos ecológicos para conter o desenvolvimento de alguns insetos e agentes patogênicos, que então se convertem em pragas em face das condições ambientais que não permitem à multiplicação dos inimigos naturais (NICHOLLS et al., 1999). São também apresentadas as possibilidades para policultivos, como sendo associações de culturas, culturas intercaladas, plantios em faixas ou outro tipo de produção agrícola em que existam mais de um cultivo por vez. Enfatizam-se os benefícios no melhor aproveitamento da terra, particularmente importante em áreas onde as propriedades são pequenas, no aproveitamento dos nutrientes, na possibilidade de diversificação da produção, da oferta de produtos e da alimentação, e na constituição de um método de controle biológico de pragas e doenças, por proporcionar populações menores e mais estáveis desses agentes, condicionados pela disponibilidade de recursos alimentares e micro-habitats para os inimigos naturais (ALTIERI, 1994).

A presença de *vegetação natural circundante* deve ser ressaltada, além do aspecto da diversificação da paisagem do agroecossistema, e da barreira física natural contra ventos e contaminantes, pela formação de habitats e fontes

de refúgio e alimentação para os inimigos naturais, de tal forma a constituir uma comunidade complexa com os cultivos que limite o desenvolvimento de pragas.

Por fim, o *desenho agroecológico* irá avaliar o estágio da transição agroecológica ou mesmo a adoção de práticas agroecológicas no planejamento de sistemas, tais como cultivos de cobertura, rotação de cultivos, cultivos de contorno, criação de animais, cultivo de diferentes variedades, quebra-ventos, cercas vivas, entre outras. Reforça-se, pois, a afirmativa de Nicholls et al. (1999) que, no desenho de agroecossistemas estáveis, a biodiversidade é fundamental, mediante o uso de sistemas vegetais diversificados que incluem rotações, sequências de cultivos, policultivos, cultivos de cobertura, manejo de invasoras e corredores de vegetação natural nos campos de cultivo.

Nesse ponto, os conceitos são fixados e enfatiza-se mais uma vez a importância dessas práticas. Os *cultivos de cobertura* são exemplificados como sendo o plantio de leguminosas, cereais ou qualquer outra mistura apropriada no estrato inferior das plantações e pomares, com o objetivo de proteger o solo contra erosão, melhorar o microclima, fortalecer a estrutura e fertilidade do solo e eliminar pragas, incluindo ervas, insetos e patógenos (HAYNER, 1980, citado por ALTIERI, 1998). As *rotações* são definidas como um sistema em que diferentes cultivos crescem em uma mesma área, sucedendo-se uns aos outros, em uma sequência definida, promovendo os efeitos benéficos da descontinuidade da monocultura no tempo, no melhor aproveitamento dos nutrientes e interrupção do ciclo de pragas e patógenos, quando se recomenda a inclusão de leguminosas na rotação dos cultivos para enriquecer o solo com nitrogênio. Os *cultivos de contorno*, os *quebra-ventos* e *cercas vivas* são apresentados como benéficos na prevenção da erosão, como habitat para a vida silvestre e insetos benéficos, além de fornecer madeira, matéria orgânica, recursos de polinização e modificação da velocidade do vento e do microclima (ALTIERI, 1998), recomendando-se árvores frutíferas, plantas aromáticas, entre outras para esse fim. A *criação de animais* integrada à produção vegetal e à produção de esterco pelos mesmos é fonte de nutrientes e matéria orgânica para a manutenção da fertilidade e estrutura dos

solos, além de constituírem alternativa alimentar e de produtos e subprodutos a serem comercializados. Os benefícios da *diversidade inter* e *intraespecífica* são reforçados como estratégias ao ataque de pragas e doenças, e à tolerância diferenciada a estresses ambientais como seca, encharcamento, deficiências de nutrientes. As vantagens dos ciclos diferenciados (materiais mais precoces ou tardios), dos usos variados, da garantia de produção e da importância de germoplasma nativo também devem ser enfatizadas.

Dependendo das condições locais, outros indicadores podem ser propostos a fim de complementar a caracterização do agroecossistema, como o seguinte, sugerido por Altieri e Nicholls (2002).

Diversidade genética (cultivo de diferentes variedades ou genótipos)	
1	Pobre, domina 1 só variedade de determinada espécie
5	Média, 2 variedades
10	Alta, mais de 2 variedades
Sistema de manejo	
1	Convencional, monocultivo, manejo com agroquímicos
5	Em transição para orgânico ou agroecológico, com substituição de insumos
10	Orgânico diversificado ou agroecológico, com pouco uso de insumos naturais externos

Por ocasião da determinação dos *indicadores de qualidade do solo* (Tabela 2), introduz-se e reforça-se a condição primordial do solo como organismo vivo e o foco no manejo ecológico do mesmo, nas formas de utilizá-lo, ao mesmo tempo em que se promove o seu enriquecimento por meio de processos biológicos e de reciclagem. São também apresentadas noções gerais sobre formação e origem dos solos, intemperismo das rochas e a ação dos fatores determinantes tais como o clima, os organismos, a vegetação, a topografia e o tempo sobre a rocha-mãe.

A seguir, com a abertura de um pequeno perfil, aborda-se a questão da *profundidade dos solos*, seu significado, a relação dessa característica com a posição na paisagem e a importância para o desenvolvimento e sustentação das raízes das plantas e absorção de água e nutrientes. Verifica-se a exposição

do subsolo, afloramento de rochas, presença de pedras, espessura da camada do solo propriamente dito. Pode-se abordar também a noção de horizontes e camadas. Tudo isso é feito em uma linguagem simples e acessível, com a utilização de exemplos locais.

Para a avaliação da *estrutura* do solo, o conceito de agregados é apresentado, de forma simples, como sendo agrupamentos de partículas do solo cuja formação decorre principalmente da atividade dos micro-organismos e das raízes, que secretam substâncias capazes de unir as partículas do solo. A presença dos agregados é então observada e os mesmos são testados quanto à sua estabilidade pela resistência ao esboroamento pela pressão dos dedos, de acordo com o método proposto por Burket et al. (1998), citado por Nicholls et al. (2004). As partículas do solo – areia, silte e argila – são conceituadas, bem como a relação destas com a estruturação do solo e disponibilidade de água e ar para as raízes. Enfatiza-se também a importância do manejo adequado do solo na promoção da estabilidade dos agregados, na conservação de uma boa estrutura e, por conseguinte, na disponibilidade de ar, água e nutrientes.

A *compactação* é medida pela penetração vertical de um arame com marcas indicativas da profundidade (de 20 cm em 20 cm, por exemplo) no solo em locais distintos da área, onde os avaliadores tomam nota em qual profundidade ele se curva devido à resistência. Esse é um exemplo, segundo Nicholls et al. (2004), de uso de instrumentos simples para refinar as observações. Nessa oportunidade, trata-se da relação entre solo compactado e textura, agregação, bem como do efeito do manejo do solo nessa característica, sobretudo o uso de máquinas. Aborda-se também a relação entre solo compactado e aprofundamento de raízes, e consequente efeito na fixação das plantas e disponibilidade de água e nutrientes para as mesmas. Alternativas para a solução de problemas de compactação também são apresentadas, destacando-se o uso de plantas de cobertura e (ou) adubos verdes particularmente eficientes na função de subsoladoras naturais.

Noções de decomposição de resíduos e reciclagem de nutrientes são apresentadas por ocasião da avaliação do *estado dos resíduos*. Explica-se o

que é a decomposição, como se dá, quais os fatores que a determinam, como o clima, os organismos, quais os agentes que atuam nas respectivas etapas e os produtos finais. Pelo estado dos resíduos nas determinadas situações, infere-se sobre quais desses fatores podem estar atuando e (ou) limitando. Nesse ponto, ao tratar do efeito dos organismos na decomposição dos resíduos, deve-se introduzir a ação da macrofauna nas etapas iniciais da decomposição e da microfauna, incluindo os micro-organismos, nas etapas subsequentes e reciclagem dos nutrientes. É um momento importante para introduzir o efeito e importância dos organismos na fertilidade dos solos.

A avaliação seguinte é sobre a *cor, odor e matéria orgânica do solo*. Nesse ponto, explicam-se sobre os fatores condicionantes dessas características, os fatores responsáveis pela cor do solo, o conceito de húmus, as fontes de matéria orgânica e a função desta na estrutura do solo, retenção de água e fonte de nutrientes. Novamente, são abordadas estratégias e práticas de manejo que promovam o aporte de matéria orgânica nos solos, tais como coberturas vivas e mortas, restos culturais, adubação verde, adubação orgânica com esterco e compostos.

Avaliando-se a *capacidade de retenção de água*, relaciona-se esse atributo com a presença de matéria orgânica, a textura, a estrutura e a cobertura do solo, além de inferir sobre o manejo da irrigação quando isso for possível.

O indicador seguinte, *cobertura de solo*, permite abordar a cobertura vegetal como meio eficaz de conservação de solo e água e o problema do solo descoberto em relação à retenção de umidade, riscos de erosão, disponibilidade de água para as culturas, elevação da temperatura do solo e seu efeito sobre os micro-organismos, entre outros fatores relacionados. Os conceitos dos tipos de cobertura, morta (“mulch”) e viva (cultivos de cobertura), são trabalhados, enfatizando-se a importância dos restos culturais e das plantas de cobertura e espontâneas. Ressalta-se o efeito de ambas as coberturas na proteção contra a erosão, o efeito da cobertura morta na redução da evaporação da água do solo e a consequente manutenção da umidade do solo por mais tempo, seu possível efeito como supressora de doenças e atenuante dos efeitos das baixas temperaturas

nas áreas com riscos de geadas. Quanto aos cultivos de cobertura, onde se empregam preferencialmente espécies vegetais com parte aérea abundante, reforçam-se as simbioses com micro-organismos benéficos, sobretudo a função na fixação biológica de nitrogênio realizada pelas leguminosas utilizadas como adubos verdes.

A erosão é determinada pela verificação da presença de veios ou valos típicos do escoamento de água e carreamento de solo. Destaca-se que o processo erosivo resulta na degradação física, química e biológica dos solos, das quais a física ocorre pelo arraste das partículas do solo, pela destruição da estruturação e pela compactação, quando se elimina a cobertura vegetal ou se realiza um preparo excessivo. À degradação física, seguem-se a química e a biológica, pela perda de nutrientes, de matéria orgânica e de organismos benéficos. As práticas que favorecem e potencializam os processos erosivos, como desmatamento, solo descoberto e o não emprego de métodos conservacionistas tais como terraços e curvas de nível, entre outros, são abordadas nesse momento.

A atividade biológica, medida por meio da avaliação da *presença de invertebrados* e *atividade microbiológica*, permite inter-relacionar várias das características já avaliadas. Nesse ponto, é interessante recordar que o solo é um meio onde vivem milhões de pequenos organismos que transformam as rochas e decompõem os restos vegetais. Para avaliar a atividade biológica, buracos são cavados na área em estudo na qual se observa a existência de organismos visíveis a olho nu, ou seja, pequenos insetos, larvas, minhocas, determinando a *presença de invertebrados*, ao passo que a *atividade microbiológica* é medida pela prática da água oxigenada, que irá estimar o teor de matéria orgânica e a atividade de organismos invisíveis a olho nu, como as bactérias, fungos, actinomicetos e outros. Nessa etapa, uma pequena quantidade de água oxigenada é aplicada em uma amostra de solo para observar a efervescência e, quando houver pouca ou nenhuma efervescência, é sinal de que o solo é pobre em atividade microbiológica e possui pouca matéria orgânica, ao passo que, se houver efervescência significativa, é indicativo de o solo ser rico em matéria orgânica e atividade microbiana (USDA-NRCS, 1998).

Os efeitos e as funções desses organismos na decomposição dos resíduos e da matéria orgânica, na aeração do solo, na agregação das partículas (retornando assim aos indicadores estrutura) e na decomposição de resíduos são então relacionados, além de explicarem sobre outras funções mais complexas e específicas como a fixação biológica do nitrogênio pelos rizóbios, as funções dos fungos micorrízicos, entre outras. É importante também, nesse momento, reportar às técnicas que garantem a manutenção dessa vida do solo ou a promovem, tais como a incorporação de matéria orgânica, a rotação de cultivos, a cobertura de solo, entre outras.

Como para os indicadores de sanidade de cultivos, outros indicadores de solo, além dos descritos na Tabela 2, podem ser propostos. Altieri e Nicholls (2002) introduziram o desenvolvimento de raízes em um trabalho conduzido em cafezais. Com relação a esse indicador e suas características, deve-se mostrar a relação existente entre o desenvolvimento das raízes e a estrutura do solo, compactação, retenção de água; a relação entre as raízes finas e a capacidade de associação com fungos micorrízicos, etc.

Desenvolvimento de raízes	
1	Raízes pouco desenvolvidas, enfermas, curtas
5	Raízes de crescimento limitado, observam-se algumas raízes finas
10	Raízes com bom crescimento, saudáveis e profundas, presença abundante de raízes finas

Com essa prática e o retorno constante aos conceitos já abordados quando se faz a relação entre os indicadores e as suas respectivas características, as noções e definições vão sendo mais bem apreendidas e fixadas, bem como os conceitos relativos às práticas agroecológicas de manejo do ambiente e a inter-relação entre eles.

Após a atribuição das notas, são construídas tabelas com os indicadores e os valores atribuídos a cada um deles. Os valores dos indicadores são então somados e divididos pelo número de indicadores analisados, obtendo-se assim um valor médio para a qualidade de solo e um valor médio para sanidade dos

cultivos (ALTIERI; NICHOLLS, 2002; NICHOLLS et al., 2004). Se o valor médio for inferior a 5 para a qualidade de solo e (ou) sanidade dos cultivos, considera-se que estão abaixo do valor limite para a sustentabilidade e algumas medidas devem ser tomadas para melhorar o desempenho dos indicadores que estão com valores baixos. Quando são comparadas diferentes propriedades ou lavouras, essa média geral dos indicadores de solo e de cultivo serve para verificar quais as que se destacam, tanto pelo melhor desempenho quanto pelo desempenho inferior.

Outra forma de representar os resultados é a plotagem de gráficos em forma de radar ou “ameba”, mais fáceis de visualizar os indicadores individualmente, ao mesmo tempo em que também permite a observação do padrão geral dos mesmos (ALTIERI; NICHOLLS, 2002; NICHOLLS et al., 2004). Os valores médios obtidos para cada indicador são plotados, ligam-se os pontos e constrói-se a “ameba”. Quanto mais próxima a ameba estiver da borda do círculo (próximo à nota 10), mais sustentável o sistema se encontra. A ameba mostra também quais indicadores estão fracos (abaixo de 5), permitindo que o agricultor priorize intervenções agroecológicas necessárias para corrigir deficiências no solo, nas culturas ou no sistema, permitindo atuar em pontos específicos do sistema que acabam interferindo de maneira positiva em outros parâmetros (NICHOLLS et al., 2004). Por exemplo, o aporte de resíduos orgânicos ao solo aumentará a quantidade de matéria orgânica do solo, além de aumentar a capacidade de retenção de água do mesmo, promover uma maior atividade biológica e, conseqüentemente, a estrutura física do solo (NICHOLLS et al., 2004).

A Aplicação da Metodologia no Assentamento Cunha: estudo de caso

A atividade foi realizada no Assentamento Cunha, em Cidade Ocidental, GO, em três períodos consecutivos a partir de dezembro de 2004, sendo repetida, aproximadamente, após 2 e 4 anos, em 2007 e 2009. Na primeira

etapa, objetivou-se a caracterização do tempo zero (T0) das diferentes variáveis e, nas determinações subsequentes, buscou-se observar a evolução do comportamento das características avaliadas e as alterações ocorridas na utilização do espaço da área coletiva, a partir da apreensão e incorporação de conceitos e práticas agroecológicas. As determinações foram feitas na área coletiva do Grupo Carajás.

Os resultados, ao fim de cada avaliação, foram retornados aos agricultores para que as possíveis intervenções fossem discutidas, planejadas e implementadas de forma participativa.

As avaliações foram complementadas por análises completas de fertilidade das áreas, com a determinação dos parâmetros pH em água, acidez potencial, Al, Ca, Mg, P, K, CTC, saturação de bases, matéria orgânica e micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn) e por análises físicas ou granulométricas (EMBRAPA, 1997). Realizaram-se, nas diferentes épocas de análise, determinações microbiológicas importantes para as espécies cultivadas. No primeiro ano, realizaram-se o isolamento e a contagem de bactérias diazotróficas (DÖBEREINER et al., 1995) e a atividade da enzima β -glucosidade (TABATABAI, 1994), esta repetida na avaliação seguinte também. A atividade dessa enzima é tida como um indicador sensível da atividade microbiana e que detecta rapidamente mudanças estabelecidas no solo em função do manejo. Para a determinação, utilizou-se como substrato o *p*-nitrofenil- β -D-glucopiranosídeo (PNG) a 0,05 M. Na terceira e última avaliação, procedeu-se à determinação do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), extraídos por peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963).

A primeira atividade, realizada em dezembro de 2004, contou com a participação da maioria dos componentes do grupo coletivo, incluindo mulheres, jovens e crianças, além de outros produtores individuais. Algumas atividades do projeto já tinham se iniciado nessa ocasião, como os ensaios de competição de variedades de milho e de mandioca, campos de produção de sementes de adubos verdes, entre outras. Um esquema da utilização da área coletiva é apresentado na Figura 1, em desenho elaborado por um dos agricultores do grupo.

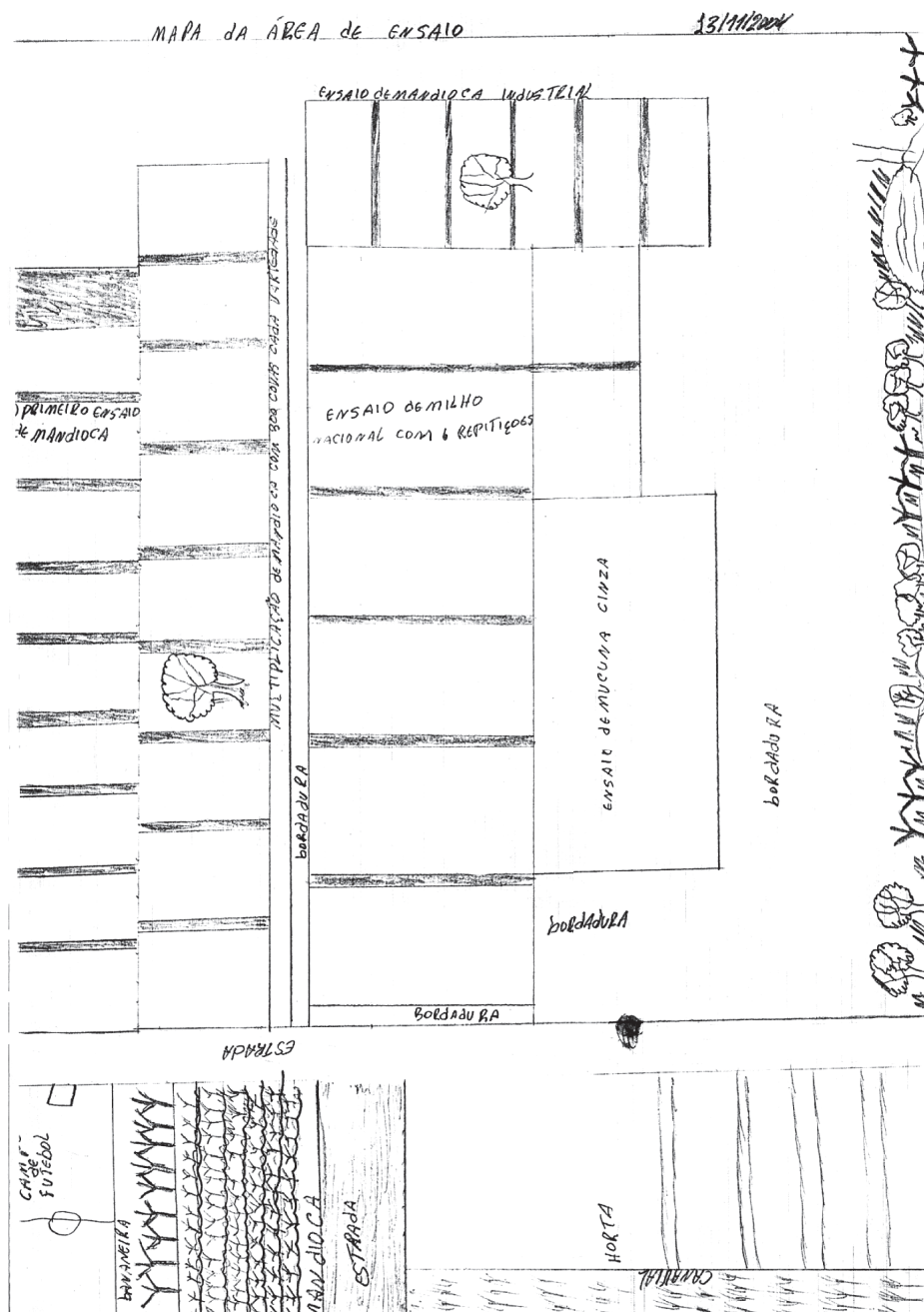


Figura 1. Área coletiva do Grupo Carajás, dezembro de 2004.

Ilustração: Marcelo Barfknecht

Existiam, à época, apenas duas glebas destinadas a lavouras para o consumo das famílias: uma de milho e outra de arroz, ambas em fase inicial de desenvolvimento, localizadas abaixo da área destinada ao ensaio de milho e ao lado do plantio de mucuna cinza (Figura 1). A comunidade escolheu essas áreas como sendo as que seriam as avaliadas naquele momento, caracterizando a fase inicial das atividades e o “tempo zero” de monitoramento dos atributos de solo e de sanidade dos cultivos.

Esses plantios consistiam de lavouras instaladas de acordo com as práticas dos agricultores, sem qualquer recomendação técnica relativa à semeadura, espaçamento, estande, onde não se fez qualquer adubação ou correção de solo. Decidiu-se pela aplicação dos indicadores de solo apenas, porque as plantas estavam muito pequenas, tratando-se de lavouras recém-implantadas (Figura 2).



Fotos: Omélio Guedes

Figura 2. Aspecto das áreas recém-plantadas com arroz e milho durante a realização da atividade prática e coleta de amostras de solo. Dezembro de 2004.

A prática no campo foi precedida de palestra sobre a metodologia e os objetivos do trabalho (Figura 3). As tabelas foram apresentadas e os atributos de manejo dos cultivos e de solo foram definidos, avaliando-se a pertinência de cada um deles. Amostras de solo para análises químicas, físicas e para a determinação de alguns atributos biológicos foram coletadas, sempre com a participação dos agricultores, que foram treinados nesses procedimentos.



Fotos: Cynthia Torres T. Machado

Figura 3. Palestra sobre a metodologia e apresentação das tabelas de indicadores. Dezembro de 2004 .

As características e os conceitos de cada indicador foram reforçados durante a atividade de campo, e a simplicidade das determinações foi fundamental para estimular o interesse, curiosidade e a participação dos agricultores (Figura 4).



Fotos: Ornelio Guedes

Figura 4. Determinação da atividade microbiológica do solo utilizando água oxigenada. Dezembro de 2004 .

Após a atribuição das notas, as tabelas foram preenchidas e as médias foram calculadas. Com estas, construiu-se, junto com os agricultores, o gráfico em forma de radar ou ameiba, utilizando lápis de cor. Posteriormente, o gráfico foi plotado utilizando programa específico em computador (Figura 5). Essa ilustração, a princípio complexa, permite evidenciar as características mais deficientes pela proximidade com o valor zero e as mais satisfatórias, pela proximidade com o valor dez, além de possibilitar a comparação entre lavouras, pelo desenho feito em cores diferentes, como apresentado a seguir.

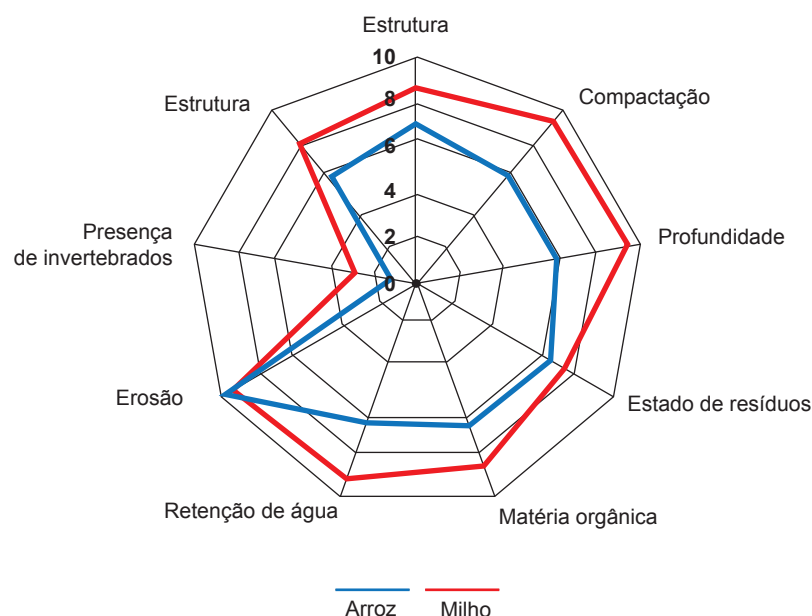


Figura 5. Representação gráfica do estado da qualidade de solo das áreas de cultivo de arroz e milho no Assentamento Cunha. Dezembro de 2004.

Os pontos, representando as médias de cada atributo avaliado, sendo ligados entre si, demonstram facilmente a interdependência entre cada um deles, mostrando que a melhoria em determinada característica irá refletir em melhor desempenho de outra.

Nessa primeira avaliação feita na área coletiva do Assentamento Cunha, percebeu-se que a área destinada à lavoura de milho encontrava-se em melhores condições que a área do arroz para todos os atributos. As áreas eram contíguas, mas a lavoura de milho estava na porção inferior do terreno, que possui ligeira declividade, inferior a 5%. Não se observaram indícios de erosão em nenhuma das duas áreas, mas a lavoura de arroz apresentou solo menos profundo, mais compactado, menos estruturado, com menor teor de umidade, com coloração mais clara, indicando menos matéria orgânica e com menor atividade biológica. A área do milho, por sua vez, destacou-se pela maior profundidade e menor compactação (Figura 5).

A área cultivada com milho apresentou maior atividade da enzima β -glucosidase quando comparada à do arroz (Figura 6), bem como uma população maior de bactérias do gênero *Azospirillum* (Figura 7).

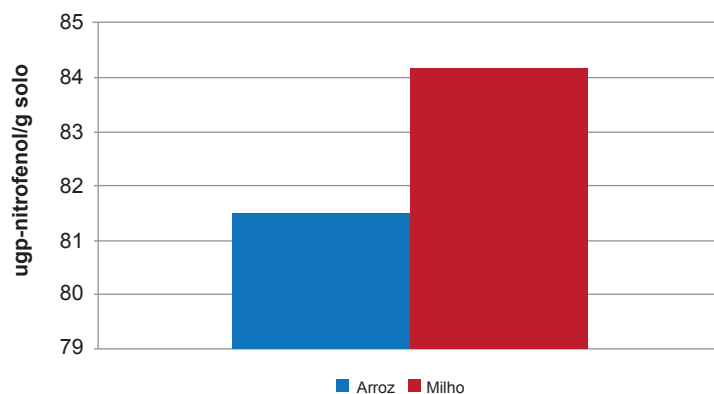


Figura 6. Atividade da enzima β -glucosidase nas áreas de cultivo de arroz e milho. Dezembro de 2004.

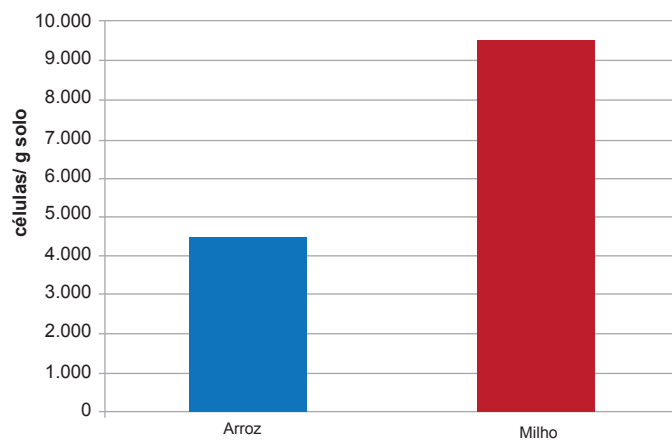


Figura 7. Bactérias diazotróficas (*Azospirillum* spp.) nas áreas de cultivo de arroz e milho. Dezembro de 2004.

Os micro-organismos representam de 60% a 80% da fração viva e mais ativa da matéria orgânica do solo, os outros componentes são as raízes das plantas e a fauna do solo (THENG et al., 1989, citados por MENDES; REIS JÚNIOR, 2004). Essa população microbiana é responsável por processos que vão desde a intemperização das rochas para a formação dos solos à manutenção da estrutura destes, pela decomposição dos resíduos orgânicos, e pela síntese, disponibilização, absorção e ciclagem de nutrientes, entre outras importantes funções.

Entre os parâmetros usados para caracterizar o componente biológico dos solos está a atividade microbiana, que pode ser estimada por atividade de enzimas oriundas dos organismos vivos (plantas, micro-organismos e animais) ou daquelas associadas à fração não viva do solo adsorvidas nas partículas de argila e matéria orgânica, entre outros processos (MENDES; REIS JÚNIOR, 2004). As enzimas do solo participam de reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, formação da matéria orgânica e da estrutura do solo (MENDES; VIVALDI, 2001). A β -glucosidade é uma dessas enzimas e está envolvida no ciclo do carbono (C), atuando na decomposição da celulose, hidrolisando os resíduos de celobiose e sua maior atividade está relacionada à quantidade e qualidade dos resíduos vegetais que são retornados ao solo (MENDES; REIS JÚNIOR, 2004).

As bactérias do gênero *Azospirillum* são encontradas em associações com cereais e gramíneas, entre os quais milho e arroz, sendo diazotróficas (promovem a assimilação e utilização do nitrogênio) e promotoras de crescimento. A interação positiva entre essas bactérias e o milho é amplamente descrita, inclusive com relatos de aumento de produção de matéria seca e acumulação de nitrogênio em plantas inoculadas com essas bactérias (REIS JÚNIOR et. al., 2008).

Na atividade de campo, os agricultores observaram e indicaram, pelas notas atribuídas, melhores condições de qualidade de solo para a área cultivada com o milho, em todos os atributos avaliados. É interessante observar a correspondência entre os resultados das análises laboratoriais (atividade da

β -glucosidase, contagem de *Azospirillum* e análises de fertilidade, sobretudo a de matéria orgânica) com a estimativa de atividade microbiológica feita a campo, bem como a relação entre estas e os atributos de disponibilidade e qualidade de resíduos e a matéria orgânica (Figura 5), confirmando a importância e a validade das percepções dos agricultores. Isso ilustrou com muita clareza a interdependência dos processos de decomposição e síntese de matéria orgânica e atividade microbiológica, possibilitando a compreensão, por parte dos agricultores, dessas relações e de o quanto a melhoria de um atributo irá resultar em progressos de outros.

Os teores de matéria orgânica, determinados pela análise química dos solos, são apresentados na Tabela 3, sendo considerado adequado para a área do milho e médio para a área do arroz.

A área do assentamento havia sido anteriormente destinada ao plantio de soja convencional. As condições de fertilidade das áreas amostradas, portanto, são condizentes com o efeito residual das adubações realizadas, sendo a deficiência de fósforo (P) a principal limitação observada àquela época (Tabela 3). A recomendação, portanto, foi o uso de termofosfato, uma fonte de P de solubilidade lenta, contendo também cálcio (Ca) e magnésio (Mg), além do aporte de matéria orgânica.

Tabela 3. Resultados de análises químicas e granulométricas das áreas de milho e arroz. Dezembro de 2004.

Identificação das áreas		Milho		Arroz
pH água	6,0	Adequado	5,9	Adequado
pH CaCl ₂	5,1	Adequado	5,0	Adequado
Mat. org. (dag/kg)	3,7	Adequada	2,9	Média
P (mg/dm ³)	3,5	Baixo	1,4	Muito baixo
K (mg/dm ³)	330	Alto	263	Alto
S (mg/dm ³)	3,4	Baixo	2,3	Baixo
Ca (cmol _c /dm ³)	4,5	Adequado	2,3	Adequado
Mg (cmol _c /dm ³)	1,5	Adequado	1,2	Adequado

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Identificação das áreas		Milho		Arroz
Ca/Mg	3,0	Adequada	1,9	Estreita
Al (cmol _c /dm ³) [*]	0,0	-	0,0	-
H+Al (cmol _c /dm ³) [*]	4,6	Média	4,0	Média
CTCt (cmol _c /dm ³)	11,4	Adequada	8,2	Média
V (%)	60	Adequada	51	Adequada
m (%)	0	-	0	-
B (mg/dm ³)	0,3	Médio	0,5	Médio
Zn (mg/dm ³)	2,1	Alto	1,1	Médio
Fe (mg/dm ³) [*]	39	Bom	62	Alto
Mn (mg/dm ³)	113,2	Alto	31,5	Alto
Cu (mg/dm ³)	1,0	Alto	1,3	Alto
Areia (%)	15		10	
Silte (%)	42	Textura argilosa	36	Textura argilosa
Argila (%)	43		54	

Um dos objetivos da atividade também foi desenvolver, nos agricultores, o senso de observação, capacidade de anotação de dados, enfocando a importância do monitoramento das características principais para a garantia do funcionamento dos sistemas de produção, mesmo que por métodos simples e práticos. Assim, ao retornar essas informações à comunidade, com a apresentação e discussão desses gráficos e resultados, foi evidenciada a situação atual dos atributos de qualidade de solo, as interações biológicas responsáveis pelos respectivos desempenhos, a importância deles e as práticas que devem ser efetuadas para a melhoria dos mesmos. As áreas foram comparadas, mostrando-se as características superiores e inferiores em ambas, indicando-se as possíveis razões e apontando-se alternativas de melhoria, dando início ao planejamento das atividades da área coletiva baseado na melhoria dos processos produtivos e das condições ambientais.

Percebeu-se que não haveria necessidade de intervenções significativas para a construção da fertilidade, mas estratégias para a sua manutenção e correção dos possíveis desbalanços, notadamente aporte de matéria orgânica e

fósforo, bem como alternativas de proteção e conservação, de modo a prevenir erosão, garantir a retenção de água e a cobertura do solo.

As iniciativas em curso na área coletiva nessa época eram alguns ensaios, decorrentes das atividades do projeto já implementadas, e o plantio de uma horta e das bananeiras para o consumo dos agricultores. As necessidades alimentares e nutricionais não eram satisfeitas, bem como não havia geração de renda a partir das atividades agrícolas. A necessidade de diversificação dos sistemas de produção e dos cultivos era premente, mas dentro de bases agroecológicas que promovessem a produção ao mesmo tempo preservassem ou melhorassem as condições ambientais.

Assim, durante a discussão dos resultados e planejamento das atividades produtivas, propôs-se a utilização de espécies de adubos verdes como alternativa de diversificação, melhoria de solo, além da utilização de algumas delas, como, por exemplo, o guandu, como alimento. A estratégia e os resultados desse trabalho com adubos verdes são apresentados em outro capítulo desta publicação, sendo a iniciativa de deslocar, anualmente, o local de plantio dos campos de produção de sementes dessas espécies, promovendo uma rotação das áreas no tempo uma característica bastante interessante para a questão da qualidade dos solos. Com isso, apesar das particularidades que envolvem a produção de sementes (as plantas completam seu ciclo, não sendo cortadas e incorporadas no florescimento como seria o mais recomendado para fins de construção de fertilidade), os benefícios como cobertura de solo, nutrientes reciclados, controle de plantas espontâneas, entre outros, foram sendo incorporados às áreas destinadas à multiplicação dos adubos verdes.

Assim, paulatinamente, o grupo coletivo do Assentamento Cunha evoluiu na diversificação de plantios e atividades, onde a recuperação e manutenção das condições químicas, físicas e biológicas dos solos pelo uso dos adubos verdes tiveram um papel fundamental. Essas espécies foram definitivamente incorporadas aos sistemas de produção e às atividades cotidianas do grupo coletivo.

A segunda etapa da avaliação foi realizada no Assentamento Cunha em abril de 2007 avaliando três diferentes subsistemas na área coletiva: uma lavoura de arroz de sequeiro, um plantio em faixas de milho, feijão e mandioca e um sistema Produção Agroecológica Integrada e Sustentável (PAIS), onde, à época, eram criadas galinhas e cultivadas hortaliças como beterraba, alface, couve, tomate, quiabo, rúcula, incluindo os condimentos hortelã, pimentas, salsa e cebolinha. Imagens e esquema e da área são apresentados nas Figuras 8 e 9.



Fotos: Cynthia Torres T. Machado

Figura 8. Aspectos das faixas de milho, mandioca e feijão, do plantio de arroz e do sistema PAIS. Abril de 2007.

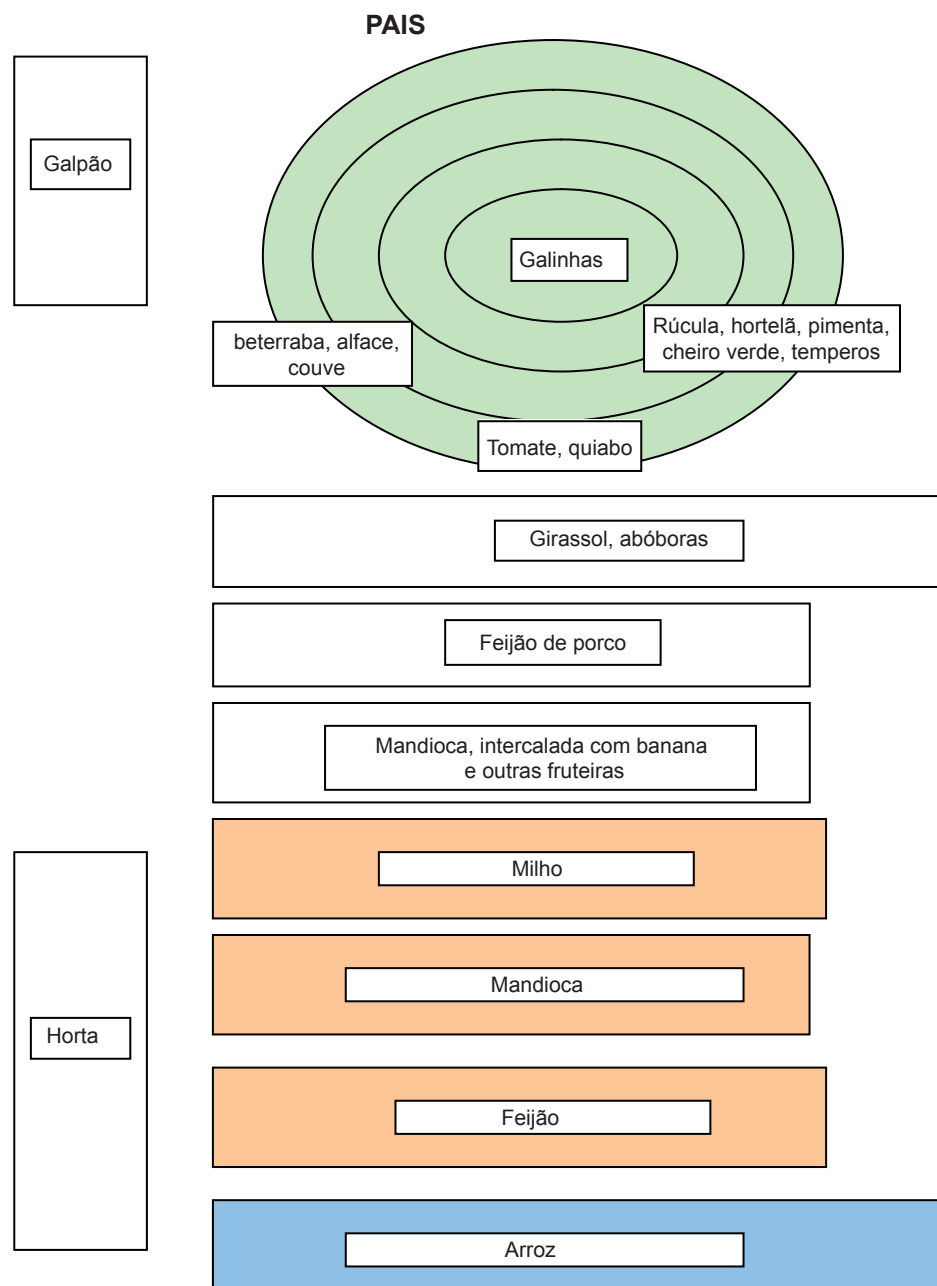


Figura 9. Representação das glebas destinadas à produção do grupo coletivo em abril de 2007.

O sistema PAIS é uma das chamadas “tecnologias sociais” que estão sendo aplicadas no país, e, no Assentamento Cunha, contou com o apoio de um projeto do Banco do Brasil. Os plantios são montados em torno de um sistema de anéis, cada um destinado a uma determinada cultura, que complementa a que vem a seguir. A parte central é utilizada para a criação de pequenos animais, como galinhas caipiras e patos, e o esterco produzido pelas aves é utilizado para adubar a horta (<http://www.rts.org.br/tecnologias-priorizadas/pais-producao-agroecologica>, consulta em 29/03/2010).

A atividade foi realizada com a participação de agricultores dos assentamentos Cunha e Gabriela (Brazlândia, DF) e dos agricultores e (ou) filhos de agricultores do Movimento dos Pequenos Agricultores – Goiás (MPA-GO), estudantes do curso de Tecnologia em Agroecologia da Escola Latino Americana de Agroecologia (ELAA) em Lapa (PR). Inicialmente, procedeu-se à palestra para capacitação na metodologia, as listas foram apresentadas e discutidas e as áreas escolhidas. Em seguida, procedeu-se às determinações no campo (Figura 10), cujas notas foram atribuídas a cada indicador e a partir das quais os gráficos foram desenhados.

As áreas escolhidas para essa segunda avaliação eram contíguas, mas sujeitas ao desnível natural do terreno, estando o PAIS na porção superior e o arroz na parte inferior do mesmo (Figura 9).

A área do sistema PAIS apresentou desempenho superior tanto para as características de qualidade de solo, como para as relacionadas à sanidade dos cultivos (Figuras 10 e 11).

Verificaram-se, nas três áreas, poucos sinais de erosão, uma boa estruturação do solo, bem como profundidade adequada, sem pedregosidade ou veios de rochas. As diferenças nos atributos de solo entre os três sistemas foram mais evidentes para as estimativas de cor, odor e matéria orgânica, presença de invertebrados e atividade microbiológica. A área cultivada com arroz se apresentou mais compactada, com menor deposição de resíduos e menor capacidade de retenção de água que as demais (Figura 10).



Fotos: Cynthia Torres T. Machado

Figura 10. Determinação dos atributos de qualidade de solo e sanidade dos cultivos. Abril de 2007.

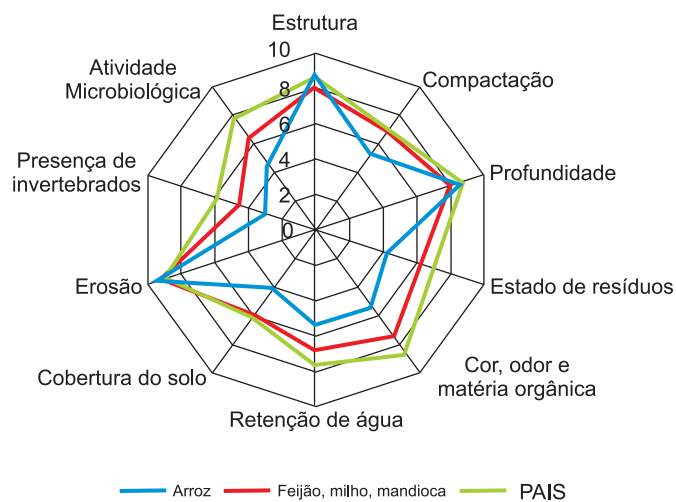


Figura 11. Representação gráfica do estado de qualidade do solo das glebas destinadas ao cultivo de arroz, às faixas de feijão, milho e mandioca e da área do sistema PAIS. Abril de 2007.

A atividade da enzima β -glucosidase (Figura 12) foi mais alta na área do sistema PAIS, diferenciando-se, sobretudo, da área do arroz. O resultado da análise química dos solos das áreas (Tabela 4) mostra que o teor de matéria orgânica é considerado alto em todas as áreas, porém superior na área do PAIS. Esse sistema possui características próprias que o diferencia das demais áreas, tais como a composição diversificada, com diferentes hortaliças adubadas com compostos e esterco produzidos no próprio local, com a cobertura do solo dos “anéis” feita por palhadas e restos vegetais que resultam numa maior cobertura do solo, retenção de umidade, aporte de matéria orgânica e consequente promoção da atividade biológica (macro e microfauna, micro-organismos) e disponibilidade de nutrientes, sobretudo o P e os micronutrientes quando comparados, principalmente com a área de arroz. Novamente, observam-se certa coerência e relação entre as observações dos agricultores e os resultados das análises laboratoriais.

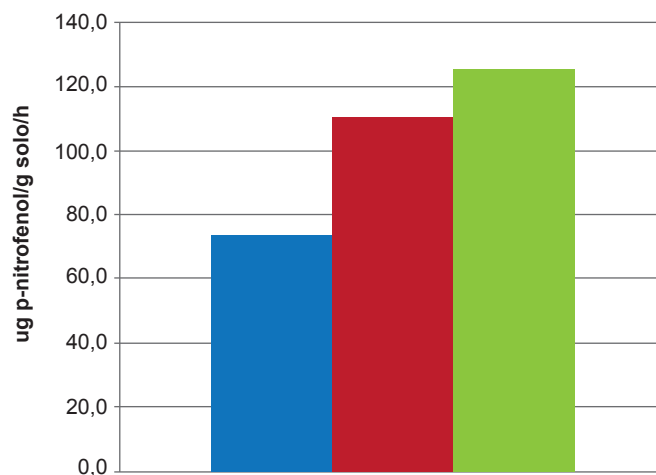


Figura 12. Atividade da enzima β -glucosidase nas áreas de cultivo de arroz, nas faixas de feijão, milho e mandioca e da área do sistema PAIS. Abril de 2007.

Tabela 4. Resultados de análises químicas e granulométricas das áreas de cultivo de arroz, nas faixas de feijão, milho e mandioca e da área do sistema PAIS. Abril de 2007.

Identificação das áreas	Arroz		Feijão, milho e mandioca		PAIS	
pH água	5,9	Adequado	6,0	Adequado	6,3	Adequado
pH CaCl ₂	5,2	Adequado	5,3	Adequado	5,6	Alto
Mat. org. (dag/kg)	3,6	Alta	3,9	Alta	4,3	Alta
P (mg/dm ³)	1,5	Muito baixo	2,4	Muito baixo	6,5	Alto
K (mg/dm ³)	232	Alto	265	Alto	435	Alto
S (mg/dm ³)	2,6	Baixo	11,4	Alto	3,5	Baixo
Ca (cmol _c /dm ³)	4,8	Adequado	4,0	Adequado	4,0	Adequado
Mg (cmol _c /dm ³)	1,5	Adequado	1,6	Adequado	2,0	Adequado
Ca/Mg	3,2	Adequada	2,6	Adequada	2,0	Adequada
Al (cmol _c /dm ³)*	0,0	-	0,1	Muito baixo	0,0	-
H+Al (cmol _c /dm ³)*	3,6	Média	3,1	Média	2,8	Média
CTCt (cmol _c /dm ³)	10,5	Muito bom	9,3	Muito bom	9,9	Muito bom
V (%)	66	Alta	66	Média	72	Muito alto
m (%)	0	-	1	Baixa	0	-
B (mg/dm ³)	0,3	Médio	0,4	Médio	0,4	Médio
Zn (mg/dm ³)	1,3	Médio	2,1	Alto	3,6	Alto
Fe (mg/dm ³)*	49	Alto	63,5	Alto	76	Alto
Mn (mg/dm ³)	93,8	Alto	77,2	Alto	65,8	Alto
Cu (mg/dm ³)	0,8	Médio	1,2	Alto	1,4	Alto
Areia (%)	15	Textura argilosa	15	Textura argilosa	12	Textura argilosa
Silte (%)	39		31		24	
Argila (%)	46		55		64	

Para os atributos de sanidade e manejo dos cultivos, o sistema PAIS se destacou principalmente pela aparência e crescimento das plantas e pela diversidade da vegetação (Figura 13). A avaliação indicou que as plantas de milho, feijão e mandioca cultivadas em faixas e o arroz apresentaram pior aparência e crescimento menos vigoroso que as espécies cultivadas no sistema PAIS. Na área do milho, feijão e mandioca, observou-se também maior incidência de doenças e pragas, estabelecendo-se facilmente a relação de causa e efeito: plantas doentes e atacadas por insetos têm seu crescimento prejudicado e possuem aparência pior.

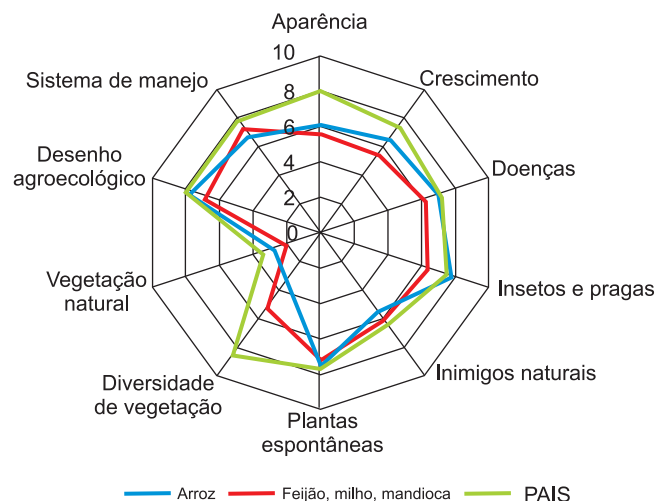


Figura 13. Representação gráfica do estado de sanidade dos cultivos das glebas destinadas ao cultivo de arroz, às faixas de feijão, milho e mandioca e da área do sistema PAIS. Abril de 2007.

Relacionando às características de qualidade dos solos das áreas, tem-se que, nas áreas do milho/feijão/mandioca e do arroz, há uma severa deficiência de P (Tabela 4) e os agricultores perceberam mais matéria orgânica, resíduos e atividade biológica na área do sistema PAIS. A deficiência de P prejudica o desenvolvimento das culturas, além de causar desequilíbrios nutricionais que podem tornar as plantas mais suscetíveis às pragas e doenças. A matéria orgânica, por sua vez, também é fonte de nutrientes.

Não se observou competição severa por plantas espontâneas em nenhuma das três áreas, provavelmente pelo controle das mesmas pela capina, já que a cobertura do solo nas áreas não era abundante, como pode ser observado na Figura 11. A ocorrência de inimigos naturais foi mediana em todas as áreas, possivelmente influenciada pelo horário avançado da avaliação, mesmo que realizada no período da manhã, em decorrência da temperatura

mais elevada. O período ideal para a realização dessa prática concentra-se nas primeiras horas da manhã.

Quanto à vegetação natural circundante, as três áreas avaliadas encontram-se relativamente distantes das áreas destinadas à preservação, avizinando-se de outras culturas. Mas a área coletiva é circundada por vegetação natural. A diversidade da vegetação, que se refere mais à predominância de policultivos e plantas de cobertura (espontâneas ou não) em detrimento a monocultivos e áreas descobertas, é, na área do PAIS, inerente à composição do próprio sistema, diversificado e integrado por natureza. Isso conferiu a essa área um desenho e um sistema de manejo mais próximo ao que se pretende em áreas cultivadas dentro de um enfoque agroecológico.

As observações realizadas nessa segunda avaliação reforçaram a inter-relação entre os aspectos de qualidade de solo e dos cultivos e permitiram a associação, pelos agricultores, entre esses dois grupos de atributos, como no caso de aparência das lavouras e incidência de pragas e doenças e destas com aspectos de fertilidade dos solos (P, matéria orgânica). A inclusão de um sistema como o PAIS na avaliação e comparação com os demais foi bastante didática e enriquecedora. Assim, os agricultores evoluíram um pouco mais na capacidade de identificar processos e interações responsáveis por determinados comportamentos das lavouras e sistemas de produção, reforçando a função primordial da promoção da agrobiodiversidade na sustentabilidade dos agroecossistemas.

A terceira e última etapa ocorreu em junho de 2009, com a participação de agricultores do grupo coletivo que já haviam acompanhado as demais avaliações. A atividade transcorreu mais facilmente pelo domínio da metodologia e dos conceitos, tendo sido bastante proveitosa e dinâmica. Nessa ocasião, o diálogo transcorreu mais facilmente entre os agricultores participantes, que já distinguiram os processos e suas interações, e a participação dos técnicos e monitores foi mínima. O progresso nas atividades do grupo coletivo, em decorrência das próprias atividades do projeto, da aprovação de outras propostas

e financiamentos e, sobretudo, da consolidação da estratégia agroecológica baseada na diversificação, como caminho a ser adotado nas atividades produtivas da comunidade, refletiu-se até mesmo no esquema da área coletiva, apresentado na Figura 14. As construções (alojamento, galpão, plenária, refeitório) mostram a evolução na infraestrutura conseguida com recursos do presente projeto e de outros (conclusão da agroindústria).

A indicação dos vários campos e espécies cultivadas, de atividades como criação de abelhas, de cursos d'água como o córrego Cunha, de várias árvores compondo cordões de vegetação e delimitação de glebas e, sobretudo, o colorido da ilustração (Figura 14), contrastam com o primeiro esquema feito da área (Figura 1) e demonstram a valorização de determinados componentes ambientais.

A diversificação de atividades e plantios conduziu o grupo coletivo à inserção no mercado de produtos orgânicos do Distrito Federal, com a participação nas feiras semanais, após ter se associado à Associação de Agricultura Ecológica (AGE). Além disso, houve um incremento significativo na dieta do grupo, quantitativa e qualitativamente.

Dessa vez, a comunidade escolheu uma área plantada com abóbora, uma lavoura de mandioca e a horta, instalada em gleba de tamanho significativo, já refletindo o destino comercial das hortaliças e da inclusão sistemática de legumes e verduras na alimentação dos agricultores e suas famílias (Figura 15).

A área cultivada com abóbora e a horta apresentaram desempenho superior ao da área da mandioca para a maioria dos atributos de qualidade de solo. Na área cultivada com mandioca, assim como na horta, o solo estava menos coberto que a área de plantio de abóbora, quer por plantas espontâneas ou cobertura morta (Figuras 16 e 17). No cultivo de mandioca, também se observou menor quantidade de resíduos em decomposição, menos indicativos de matéria orgânica (cor, odor), menor retenção de água e menor atividade biológica pela presença de invertebrados e atividade de microrganismos. Nas três áreas, não se observaram sinais de erosão, a profundidade era adequada, e havia pouca compactação.



Figura 14. Área coletiva do Grupo Carajás em junho de 2009.
Ilustração: Marcelo Barfknecht.



Fotos: Omélio Guedes



Figura 15. Aspectos das áreas de abóbora, mandioca e da horta. Junho de 2009.



Fotos: Omélio Guedes

Figura 16. Determinação dos atributos de qualidade de solo e sanidade dos cultivos. Junho de 2009.

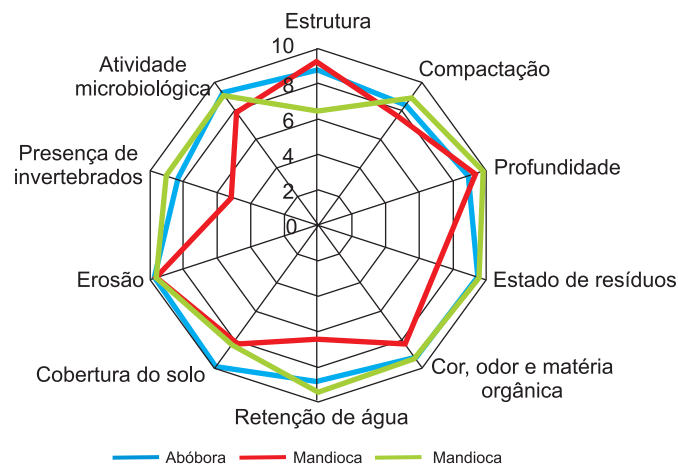


Figura 17. Representação gráfica do estado de qualidade do solo das glebas destinadas aos plantios de abóbora, mandioca e à horta. Junho de 2009.

Nesta terceira etapa, avaliou-se a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) como determinação microbiológica, apresentando aos agricultores mais um importante componente da microbiota dos solos, sobretudo em sistemas agroecológicos, sem o uso de fertilizantes de elevada solubilidade ou na agricultura de baixo uso de insumos externos. Foram quantificados os esporos de FMAs, obtidos de amostras de solo coletadas na rizosfera das raízes das plantas (Figura 18), estimando a ocorrência dos principais gêneros em cada área (Figura 19).

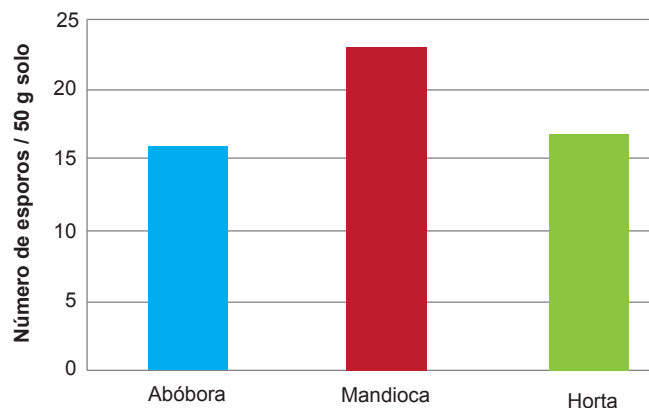


Figura 18. Esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas áreas de plantio de abóbora, mandioca e na horta. Junho de 2009.

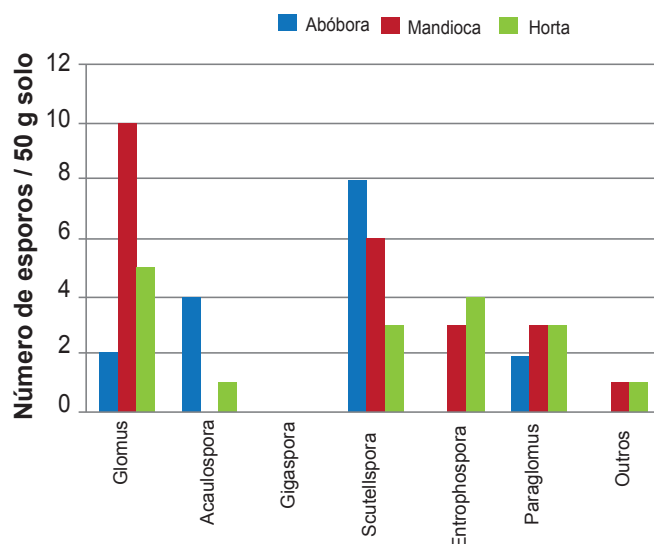


Figura 19. Ocorrência de diferentes gêneros de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas áreas de plantio de abóbora, mandioca e na horta. Junho de 2009.

Os FMAs são particularmente importantes em ambientes com menor disponibilidade de nutrientes prontamente disponíveis para as plantas. As hifas desses fungos, sendo mais finas e extensas que as raízes das plantas, agem como um sistema radicular suplementar, alcançando os nutrientes de menor mobilidade nos solos e transferindo-os para as plantas. São particularmente importantes na aquisição de fósforo (P) e, por conseguinte, na nutrição fosfatada das plantas.

Observou-se uma população mais elevada desses fungos na área cultivada com a mandioca (Figura 18). A mandioca é uma cultura muito dependente da associação com os FMAs e, além disso, a área destinada à cultura é, entre as avaliadas, a que possui a menor disponibilidade de P, embora em níveis médios (Tabela 5).

Glomus e *Scutellospora* foram os gêneros de FMAs de maior ocorrência, predominando *Glomus* na área da mandioca e *Scutellospora* sob o plantio de abóbora (Figura 19). Os FMAs não são específicos, mas as espécies vegetais podem se associar preferencialmente com alguns desses fungos.

Tabela 5. Resultados de análises químicas e granulométricas das áreas de cultivo de abóbora, mandioca e na horta. Junho de 2009.

Identificação das áreas	Abóbora		Mandioca		Horta	
pH água	5,8	Adequado	6,6	Alto	6,9	Muito alto
pH CaCl ₂	5,2	Adequado	5,6	Alto	6,4	Muito alto
Mat. org. (dag/kg)	3,1	Adequada	3,6	Adequada	5,0	Alta
P (mg/dm ³)	38,9	Alto	6,0	Médio	23,8	Alto
K (mg/dm ³)	363	Alto	264	Alto	368	Alto
S (mg/dm ³)	2,4	Baixo	2,2	Baixo	7,4	Médio
Ca (cmol _c /dm ³)	6,0	Adequado	6,3	Adequado	6,8	Adequado
Mg (cmol _c /dm ³)	2,1	Alto	2,5	Alto	3,4	Alto
Ca/Mg	2,9	Adequada	2,6	Adequada	2,0	Adequada
Al (cmol _c /dm ³) [*]	0,0	-	0,0	-	0,0	-
H+Al (cmol _c /dm ³) [*]	4,9	Média	3,3	Média	2,8	Média
CTCt (cmol _c /dm ³)	13,9	Alta	12,8	Adequada	13,9	Alta
V (%)	65	Alto	74	Muito alto	80	Muito alto
m (%)	0	-	0	-	0	-
B (mg/dm ³)	0,3	Médio	0,2	Baixo	0,8	Alto
Zn (mg/dm ³)	3,7	Alto	3,5	Alto	10,0	Alto
Fe (mg/dm ³) [*]	80	Alto	103	Alto	55	Alto
Mn (mg/dm ³)	97,0	Alto	143,4	Alto	98,5	Alto
Cu (mg/dm ³)	2,6	Alto	1,1	Alto	1,4	Alto
Areia (%)	12		19		14	
Silte (%)	28	Textura argilosa	37	Textura argilosa	32	Textura argilosa
Argila (%)	60		44		54	

Os resultados das análises químicas mostraram teores adequados para quase todos os nutrientes, bem como níveis de matéria orgânica adequados ou alto (na horta), decorrentes, sobretudo, do aporte desta pela adubação orgânica com compostos e da eficiente estratégia de rotação das culturas com os campos de adubos verdes.

Para os atributos de sanidade e manejo dos cultivos, a horta se destacou em todos os atributos, exceto o rendimento, que os agricultores consideraram que pode ser mais satisfatório. A diversidade genética, parâmetro introduzido nessa terceira avaliação, também ficou ligeiramente aquém do que eles

consideraram ideal (Figura 20). Apesar de desejarem um sistema mais diversificado geneticamente, cultivando variedades diferentes de cada espécie, os agricultores relatam a dificuldade na obtenção de materiais adaptados para os sistemas de produção agroecológicos. As lavouras de mandioca e abóbora avaliadas já possuem maior diversificação, resultante do trabalho de avaliação de diferentes variedades dessas espécies conduzido no decorrer do projeto. Os agricultores, nesse estágio do trabalho, compreendem perfeitamente a necessidade dessa diversificação, que possibilita produção variada e mais estável ao longo do tempo, além do atendimento a diferentes preferências por sabores, cores e tipos.

A incidência de doenças foi maior na lavoura de mandioca, resultando em prejuízos no crescimento e na aparência das plantas (Figura 20). Relacionando às características do solo, observa-se que a área da mandioca possui os menores teores de P e matéria orgânica (Tabela 4 e Figura 17).

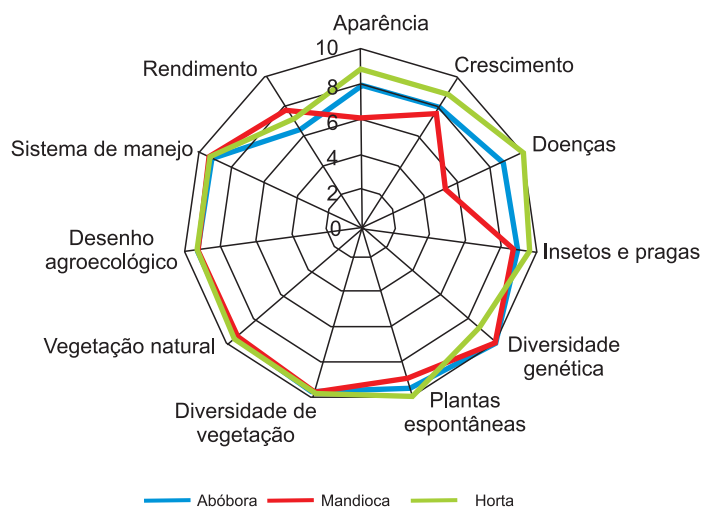


Figura 20. Representação gráfica do estado de sanidade dos cultivos das glebas destinadas aos plantios de abóbora, mandioca e à horta. Junho de 2009.

Mais uma vez não houve competição severa por plantas espontâneas em nenhuma das três áreas, provavelmente pelo controle das mesmas pela capina e pela cobertura viva ou morta do solo (Figuras 16 e 17). Dessa vez,

optou-se por não estimar a ocorrência de inimigos naturais por causa do horário de realização da prática.

As três áreas avaliadas encontram-se relativamente próximas de área de vegetação natural, conferindo uma boa avaliação desse atributo. O desenho agroecológico e o sistema de manejo se aproximam do ideal, atestando a evolução nas práticas e métodos de produção na área coletiva do Assentamento Cunha (Figura 20).

A atividade, em todas as suas três edições, permitiu que os agricultores avaliassem o sistema e as propriedades que se destacaram e identificassem os processos e interações biológicas responsáveis pelo seu desempenho. A evolução na percepção das causas e efeitos e no funcionamento das lavouras e agroecossistemas por parte dos agricultores foi crescente e exemplar, servindo de estímulo para a adoção de práticas benéficas aos sistemas produtivos. Além de caracterizar o estado atual de cada indicador, a prática se apresentou como estratégia e excelente forma de capacitação em agroecologia, introduzindo os conceitos de cada atributo e suas implicações para a sustentabilidade do agroecossistema, definida, de forma bastante simples, como um conjunto de pré-requisitos agroecológicos que devem ser satisfeitos.

As práticas simples, desde a observação visual propriamente dita até a utilização rotineira de instrumentos como o arame e a água oxigenada, foram incorporadas à rotina dos trabalhos do grupo, que, no intervalo das avaliações, as aplicavam nas lavouras e demais áreas de produção.

Considerações Finais

Essa atividade, a partir da experiência relatada, vem sendo realizada em assentamentos ou comunidades-pólo de condução de outros projetos que têm como objetivo principal o manejo da agrobiodiversidade dentro de princípios agroecológicos, e que visam testá-la como um mecanismo de avaliação e monitoramento do manejo dos agroecossistemas. Essa metodologia nos

pareceu bastante adequada, primeiro, pela abordagem participativa, e segundo, porque se baseia em duas características básicas que devem estar presentes nas atividades agrícolas para se buscar a sustentabilidade das mesmas: a diversificação dos sistemas e um solo rico em matéria orgânica e biologicamente ativo.

Trata-se de uma atividade dinâmica e participativa que permite a troca de conhecimentos, de impressões e percepções entre os agricultores e técnicos envolvidos. Embora a metodologia apresentada seja ainda uma ferramenta bastante preliminar, necessitando ser melhorada e ajustada, ela vem suprir uma lacuna em uma área de conhecimento em que várias metodologias que propõem listas de indicadores para estimar a produtividade, estabilidade, resiliência e adaptabilidade de agroecossistemas já foram apresentadas (MASERA et al., 1999), mas poucas delas permitem que os agricultores sejam os principais condutores do processo de avaliação, usando poucos indicadores simples para observar rapidamente o estado dos seus agroecossistemas.

Nesse sentido, concordamos com Nicholls et al. (2004), que a metodologia apresentada é um passo na direção de permitir que os próprios agricultores possam observar seus sistemas de forma rápida e tomar decisões direcionadas à melhoria dos atributos que estão insatisfatórios, melhorando as funções do agroecossistema como um todo. Permite, também, que eles percebam e concluam sobre o nível de sustentabilidade da propriedade, sua evolução no tempo e a comparação entre propriedades sob diferentes sistemas de manejo, identificando quais os sistemas mais saudáveis e a razão de funcionarem melhor.

Trata-se, realmente, de uma metodologia aplicável a diferentes agroecossistemas em vários contextos geográficos e socioeconômicos, conforme também observaram Altieri e Nicholls (2002) em cafezais na Colômbia e Nicholls et al. (2004) em vinhedos na Califórnia.

Além desses relevantes aspectos, verificamos, desde as primeiras aplicações dessa metodologia em nossas atividades práticas, o potencial da mesma para a capacitação dos agricultores em conceitos e premissas da

agroecologia e em pré-requisitos ou atributos básicos dos agroecossistemas que devem ser melhorados e (ou) conservados de modo a se manter produtivos ao mesmo tempo em que os recursos naturais podem ser conservados. Paralelamente, a atividade fornece um caminho natural para a planificação das unidades de produção, baseado na percepção das deficiências dos sistemas, nas necessidades dos agricultores, no uso efetivo dos recursos naturais locais e no planejamento das sucessões de plantios e combinações entre animais e plantações.

Por fim, por meio de práticas como essa, os agricultores se tornam capazes de estabelecer de relações funcionais entre os variados componentes da propriedade, percebendo que o bom funcionamento de determinadas características acarreta no bom funcionamento de outras. Tornam-se capazes, também, de verificar que esses sinergismos e interações são responsáveis pelo bom desempenho do sistema, observando, por exemplo, que sistemas mais diversificados possuem uma maior resistência a pragas e enfermidades em razão dos mais altos níveis de biodiversidade, que, por sua vez, conduzem a uma maior capacidade de reciclagem e aproveitamento dos nutrientes e a um solo rico em matéria orgânica e atividade biológica. A percepção de que esses sinergismos garantem a fertilidade do solo, a proteção das culturas e a produtividade das lavouras, tornando-os saudáveis, é de uma importância inestimável e leva à compreensão do conceito de sustentabilidade dos agroecossistemas: aquele que garante uma produção estável, de qualidade, rentável, pouco dependente de insumos externos – de modo a reduzir os custos de produção – além de conservar os recursos naturais das propriedades tais como o solo, a água e a biodiversidade.

Referências

- ALTIERI, M. A. **O papel ecológico da biodiversidade em agroecossistemas**. Rio de Janeiro, RJ: AS-PTA, 1994. p. 1-6. (Alternativas Cadernos de Agroecologia e Biodiversidade).
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre, RS: Ed. Universidade/UFRGS, 1998. 110 p. (Síntese Universitária, 54).
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba, RS: Ed. Agropecuária, 2002. 592 p.
- ALTIERI, 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, v. 64, p. 17-24, 2002.
- DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1995. 60 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: procesos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre, RS: Ed. Universidade/UFRGS, 2001. 653 p.
- MACHADO, C. T. T.; VIDAL, M. C. **Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 44 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 173).
- MASSERA, O.; ASTIER, M.; LOPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales**: el marco de evaluación MESMIS. Mexico, DF: MundiPrensa-Gira-UNAN, 1999. 109 p.
- MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos**

agroecossistemas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 34 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 112).

MENDES, I. C.; VIVALDI, L. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob mata de galeria na região do DF. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 2001. p. 664-687.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; SÁNCHEZ, E. J. **Manual práctico de control biológico para una agricultura sustentable**. Barcelona: Asociación Vida Sana; Valencia: Sociedad Española de Agricultura Ecológica, 1999. 86 p.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; DEZANET, A.; LANA, M.; FEISTAUER, D.; OURIQUES, M. A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. **Biodynamics**, n. 250, p. 33-40, 2004.

REIS JÚNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; MENDES, I. C.; MEHTA, A. **Isolamento, caracterização e seleção de estirpes de *Azospirillum amazonense* e *Herbospirillum seropedicae* associadas a diferentes variedades de milho cultivadas no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 36p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 206).

RICCI, M. S. F.; ARAÚJO, M. C. F.; FRANCH, C. M. C. **Cultivo orgânico do café: recomendações técnicas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 101 p.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; SCOTT, A.; BOTTOMLEY, P. J. (Ed.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. Part 2, p. 778-835. (Special Publication, 5).

USDA-NRCS. **Maryland soil quality assessment book**. Maryland: Soil Quality Institute, 1998.