

Capítulo 13

Manejo da Fertilidade do Solo em Sistemas Agroflorestais

Tadário Kamel de Oliveira
Sérvulo Casas Furtado
Renato Luiz Grisi Macedo
Eufran Ferreira do Amaral
Idésio Luís Franke

Introdução

A produção do conhecimento científico referente ao manejo da fertilidade do solo em sistemas agroflorestais (SAFs) ainda está em evolução. Neste capítulo, procurou-se enfatizar os pontos principais, baseando-se na experiência dos autores e em um trabalho de revisão de diversas publicações sobre sistemas agroflorestais, considerando que alguns assuntos mereceriam a elaboração de uma obra específica e mais aprofundada.

O manejo da fertilidade do solo em sistemas agroflorestais envolve um grande número de práticas e técnicas diversificadas, considerando-se os vários tipos de sistema, as inúmeras interações entre os seus componentes e as formas variadas de implantação e manejo. Assim, para compreender as técnicas relacionadas ao manejo da fertilidade do solo em sistemas agroflorestais é aconselhável conhecer os diferentes tipos de sistemas e como seus componentes interagem entre si e com os fatores do ambiente.

Sistemas agroflorestais são formas de uso e manejo dos recursos naturais nas quais espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras) são utilizadas em consórcio com cultivos agrícolas e/ou com animais, em uma mesma área, de forma simultânea ou em uma seqüência temporal (Montagnini et al., 1992).

Os sistemas agroflorestais podem ser compreendidos, sob o ponto de vista estritamente agrônomo, como sistemas de consórcio entre dois ou mais componentes, em que pelo menos um deles seja uma planta lenhosa e perene. O componente arbóreo pode desempenhar tanto funções de produção (madeira, fruto, resina, látex, etc.) como de serviço (proteção, sombreamento, adubação), ou mesmo ambas as funções simultaneamente.

Outro critério para identificar um sistema agroflorestal é que pelo menos um dos componentes seja manejado para produção agrícola, inclusive pastagens. Finalmente, para considerar um sistema de produção como agroflorestal, devem necessariamente ocorrer interações ecológicas e econômicas positivas entre os diversos componentes; um sistema agroflorestal geralmente tem dois ou mais produtos; o ciclo completo de um sistema agroflorestal é sempre maior que um ano; e mesmo o mais simples dos sistemas agroflorestais é mais complexo econômica e ecologicamente que um sistema de monocultura.

Os sistemas agroflorestais são classificados de diferentes maneiras, segundo sua estrutura no espaço, seu desenho através do tempo, sua importância relativa e a função dos diferentes componentes, assim como os objetivos da produção e suas características sociais e econômicas. De forma geral, segundo a natureza dos componentes e os tipos de combinações entre eles, estes sistemas podem ser classificados em:

Sistemas silviagrícolas ou agrossilviculturais: caracterizados pelo consórcio de espécies arbóreas com cultivos agrícolas e/ou perenes. Enquadram-se nesta classe os sistemas de cultivo em faixas, taungya, multiestratificados comerciais, agrofloresta sucessional e capoeira melhorada.

Sistemas silvipastoris: preconizam a inserção de espécies arbóreas dentro da atividade pecuária ou a criação de animais dentro de povoamentos florestais. De forma bastante simplificada, é o consórcio de espécies arbóreas e pastagens.

Sistemas agrossilvipastoris: caracterizados pelo consórcio do componente arbóreo com cultivos agrícolas e animais. Enquadram-se nesta classe os sistemas agrossilvipastoris típicos e os quintais agroflorestais. Por exemplo: um quintal de uma pequena propriedade agrícola na Amazônia, com diversas frutíferas, espécies florestais e pequenos animais como aves e suínos.

Cercas vivas e quebra-ventos também são considerados sistemas ou práticas agroflorestais, inseridos em sistemas silviagrícolas e silvipastoris ou apenas como limite da propriedade.

Em virtude de toda complexidade, da gama de situações e interações possíveis, neste capítulo será feita uma abordagem direcionada para o recurso solo em sistemas agroflorestais, com ênfase especial no manejo da fertilidade.

A Fertilidade do Solo e os Tipos de Sistemas Agroflorestais

Os sistemas agroflorestais devem ser manejados para que o próprio sistema produza ou mantenha boa parte dos recursos dos quais a produção depende, já que sua implantação visa atingir um maior grau de sustentabilidade, em relação aos sistemas de produção convencionais (agrícolas, pecuários e florestais). Em parte, este elevado grau de auto-sustentabilidade deriva de três características principais associadas aos sistemas agroflorestais: maior aporte de matéria orgânica ao solo, maior grau de diversidade biológica e intensificação dos processos naturais de ciclagem biogeoquímica.

O componente arbóreo é o principal responsável por esta elevada sustentabilidade. O dossel das copas, formado pela diversidade de espécies vegetais, proporciona cobertura do solo, aliada à deposição de camada densa de material orgânico, gerada continuamente pela queda das folhas e ramos das diferentes culturas. Isso aumenta a proteção do solo contra erosão, diminui o escoamento superficial, promove maior infiltração de água, reduz a temperatura do solo, aumenta a quantidade de matéria orgânica e, conseqüentemente, melhora seus atributos químicos, físicos e biológicos, além de reduzir a ocorrência de plantas daninhas.

As espécies arbóreas, por possuírem raízes mais longas, exploram maior volume de solo e são

capazes de absorver nutrientes e água que os cultivos agrícolas herbáceos não conseguiriam alcançar, uma vez que, em geral, as raízes absorventes destes cultivos concentram-se na camada superior do solo.

A diversidade biológica, e por conseguinte do sistema radicular das espécies envolvidas, contribui ainda para uma exploração mais intensa do volume de solo, aumentando a eficiência no aproveitamento da água e dos nutrientes para as plantas. Esta melhor eficiência possibilita maior retenção de nutrientes na biomassa vegetal, protegendo-os da lixiviação (nitrogênio, cálcio, potássio e enxofre). Dependendo das espécies utilizadas, os sistemas agroflorestais podem ser importante fonte de nutrientes, como por exemplo, no caso do nitrogênio fixado por leguminosas.

A ciclagem biogeoquímica também é muito influenciada pelo componente arbóreo. As árvores podem contribuir para manter a ciclagem de nutrientes mediante os seguintes mecanismos (Montagnini et al., 1992):

- 1) Desenvolvimento de uma camada densa de raízes com micorrizas, similar à floresta natural em sua função de diminuir a lixiviação de nutrientes e aumentar a absorção de fósforo disponível.
- 2) Produção de abundante folhagem, que contribui para aumentar a quantidade de húmus no solo ao final da decomposição.

3) Fonte adicional de nitrogênio, por meio de espécies fixadoras desse elemento.

4) Absorção de nutrientes das camadas mais profundas do solo, levando-os às camadas superficiais. Tanto aqueles lixiviados quanto aqueles liberados pela decomposição da rocha matriz.

Outros efeitos benéficos das árvores sobre a fertilidade dos solos podem incluir a melhoria na estrutura do solo e da estabilidade de agregados, além de favorecer uma maior ciclagem dos principais nutrientes da decomposição da serrapilheira. O dossel das árvores ainda tem importante papel na interceptação da água das chuvas, melhorando a absorção direta de nutrientes pelas folhas. Como possível efeito prejudicial há a possibilidade de aumento da acidez do solo e da produção de substâncias alelopáticas, o que poderia afetar negativamente a atividade microbiana em situações específicas. Entretanto, a presença das árvores proporciona inúmeros efeitos benéficos nos solos (Tabela 1).

Tabela 1. Possíveis efeitos benéficos das árvores sobre os solos.

Processo	Efeito principal	Evidência científica
Produção de biomassa	Adição de matéria orgânica	Disponível
Fixação de nitrogênio	Aumento do conteúdo de N	Disponível
Chuvas	Influência sobre a quantidade e distribuição de chuvas e seu aporte de nutrientes	Não completamente demonstrado
Proteção contra a erosão hídrica e eólica	Redução da perda de solo e nutrientes	Disponível
	Absorção em camadas profundas e deposição em superfície	Não completamente demonstrado
Absorção/reciclagem/liberação de nutrientes	Conservação de nutrientes que poderiam perder-se por lixiviação	Não demonstrado
	Liberação de nutrientes no momento requerido pelos cultivos (por meio do manejo)	Disponível
Processos físicos	Melhora das propriedades físicas (retenção de água, drenagem, etc.)	Disponível
Aumento do crescimento e proliferação de raízes	Aumento da biomassa de raízes, substâncias promotoras de crescimento, associações microbianas	Parcialmente demonstrado
Qualidade e dinâmica da serrapilheira	Melhoria da qualidade da serrapilheira mediante a maior diversidade de espécies e manejo sincronizado da quantidade e tipo de biomassa aplicada	Atualmente muito estudado (cultivos em aléias e outros experimentos de cultivos consorciados)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Processo	Efeito principal	Evidência científica
Modificação do microclima	Criação de microclima favorável, efeitos de quebra-ventos e barreiras	Disponível
Processos bioquímicos/biológicos	Moderação de efeitos em condições de extrema acidez, alcalinidade ou outras condições desfavoráveis dos solos	Parcialmente demonstrado

Fonte: Montagnini et al. (1992).

Apesar do componente arbóreo conferir vantagens a todos os sistemas agroflorestais, cada tipo apresenta determinado conjunto de características que podem ser utilizadas com propósitos especiais, segundo as necessidades de manutenção ou mesmo de recuperação da fertilidade do solo. As práticas de manejo do solo variam em função do local, das condições tecnológicas do produtor e do tipo de sistema agroflorestal, por isso, devem ser vistas de forma particular e individualizada, de acordo com cada modelo analisado.

Quintais Agroflorestais

Quintais agroflorestais consistem no consórcio de plantas de diversas espécies arbóreas e arbustivas, normalmente frutíferas, em arranjos aparentemente aleatórios. Outros tipos podem estar presentes (produtoras de grãos, hortaliças, medicinais, ornamentais, condimentares, etc.) e, eventualmente, algumas espécies animais de pequeno porte (principalmente aves). Sua principal característica é esta diversidade, que fornece uma produção variada de alimentos e outros produtos úteis durante todo o ano.

São sistemas em que há também grande variação na capacidade produtiva das espécies. Muitas vezes, os quintais agroflorestais asseguram o suprimento de produtos para o consumo familiar, não havendo comercialização do excedente, que é deixado decompor no próprio solo, fazendo com que a exportação de nutrientes seja baixa e possa, em

boa parte, ser reposta pelos ingressos naturais (precipitação pluviométrica, fixação biológica de nitrogênio, etc.).

Ecologicamente, são sistemas agrícolas com bastante semelhança aos ecossistemas naturais, com exceção de que há grande concentração de espécies úteis para o homem (frutíferas, principalmente), em detrimento daquelas com outros papéis ecológicos. Além da grande diversidade de espécies, apresentam elevada capacidade de captura da energia solar, elevadas taxas de ciclagem de nutrientes, uso eficiente do espaço e alto grau de estabilidade.

A estabilidade da produção é uma característica importante e indica que estes sistemas apresentam elevado grau de sustentabilidade, sendo capazes de produzir ininterruptamente durante décadas, quando tomados alguns cuidados elementares, o que é relevante, dado o caráter migratório da agricultura na Amazônia Brasileira.

Os quintais agroflorestais são sistemas com poucas necessidades de ingressos de insumos e capacidade constante de gerar produtos para consumo. Há pouca necessidade de capinas, devido ao elevado grau de sombreamento promovido pelas árvores dominantes. Em alguns casos, o solo fica exposto pelo excessivo sombreamento, fato que não é agravado devido à pequena extensão desses quintais, da proteção da copa das árvores e da serrapilheira depositada sobre o solo, contribuindo

para conservar sua capacidade produtiva. Especialmente em terrenos declivosos é sempre recomendável manter a serrapilheira cobrindo completamente o solo.

Podem-se aplicar cinzas vegetais, sobras de alimento e resíduos de animais, em torno dos troncos das árvores frutíferas e canteiros. Havendo disponibilidade, recomenda-se também realizar a cobertura morta e a aplicação de compostos orgânicos e da biomassa proveniente de podas e folhas de áreas próximas.

Se possível, deve-se fazer a análise de solo para verificar a necessidade de adubação fosfatada nas covas de plantio ou mesmo de calagem corretiva. Realizando estas práticas, haverá grandes benefícios na formação do pomar e na produção futura, devido ao vigoroso crescimento das plantas.

Normalmente, os quintais agroflorestais são planejados sem a introdução de espécies de adubos verdes. Entretanto, sempre que possível, esta prática deve ser recomendada. Quando for feito o plantio das espécies frutíferas arbóreas, recomenda-se o cultivo de leguminosas próximo ao entorno da futura projeção da copa dessas árvores, enquanto as espécies principais não atingirem seu completo desenvolvimento.

É importante fazer o plantio de espécies de leguminosas arbóreas ou arbustivas intercaladas com as demais espécies vegetais, de forma que

possam ser posteriormente podadas e sua biomassa distribuída na área. Esta prática proporcionará um importante aporte de nitrogênio, aumentando a fertilidade do solo.

A deposição de biomassa, fixação biológica de nitrogênio, além do sombreamento e proteção do solo, entre outras funções em um sistema agroflorestal, são desempenhadas pelas chamadas árvores de serviço, sendo fundamentais na manutenção da fertilidade do solo, não somente nos quintais, como também em outros tipos de sistema agroflorestal.

Sistemas Agroflorestais Comerciais

Os sistemas agroflorestais comerciais consistem na organização racional dos quintais agroflorestais para obtenção de produtos direcionados especificamente ao mercado consumidor. Também conhecidos como consórcios agroflorestais comerciais multiestratos ou multiestratificados, são uma mistura de um número limitado de espécies perenes, em geral menos de dez, de reconhecido valor comercial, tendo como propósito a exploração agrônômica e econômica, formando e aproveitando diversos estratos verticais.

Deve existir um plano agrônômico e econômico prévio para a implantação do consórcio, no qual ficarão especificadas as espécies, os espaçamentos, as práticas culturais, perspectivas de rentabilidade, retorno de investimento, etc. A densidade de cada

espécie e seu arranjo, tanto na estrutura vertical como horizontal, visam maximizar a capacidade produtiva por unidade de área, em função de aspectos agrônômicos como viabilidade dos tratos culturais e colheita, a minimização da competição inter e intra-específica e otimização da área agrícola disponível.

Normalmente, o consórcio neste sistema deverá ser constituído por uma ou mais espécies perenes comerciais, associadas às “espécies de serviço”. Entre as espécies perenes comerciais indicadas para a região destacam-se o cafeeiro, o cacaueiro, as árvores produtoras de frutos e nozes (castanheira-do-brasil, cupuaçu) e as palmeiras (pupunha, coqueiro, açazeiro, abacaba).

As espécies de serviço desempenham diversas funções, tais como fornecer sombra ou proteção aos cultivos agrícolas, produzir madeira com grande demanda no mercado (mogno, freijó, paricá), manter ou aumentar a fertilidade do solo pela deposição de matéria orgânica e nitrogênio, além de apresentar potencial apícola (ingá-cipó, freijó, etc.) e proteger o solo contra o calor do sol e o impacto direto das chuvas.

No momento da formação de um sistema agroflorestal multiestratificado, recomenda-se a amostragem de solo na área total e, de acordo com a sua fertilidade, a adubação segundo as exigências específicas de cada espécie, considerando-se na recomendação o arranjo e o espaçamento a ser utilizados para cada componente do sistema.

Práticas como adequada abertura de covas de plantio e aplicação de esterco e adubo fosfatado são sempre aconselháveis. Recomenda-se também o plantio em nível, a cobertura morta próxima aos troncos das árvores e frutíferas e a manutenção da cobertura do solo nas entrelinhas de plantio, visando controlar a erosão e intensificar a ciclagem de nutrientes.

A manutenção da cobertura do solo nas entrelinhas dos cultivos perenes é especialmente importante nos primeiros anos após a implantação do sistema e pode ser assegurada pela serrapilheira, pelo manejo da vegetação espontânea e/ou de leguminosas podadas periodicamente, para evitar competição por luz, água, nutrientes e espaço.

Ao implantar o sistema é importante considerar a adubação de formação. Nesse aspecto, deve-se priorizar a necessidade de uma adubação fosfatada na cova ou, eventualmente, uma fosfatagem corretiva em toda a área, se o solo apresentar, simultaneamente, baixos teores de fósforo e baixa capacidade de fixação.

Embora muitas espécies cultivadas em sistemas multiestratos sejam relativamente tolerantes à acidez do solo, deve-se sempre considerar a necessidade da aplicação da calagem, que poderá ser efetuada na cova de plantio, em faixas ou área total. Por exemplo, em um sistema multiestrato que tenha o cafeeiro como um dos componentes, a ausência de calagem ou adubação fosfatada na cova, em solos ácidos ou com baixo teor de fósforo

disponível, comprometerá de forma irreversível a sua capacidade produtiva e dificilmente esta correção poderá ser feita de forma eficiente após a formação da lavoura.

A introdução de espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio também é vantajosa. Ocorrerá um efeito compensatório sobre a “perda” de parte da área útil, que seria destinada ao cultivo de espécies leguminosas anuais ou perenes, porque por meio de podas a biomassa das leguminosas serve como fonte de matéria orgânica, nitrogênio e ainda contribui para o controle de plantas daninhas. Entre as leguminosas que poderiam ser plantadas têm-se as arbóreas (ingá, eritrina, gliricídia), as arbustivas (guandu, crotalária, flemíngia) e as herbáceas (feijão-de-porco, desmódio, puerária, mucuna).

Por outro lado, se os produtos comerciais apresentarem elevado valor comercial, pode ser interessante utilizar fontes minerais de nitrogênio que propiciam um efeito mais eficiente em curto prazo. Neste sistema é importante planejar a adição de nitrogênio, seja por meio de adubos verdes ou de adubos minerais. Sem esta reposição poderá haver perda da capacidade produtiva do sistema, a ponto de sua produtividade tornar-se antieconômica.

Além do nitrogênio, também é importante avaliar a necessidade da reposição de outros nutrientes, principalmente potássio, que muitas vezes não é adicionado na adubação de formação.

Embora nos sistemas agroflorestais, a ciclagem biogeoquímica contribua para aumentar a disponibilidade de vários nutrientes nas primeiras camadas de solo, nos multiestratificados haverá uma remoção constante via colheita, geralmente maior que a entrada natural.

No Estado de Rondônia já foi constatada, por exemplo, em sistema multiestrato composto por cupuaçu, pupunha e castanha-do-brasil, uma drástica redução do estoque de cátions no solo, particularmente K, ao longo da faixa de plantio de cupuaçu. Isto exemplifica que a exportação de nutrientes pode comprometer a sustentabilidade do sistema. Assim, é importante fazer acompanhamento da fertilidade do solo, em função de cada extrato horizontal, e se houver qualquer indicação de perda da fertilidade, que se reponha via adubação, seja qual for a fonte (esterco, composto orgânico, adubo mineral, biofertilizante, etc.).

Em algumas situações, a adubação orgânica pode não ser suficiente para sustentar a elevada extração de nutrientes causada por uma cultura em intensa produção, aliada aos efeitos prejudiciais da erosão e da lixiviação (em alguns Latossolos, por exemplo). Deve-se então prever uma adubação mineral complementar para nutrir as plantas cultivadas, em função dos níveis de disponibilidade de nutrientes no solo, da duração do ciclo, necessidades fisiológicas da cultura, do nível de produção esperado, das condições climáticas do local e da disponibilidade de recursos financeiros do produtor.

Medidas que reduzam a exportação de nutrientes devem ser tomadas, como por exemplo, o retorno dos resíduos das colheitas de frutos aos locais de cultivo.

Nos sistemas já formados deverão ser feitas avaliações da fertilidade do solo de forma localizada, nas faixas de plantio, sob a projeção das copas de cada cultura, tendo em vista o requerimento nutricional diferenciado por espécie.

Sempre que possível deve-se realizar a análise foliar para acompanhar o estado nutricional de cada espécie componente e fazer as correções quando houver indicação para tal.

Outras práticas de manejo são importantes, como a realização de capinas seletivas para a manutenção de cobertura viva, no momento de maior potencial erosivo, e de cobertura morta nos momentos de menor disponibilidade hídrica.

Manejo de Capoeiras

O sistema de manejo de capoeiras é tradicionalmente um componente da agricultura migratória na Amazônia, que consiste basicamente em abandonar áreas agrícolas por um dado período de tempo (5 a 15 anos ou mais) e depois reincorporar estas áreas ao sistema produtivo, por meio da derrubada e queima da vegetação secundária que se desenvolveu no local. Este período de abandono, também denominado “pousio”, consiste no tempo necessário para que, uma vez cessadas as principais

saídas de nutrientes (erosão, exportação pela colheita), haja uma recuperação da fertilidade do solo.

Do ponto de vista sucessional, pode ser considerado um sistema agroflorestal, pois nos estádios finais, antes de sua reincorporação ao sistema produtivo, a capoeira deverá estar dominada por espécies arbóreas ou arbustivas, inclusive de interesse comercial.

O sistema agroflorestal manejo de capoeiras, capoeira melhorada ou enriquecimento de capoeira consiste na melhoria da capoeira tradicional por meio da introdução de outras espécies na área.

O objetivo principal deste sistema é diminuir o período de pousio das áreas de capoeira, a serem utilizadas em agricultura, por meio do restabelecimento da fertilidade do solo, ou gerar um retorno econômico para o agricultor, com a inserção de espécies de interesse comercial na capoeira, visando à produção de frutos, resinas, mel ou madeira, em médio e longo prazo.

A seleção e a condução de espécies da regeneração natural também podem ser adotadas, nas quais são fornecidas condições favoráveis para que espécies desejáveis de valor comercial venham a desenvolver-se mais rapidamente, ou seja, tratamentos silviculturais como desbaste seletivo, corte de cipós, cortes de liberação.

A função de restaurar a fertilidade do solo pode ser desempenhada por uma espécie arbórea, leguminosa

arbustiva ou herbácea, dependendo do objetivo do sistema.

O papel da leguminosa na restauração da fertilidade do solo é fundamental neste processo. Para tanto, pode ser recomendado o plantio de leguminosas herbáceas (puerária, feijão-de-porco, mucuna) e de leguminosas arbustivas ou arbóreas (guandu, flemíngia, eritrina, gliricídia, ingá), ou ainda, a seleção de espécies da regeneração natural.

A utilização de leguminosas de rápido crescimento (mucuna, puerária, feijão-de-porco) é indicada quando se pretende deixar a área em pousio por curto período de anos. Assim, faz-se o plantio da leguminosa e aproximadamente após 2 anos, depois do corte da biomassa, semeia-se a cultura principal, que poderá desenvolver-se sem necessidade de capinas e ainda apresentar redução de problemas com doenças (mela-do-feijoeiro, por exemplo). Nesse sistema, espera-se melhor proteção do solo com o acúmulo de matéria orgânica e melhor produtividade da cultura comercial.

Em áreas mais degradadas, que demandam um maior tempo para sua recuperação, devem-se plantar leguminosas arbustivas ou arbóreas, quando a capoeira ainda estiver nova (primeiros anos de regeneração). O plantio pode apresentar uma distribuição aleatória ou ser realizado em linhas definidas.

O estabelecimento de espécies arbóreas pioneiras

em capoeiras manejadas também pode promover e auxiliar na recuperação de uma área, devido ao seu rápido crescimento e estratégias especializadas de acúmulo de nutrientes, tornando-as habilitadas para absorver e concentrar nutrientes na biomassa, mesmo em níveis muito baixos de concentração no solo. Os nutrientes acumulados na biomassa dessas espécies retornarão ao sistema quando a área voltar a ser utilizada com cultivos agrícolas.

Outra prática muito importante no manejo das capoeiras é a eliminação do processo de queima da biomassa, após o período de pousio. Nesse caso, evita-se fazer a derruba e queima da vegetação secundária que se formou na área e utilizam-se equipamentos que permitem o corte ou ainda a trituração da biomassa, a qual é deixada para decompor no solo. Este processo expõe muito menos o solo à erosão e evita as perdas de vários nutrientes durante a queima da biomassa, principalmente nitrogênio e enxofre.

Para se ter uma idéia da importância da capoeira melhorada, estima-se que durante os primeiros 3 anos e meio de regeneração de pousio, o acúmulo de nitrogênio e fósforo na superfície do solo, na maioria das capoeiras melhoradas, supera o nível encontrado no pousio natural. As espécies presentes na capoeira também determinam sua eficiência e rapidez na recuperação da área. Por exemplo, em capoeira enriquecida com taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel), em uma densidade de 1.666 árvores.ha⁻¹, observou-se, após um período de 8 anos, uma produção de serrapilheira quatro vezes superior,

em comparação à área de capoeira não manejada, além de maiores teores de nitrogênio, cálcio, magnésio e potássio (Monchiutti et al., 1998).

Tal fato indica que a escolha da espécie no melhoramento da capoeira é fundamental na recuperação de áreas abandonadas pela agricultura migratória, principalmente por reduzir o tempo necessário de pousio e promover a reabilitação do solo para um novo ciclo de cultivo. Deve-se considerar também a possibilidade de conversão da capoeira, de um sistema de agricultura migratória para um sistema de produção com espécies perenes conduzidas da regeneração natural ou introduzidas na área.

Qualquer que seja o sistema utilizado na melhoria da capoeira, é importante que o processo de queima seja eliminado, sob pena de perder-se muito dos nutrientes recuperados durante o período de pousio. Recomenda-se a realização de análises de solo anuais para monitoramento da fertilidade e verificação da eficiência das práticas de manejo adotadas.

Cultivo em Faixas

Enquanto o abandono da área em pousio, com a finalidade de formar capoeiras, visa essencialmente recuperar áreas degradadas ou que perderam ou apresentaram diminuição da sua capacidade produtiva, o cultivo em faixas de espécies arbóreas (cultivo em aléias ou *alley cropping*) em associação com culturas anuais, visa tanto recuperar a

capacidade produtiva de solos em início de processo de degradação, como também manter esta capacidade produtiva por período maior de tempo, em relação à prática da agricultura migratória.

O cultivo em faixas consiste no plantio de árvores ou arbustos, geralmente fixadores de nitrogênio, intercalados em faixas com cultivos agrícolas. As árvores são freqüentemente podadas, com a finalidade de fornecer nutrientes acumulados em sua biomassa para as culturas associadas. A poda também contribui para diminuir a competição por água, luz e nutrientes, bem como controlar plantas daninhas, por promover uma maior cobertura do solo. A biomassa das plantas podadas, além de liberar nutrientes durante sua decomposição (mineralização), produz benefícios ao melhorar atributos físicos do solo (estrutura, porosidade, menor compactação).

As recomendações básicas para cultivo em faixas baseiam-se no uso de espécies que produzam grande quantidade de fitomassa, com sistema radicular profundo, que suportem podas e sejam capazes de fixar o nitrogênio por meio de associações simbióticas (gliricídia, eritrinas, ingá, flemíngia, leucena).

O cultivo em faixas deve ser realizado sempre em nível, por assim contribuir para o controle da erosão.

A distância entre as linhas das plantas produtoras de biomassa será determinante da largura da faixa de plantio da cultura comercial. Podem-se utilizar faixas de 5 a 10 m ou mais. Neste último caso,

deve-se assegurar se a produção de biomassa no sistema será suficiente para uma ciclagem eficaz de nutrientes e, no caso de faixas com menor largura, considerar que pode ocorrer competição com a cultura comercial.

Quanto maior a degradação do solo ou menor a fertilidade, mais próximas deverão ser as distâncias entre as linhas de plantio das espécies arbóreas. Em solos mais férteis deve-se optar pelas maiores distâncias, evidentemente, considerando a maior disponibilidade de recursos para as culturas comerciais nas entrelinhas.

O espaçamento e a densidade da leguminosa na faixa dependerão das suas características e da fertilidade do solo. Pode-se empregar linha simples ou fila dupla, em espaçamentos de 1 x 0,75 m, 1 x 0,5 m ou 0,5 x 0,5 m. Se o solo for fértil, pode-se aumentar a densidade de plantio da leguminosa na faixa, o que favorecerá a transferência dos nutrientes absorvidos (P, K, Ca, Mg, S) para a cultura consorciada. Se o solo for de baixa fertilidade, esta transferência poderá contribuir para exaustão muito rápida do estoque de nutrientes e assim afetar a capacidade da faixa em fornecer nitrogênio e outros nutrientes para a cultura principal. Quanto maior a densidade de plantio (menor espaçamento) maior será a produção de biomassa e a extração de nutrientes das faixas que podem ser transferidos para a cultura principal. O aporte de nitrogênio pela leguminosa também tende a aumentar em maiores densidades de plantio.

Na recuperação de solos com grau de degradação de difícil reversibilidade podem-se utilizar as aléias como terraços vivos, plantando-se em murundus (camalhões), de duas a três linhas de plantio em nível e com espécies de enraizamento profundo e fácil brotação após a poda, usando-se sempre espécies lenhosas fixadoras de nitrogênio (acácia, gliricídia, mulungu, leucena) e leguminosas de cobertura (feijão-de-porco, mucuna, puerária, crotalária, guandu, flemíngia) em rotação com o cultivo principal nos terraços (Dubois et al., 1996).

O manejo da poda será determinante da capacidade da leguminosa em fornecer nutrientes e biomassa para a cultura principal. Assim, espécies que tolerem podas mais drásticas (mais próximas do nível do solo) fornecerão maior quantidade de biomassa para o cultivo principal.

A poda deverá ser feita, no máximo, até o período da floração das espécies arbóreas, ocasião em que a quantidade de nutrientes acumulados na fitomassa é maior. Além disso, evita-se que a planta frutifique e disperse suas sementes, podendo infestar completamente a área e tornar-se planta daninha. Podem-se fazer duas ou três podas anuais, dependendo da brotação após a poda e da produtividade de biomassa da espécie.

O material vegetal pode ser distribuído nas faixas, triturado ou cortado com facão em pedaços de 20-30 cm, para proporcionar uma melhor cobertura do solo e decomposição mais uniforme. Materiais com menor relação C/N (carbono/nitrogênio) irão

decompor mais rapidamente, o que contribuirá para a liberação mais rápida dos nutrientes, a serem disponibilizados para as culturas intercalares.

O plantio das culturas comerciais pode ser realizado logo depois da poda, de forma a facilitar a operação de plantio sob os resíduos em superfície e permitir que a liberação de nutrientes pela biomassa cortada possa corresponder ao período de maior demanda nutricional da cultura principal. Deve-se cuidar ainda, para evitar qualquer efeito prejudicial que a liberação de substâncias pela biomassa das árvores possa causar na germinação das sementes da cultura principal.

A adubação da cultura principal deve ser planejada considerando-se o aporte de nutrientes pela biomassa da leguminosa, pelas exigências da cultura principal e pela fertilidade do solo. Pode ser necessário também aplicar fertilizantes na faixa da leguminosa, caso seja constatada fertilidade muito baixa do solo neste local. Este fertilizante será posteriormente aproveitado pela cultura principal, quando for feito o corte da biomassa e sua aplicação na faixa principal.

Finalmente, deve-se ficar atento para evitar a competição radicular dentro do sistema de cultivo em faixas. Por exemplo, sabe-se que na distância de até 1 m da faixa das árvores, nos primeiros 10 cm de profundidade, mais de 50% das raízes de ingá (*Inga edulis*) são raízes finas (diâmetro menor que 3 mm), aumentando para mais de 90% nos primeiros 30 cm de solo (Smyth, 1992). Essa

distribuição é semelhante àquela encontrada em culturas anuais e significa que existe grande probabilidade de competição entre *Inga edulis* e as culturas agrícolas no sistema de cultivo em faixas. Pode-se adotar como solução, iniciar a primeira linha de plantio da cultura comercial além de 1 m da linha de plantio de ingá.

Uma alternativa para diminuir a intensidade da competição pelo sistema radicular é realizar a poda das árvores, que promove substancial mortalidade de raízes finas. As raízes mortas constituem entrada adicional de matéria orgânica e de nutrientes no sistema. Essa matéria orgânica pode estar mais bem distribuída para decomposição, porque as raízes já estão incorporadas ao solo e, portanto, os nutrientes podem ficar disponíveis para as plantas mais rapidamente.

De qualquer modo, deve-se evitar, por meio do manejo, sempre que possível, a coincidência entre os períodos de maior absorção de nutrientes pela cultura principal e pelas espécies de leguminosas.

O sistema de produção em aléias pode assegurar a manutenção da capacidade produtiva da terra e, portanto, no caso de culturas de ciclo curto, permitir alongar os períodos de produção na mesma área de cultivo. Mesmo assim, este sistema gasta progressivamente as reservas de nutrientes do solo e requer períodos de descanso ou a aplicação, em algum momento, de pequenas quantidades de adubo, independente da fonte.

Taungya

O sistema taungya consiste no cultivo intercalar de espécies agrícolas anuais com espécies arbóreas, durante os primeiros anos de estabelecimento destas últimas. Tem como objetivo reduzir os custos de implantação e formação de reflorestamentos, antecipando receitas e otimizando a adubação residual utilizada nas culturas anuais. À medida que o componente arbóreo vai se desenvolvendo, diminui-se a densidade do cultivo anual até sua completa eliminação.

Neste sistema destacam-se duas interações: a interferência entre os cultivos e as árvores (competição e efeitos alelopáticos) e a provisão de sombra das árvores para os cultivos. O grau de competição por água, luz, nutrientes e espaço dependerá das espécies utilizadas, da densidade e do tipo de manejo.

No primeiro ano, normalmente a competição é maior para as espécies arbóreas do que para os cultivos agrícolas. Contudo, a competição excessiva, proporcionada pelas espécies arbóreas ao longo dos anos, poderá reduzir o rendimento dos cultivos e ocasionar maior predisposição das plantas a enfermidades ou ao ataque por insetos. O grau de sombreamento dos cultivos pelas árvores determinará o final desse tipo de sistema agroflorestal e o início de uma plantação florestal pura. Assim, a duração do período de cultivo intercalar será determinada pela densidade de plantio das árvores. Para densidades elevadas o período de cultivo será curto ou vice-versa.

Neste tipo de associação, as plantações florestais crescem melhor em relação aos monocultivos, pois podem estar mais livres de pragas e doenças, além de ter seu crescimento favorecido por efeitos residuais dos insumos empregados nos cultivos agrícolas, dos tratos culturais e por reduzir a competição causada pelas plantas daninhas, já que as culturas agrícolas estão presentes inclusive na mesma linha de plantio das espécies arbóreas.

O manejo do solo em sistema taungya deve ser prescrito em todas as recomendações para o plantio das espécies anuais e florestais, como plantio em nível e adubação adequada no sulco e nas covas, respectivamente. A manutenção dos restos culturais na área também é recomendável (milho, por exemplo).

Sempre que possível, deve-se preferir a utilização de leguminosas no consórcio com a espécie florestal principal. A espécie arbórea principal pode ser tanto nativa da Amazônia (tatajuba, parapará, freijó, mogno, cedro, paricá, etc.) quanto exótica (teca, eucalipto e outras).

Sistema Silvipastoril

Os sistemas silvipastoris são sistemas de produção nos quais árvores são introduzidas na pastagem ou o pastoreio ocorre em plantações florestais. As árvores podem ser plantadas em linha simples ou dupla, cultivadas de forma aleatória na pastagem ou em pequenos bosques (conjunto de árvores em espaçamento mais adensado) e ainda plantadas em

nível, nos terraços construídos para controle de erosão. Outras formas de implantação de sistemas silvipastoris são o plantio ao longo das cercas, junto aos tocos na pastagem e por ocasião da reforma do pasto, na integração lavoura x pecuária.

Os animais podem ser introduzidos no pasto arborizado, assim que as árvores atingirem altura e DAP superiores a 3 m e 10 cm, respectivamente. Geralmente, esse porte é suficiente para que os animais não danifiquem as árvores, mas acredita-se que com o avanço das pesquisas científicas, será possível estabelecer estratégias que permitam a convivência dos animais com as árvores ainda bastante jovens (desde o plantio). Especificamente para as condições amazônicas, nos roçados que futuramente formarão áreas de pastagem ou nas pastagens já formadas, existem espécies de árvores jovens, nascidas de sementes ou de rebentos e brotações de tocos, que representam a regeneração natural no sistema e podem ser conduzidas para formar fustes de boa qualidade, conferindo benefícios como proteção ao solo e regulação do microclima (Fernandes et al., 1994). Contudo, deve-se preferir também as espécies arbóreas leguminosas fixadoras de nitrogênio.

Sistema Agrossilvipastoril

Os sistemas agrossilvipastoris são representados pela consorciação de animais com o componente arbóreo e cultivos agrícolas em uma mesma área. O que os difere dos sistemas silvipastoris é a presença dos cultivos agrícolas.

Nos sistemas agrossilvipastoris ocorre a combinação de árvores com cultivos agrícolas e com atividade pecuária, seguindo geralmente uma seqüência temporal. Nos primeiros anos utiliza-se a associação de cultivos anuais com árvores, e dependendo do ritmo de crescimento das árvores, o pasto pode ser estabelecido após o segundo ou terceiro ano, seguindo-se posteriormente a entrada dos animais na área.

Uma prática interessante é introduzir leguminosas na pastagem (desmódio, puerária, amendoim forrageiro, etc.), que além de aumentar a cobertura do solo, podem contribuir para a fixação biológica de nitrogênio.

Outros tipos de interações, relacionadas com o recurso solo, podem ocorrer nos sistemas agrossilvipastoris. A presença do componente animal modifica e pode acelerar alguns aspectos da ciclagem de nutrientes, porém se a carga animal for elevada, a compactação do solo pode afetar o crescimento das árvores e outras plantas associadas.

Tanto nos sistemas agrossilvipastoris quanto nos silvipastoris, recomenda-se empregar, dentro das possibilidades, as mesmas técnicas de manejo da fertilidade do solo utilizadas para as espécies florestais e para as pastagens convencionais, por exemplo, adubação da pastagem, lotação adequada, rotação do gado, isolamento no período de reforma ou o plantio de culturas anuais para renovação do pasto.

Considerações Finais

As várias opções agroflorestais discutidas envolvem maior intensificação no uso da terra e mão-de-obra, quando comparadas com o cultivo itinerante, extrativismo e pastagens tradicionais. Tais opções têm potencial para fornecer trabalho e alimentos necessários ao povo da Amazônia, minimizar os riscos da produção agrícola e fornecer uma série de oportunidades para o aumento da renda familiar. No entanto, a pesquisa agroflorestal é necessária para acelerar o desenvolvimento e a extensão de tecnologias apropriadas, além de dar suporte técnico, que será um fator fundamental para viabilizar políticas de desenvolvimento sustentável.

Os conhecimentos e tecnologias sobre sistemas agroflorestais estão ainda sendo desenvolvidos, existindo a necessidade de informações básicas a respeito de espaçamento ou definição de espécies a serem utilizadas, manejo, entre outros. Entretanto, na falta de maiores detalhes, de forma geral, pode-se afirmar que grande parte das recomendações de manejo da fertilidade do solo em sistemas tradicionais pode ser aplicada em sistemas agroflorestais, em função do nível tecnológico e da opção de cada agricultor. É fundamental, contudo, que o técnico tenha bom senso ao identificar e recomendar a melhor prática para o momento, diante das variadas situações possíveis. Devem-se analisar aspectos econômicos e ambientais antes de decidir entre adubação orgânica e mineral, promover podas e desbastes em determinadas culturas, empregar leguminosas para recuperação da fertilidade do solo, manejá-las no momento correto, reformar a pastagem

ou recomendar o isolamento de determinada área por certo período.

No Estado do Acre, os riscos de lixiviação serão altos naqueles solos que não apresentam impedimentos à drenagem. Portanto, recomenda-se nestes casos fracionar a adubação, seja qual for a fonte. Vale ressaltar ainda que pode ocorrer excessiva exportação de nutrientes com as colheitas, em determinado momento e dependendo do tipo de sistema agroflorestal, mas existem medidas, desde a implantação e condução do sistema, que podem evitar ou retardar este problema, assim como as práticas citadas anteriormente.

Não se devem esperar receitas ou pacotes tecnológicos para sistemas agroflorestais, visto sua complexidade. É importante, contudo, compreender como as partes atuam para promover ações que otimizem o sistema e ajudem a manter a sustentabilidade ambiental, econômica e social por longos períodos.

Os sistemas agroflorestais são sistemas de produção com elevada produtividade de biomassa total por unidade de área, que podem reduzir perdas de solo por erosão, de nutrientes por lixiviação, minimizar a utilização de recursos externos ao sistema e conferir alto grau de sustentabilidade à propriedade rural.

Uma vez concretizada a possibilidade de aliar rendimento econômico à geração de benefícios sociais e ecológicos, os sistemas agroflorestais são altamente

promissores em contribuir para o desenvolvimento sustentável da Amazônia.

Referências Bibliográficas

CARVALHO, M. M. **Arborização em pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 37 p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 64).

CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. 2 v. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 27).

CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2., 1998, Belém.. **Resumos expandidos**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998, 246 p.

CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural, 3., 2000, Manaus. **Anais**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. 461 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).

CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos – sustento da vida e sustento de vida, 4., 2002, Ilhéus. **Anais**. Ilhéus: CEPLAC, 2002. 1 CD-ROM.

DUBOIS, J. C. L. Alternativas agroflorestais para a recuperação de solos degradados na região norte do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Curitiba. **Anais**... Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992. p. 107-125.

DUBOIS, J. C. L.; VIANA, V. M.; ANDERSON, A. B. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRAF, 1996. v. 1. 228 p.

FERNANDES, E. C. M.; MATOS, J. C. de S.; ARCOVERDE, M. F.; LUDEWIGS, T. Estratégias agroflorestais para redução das limitações químicas do solo para produção de fibra e alimento na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais**. Colombo: Embrapa-CNPf, 1994. p. 207-224 (Embrapa-CNPf. Documentos, 27).

GOMES, T. C. de A.; LUNZ, A. M. P.; MORAES, R. N. de S.; LOPES, V. M. B. Tropical legumes effects on agroforestry system sustainability in the Western Brazilian Amazon. In: INTERNATIONAL SYSTEMS MULTI-STRATA AGROFORESTRY SYSTEMS WITH PERENNIAL CROPS, 1999, Turrialba, Costa Rica. **Anais...** Turrialba: CATIE, 1999. p. 139-143.

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Princípios gerais e planejamento de sistemas agroflorestais**. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF/AC, 1998. 26 p. (EMBRAPA-CPAF/AC. Circular Técnica, 22).

MAC DICKEN, K. G. Agroforestry management in the humid tropics. In: MAC DICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry**: classification and management. New York: Wiley Interscience, 1990. p. 98-149.

MAC DICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. Introduction to agroforestry. In: MAC DICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry**: classification and management. New York: Wiley Interscience, 1990. p. 1-30.

MACEDO, R. L. G. Fundamentos básicos para implantação e manejo de sistemas agroflorestais. In: **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2000. p. 1-31.

MC GRATH, D. A. **Ecological sustainability in Amazonian agroforests**: an on-farm study of phosphorus and nitrogen dynamics. Following natives forest conversion, 2000. 200 p. Dissertação de Pl. D. Universidade da Flórida.

MOCHIUTTI, S.; MELÉM JÚNIOR, N. J.; FARIAS NETO, J. T. de; CASTRO, A. W. V. de. Utilização do taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) para recuperação de solos degradados pela agricultura migratória. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém, PA. No contexto da qualidade ambiental e competitividade. **Resumos expandidos**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. p. 69-71.

MONTAGNINI, F. (Coord.) et al. **Sistemas agroforestales**: principios y aplicaciones en los trópicos. 2. ed. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers / ICRAF, 1993. 499 p.

SMYTH, S. M. L. Ciclagem de nutrientes e a importância das raízes no sistema de consórcio alley-cropping. In: MESA REDONDA SOBRE RECUPERAÇÃO DE SOLOS ATRAVÉS DO USO DE LEGUMINOSAS, 1991, Manaus. **Trabalhos e Recomendações**. Belém: EMBRAPA-CPATU/GTZ, 1992. p. 27-32. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 67).

YARED, J. A. G.; BRIENZA JÚNIOR, S.; MARQUES, L. C. T. **Agrossilvicultura**: conceitos, classificação e oportunidades para aplicação na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 39 p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 104).

YOUNG, A. Agroforestry and its potencial to contribute to land development in the tropics. **Journal of Biogeography**, n. 15, p. 19-30, 1988.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: CAB International, 1990. 276 p.