

Capítulo 2

Manejo do Solo com Foco em Sistemas Integrados de Produção

Ramon Costa Alvarenga

Alexandre Martins Abdão dos Passos

Antônio Marcos Coelho

Manoel Ricardo de Albuquerque Filho

Álvaro Vilela de Resende

Miguel Marques Gontijo Neto

Emerson Borghi

Introdução

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) são alternativas que podem reduzir os custos e aumentar a renda da propriedade rural, por meio da diversificação de atividades e intensificação no uso da terra, transformando o conceito de propriedade tradicional para inseri-la no patamar de propriedade integrada e sustentável (Alvarenga et al., 2010). Além dos aspectos econômicos favoráveis, os sistemas ILPF podem, também, melhorar a qualidade do solo, em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, bem como nos processos bioquímicos relacionados (Macedo, 2009).

Com relação ao manejo do solo em sistemas ILPF, além de conhecer a aptidão agrícola das terras da propriedade (Ramalho Filho; Beek, 1995), que engloba as potencialidades e as limitações, é fundamental levar em conta a integração das atividades de cultivos de lavouras e árvores com a pecuária para que o manejo do sistema ILPF seja harmônico com todas as condições básicas

de manejo e conservação do solo e da água (Oliveira Neto; Paiva, 2010).

Nesse capítulo, serão apresentadas considerações sobre um plano de manejo e conservação do solo e da água em sistemas ILPF que devem ser ajustados para atenderem a estes pré-requisitos conservacionistas.

Diagnóstico dos solos

Um exame do perfil do solo em cada gleba vai mostrar a distribuição e a espessura das camadas de solo, bem como a presença de algum impedimento de ordem física que porventura possa dificultar a penetração de água e raízes e a troca de gases, dentre outros. Essa visão pode ajudar na definição sobre quantas profundidades amostrar para análises químicas e físicas, sendo também decisiva na escolha do método de mobilização inicial do solo, incorporação de corretivos e fertilizantes, ou para romper alguma camada compactada/adensada que porventura exista.

Além disso, é indispensável que se faça uma análise quanto à disposição da gleba na paisagem. Conhecer o potencial de contribuição de enxurradas, que a parte à montante pode ter em razão do manejo, da presença de estradas e das edificações, bem como escoar o excesso de água que porventura possa haver, é decisivo para conceber um plano de manejo e conservação do solo e da água ao empreendimento. Preferencialmente, plantios, manejos, cercas e caminhamento do gado devem ser sempre transversais ao declive, e o plantio das árvores, em nível, irá definir todo esse planejamento conservacionista (Alvarenga; Noce, 2005).

Como existe forte pressão para a recuperação de pastagens degradadas por meio de ILPF, imagina-se que o custo da recuperação inicial do solo para essa condição seja bastante elevado, por causa, principalmente, da demanda por serviços de máquinas e equipamentos necessários à implantação de um sistema de conservação do solo e para incorporação de corretivos e fertilizantes que também podem ser requeridos em maiores quantidades para construir um perfil de solo.

Condicionamento do solo

Após o diagnóstico da condição dos solos e disposição das glebas na propriedade, o condicionamento físico e químico das áreas para a implementação do sistema ILPF deve seguir algumas premissas básicas para o sucesso de um sistema integrado. Existem alternativas para cada caso, considerando a vocação e a experiência do produtor, suas preferências e disponibilidade de recursos, bem como a realidade do mercado local e regional (Alvarenga et al., 2010).

Para o condicionamento dos solos ao sistema ILPF, as etapas necessárias para a correção inicial normalmente exigidas, numa ordem cronológica, são as seguintes:

1. Exame do perfil de solo para identificação das classes de solo e verificação de suas condições físicas (compactação e/ou adensamento, crescimento de raízes, infiltração de água e permeabilidade do solo, etc.);
2. Amostragem do solo para análises física (granulometria) e química (fertilidade completa), considerando a classe de solo, a aptidão e o histórico de uso;

3. Retirada de tocos, eliminação de sulcos de erosão, se profundos, cupinzeiros e plantas daninhas perenes;

4. Aplicação de corretivos e fertilizantes, de acordo com as recomendações.

Como visto, o reconhecimento das classes de solos presentes na propriedade é a primeira atividade. Depois dela, a separação das glebas, associando à classe de solo a sua aptidão agrícola (Carvalho; Botrel, 2002; Oliveira Neto; Paiva, 2010). Uma mesma classe de solo, com mesma aptidão e com dois ou mais históricos de uso, deve ser subdividida pelo histórico para fins de amostragens. Depois, vem a seleção dos sistemas ILPF. Para glebas de solos mecanizáveis e de maior aptidão, alocar, preferencialmente, sistemas ILP e, depois, ILPF. Recomenda-se iniciar por glebas de solos com maior potencial produtivo para que haja menor desembolso e maior retorno já no primeiro ano. Para as glebas com declividade limitante à mecanização, a sugestão é adotar o sistema IPF (silvipastoril), em que as árvores poderão ser transplantadas em covas.

Especialmente nas condições do Cerrado, os solos são pobres em nutrientes e há presença de alumínio tóxico. As condições são ainda piores naquelas áreas sob pastagens degradadas, em que, além da escassez de nutrientes, a matéria orgânica do solo é baixa, a compactação e a erosão estão presentes em graus variados de severidade e existem plantas daninhas, muitas delas perenes.

Embora existam alguns dados animadores quanto à correção química do solo em superfície, muitas vezes é necessário arar o solo para, além da incorporação de corretivos a maiores

profundidades, eliminar camadas compactadas, sulcos de erosão, trilha de gado e cupinzeiros. Como essas etapas estão dentro de um cronograma pré-estabelecido, é desejável adequá-las para que sejam cumpridas no fim do período das chuvas (março – maio) do ano agrícola anterior. Assim, o risco de erosão é reduzido pela ausência de chuvas erosivas nesse período, há tempo suficiente para a estabilização de um sistema de terraceamento, quando necessário, e a umidade ainda possibilitará o plantio das mudas de árvores e o estabelecimento de uma cultura forrageira de cobertura de solo (Alvarenga et al., 2015). O objetivo com o cultivo de uma espécie forrageira, além das correções do solo, é o de restabelecer a pastagem para ofertar pasto de entressafra e palha para o sistema plantio direto em novembro do mesmo ano. Nesse sentido, pode ser introduzida nesse momento uma forrageira de rápido crescimento e tolerante à seca, por exemplo, o milheto ou o sorgo de pastejo, além das braquiárias. Dessa forma, cumprem-se todos os requisitos para com a adequação inicial do solo, com tempo para reação dos corretivos e formação de palhada. Essa antecipação no início da construção de um perfil de solo faz a diferença nas condições do clima de grande parte do Brasil, onde, muitas vezes, falta água em períodos críticos das culturas (veranicos). Então, ter o perfil de solo com condições de permitir o crescimento do sistema radicular, em profundidade, pode minimizar os efeitos do déficit hídrico para as culturas.

É importante salientar que a construção de um perfil de solo adequado ao crescimento das plantas não é alcançada no curto prazo. É necessário acompanhamento mediante amostragens e realização de complementação de corretivos e fertilizantes nos anos seguintes. Também é importante o manejo das lavouras no que diz respeito aos tratamentos culturais e às adubações, porque, além da produção, estas deixarão os nutrientes residuais, responsáveis

pela nutrição da pastagem que vem na sequência (Oliveira Neto; Paiva, 2010). Muitas vezes, as árvores são implantadas no fim do período chuvoso ou no período seco do ano com irrigação, o que aumenta a sua capacidade competitiva com a lavoura plantada em novembro. Nesse caso, elas são grandes competidoras com as lavouras por nutrientes e água, e poderá ser necessário adequar as fertilizações das lavouras, por exemplo, parcelar a adubação de cobertura para um melhor aproveitamento dos nutrientes pelas lavouras.

Na implementação do sistema ILPF, preferencialmente, as árvores devem ser plantadas primeiro, pois as suas linhas vão orientar o plantio das lavouras intercalares. Para evitar o inconveniente das linhas de árvore se aproximarem ou distanciarem demasiadamente pela imposição do plantio em nível, que, além de afetar a mecanização da área, introduz zonas mais sombreadas do que outras. Utiliza-se o conceito de “linha mestre”, que favorece o plantio em faixas paralelas, mantendo a mesma distância de uma linha/renque de árvore para a outra. O plantio das mudas no sentido leste-oeste somente deve ser implementado em terrenos planos, sem risco de erosão (Reis et al., 2007).

Erosão do solo

Sob as mesmas condições de manejo, clima e topografia, alguns solos estão mais predispostos à erosão do que outros. Isso se deve às características diferentes entre eles. Essa diferença é chamada de erodibilidade, que é a vulnerabilidade ou a susceptibilidade de determinado solo à erosão. As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade são as que afetam a velocidade de infiltração da água do solo, a permeabilidade e a capacidade

de absorção de água e aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças da chuva de transporte da enxurrada (Cassol et al., 2007).

A erosão é o principal fenômeno que contribui para a degradação do solo. É o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. Na agropecuária, as erosões hídrica e eólica são as duas formas pelas quais os solos vão perdendo a sua capacidade produtiva (Reichert et al., 2007). Os sistemas ILPF se apresentam como maneira de minimizar a erosão, uma vez que o solo, quase sempre, está coberto com plantas em crescimento. Além disso, os renques de árvores podem funcionar como quebra-ventos. Para isso, é necessário ajustar o posicionamento dos renques, sem esquecer os demais princípios de manejo e conservação de solo e água.

A erosão hídrica é mais problemática que a eólica e causa maiores danos por causa não só da perda de solo, matéria orgânica e nutrientes, mas também da perda de água pelo escoamento superficial. A declividade do terreno influencia fortemente as perdas de solo e de água por erosão hídrica, pois, à medida que ela aumenta, aumentam o volume e a velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo.

Dependendo da resistência do solo, a erosão se manifesta de diferentes formas, sendo classificada em erosão pelo impacto da chuva, laminar, sulcos, voçorocas, deslocamentos e escorregamentos de massas de solo, pedestal, pináculo, túnel e da fertilidade do solo.

Em propriedades rurais, esses processos estão associados ao manejo incorreto do solo agrícola e das pastagens, que contribui para a redução da capacidade de suporte das pastagens e da produtividade das culturas. Assim, desde a implementação dos sistemas de produção, devem ser levadas em conta as práticas que podem minimizar os processos erosivos.

Práticas conservacionistas de controle da erosão

São medidas que visam proteger o solo, prevenindo-o dos efeitos danosos da erosão, aumentando a disponibilidade de água, de nutrientes e da atividade biológica do solo e criando condições adequadas ao desenvolvimento das plantas. A escolha das práticas de prevenção à erosão é feita em função dos aspectos ambientais e socioeconômicos de cada propriedade e região. Cada prática, aplicada isoladamente, previne apenas de maneira parcial o problema. Para uma prevenção adequada da erosão, faz-se necessária a adoção simultânea de um conjunto de práticas.

Práticas vegetativas

As práticas vegetativas referem-se à cobertura do solo com a maior quantidade de biomassa possível e visam à proteção do solo contra o impacto da gota da chuva, servir de obstáculo ao escoamento de água superficial, favorecendo a infiltração no perfil do solo e melhorar a estabilidade dos agregados do solo por meio do sistema radicular e adição de matéria orgânica ao solo. Estudos mostram que o plantio de culturas com raízes pivotantes, como nabo-forrageiro e crotalária, pode funcionar como uma “escarificação biológica” do solo, aumentando a

macroporosidade e a infiltração de água (Abreu et al., 2004; Nicoloso et al., 2008).

Plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas, anuais ou semiperenes, são apropriadas para essa finalidade. Além disso, deve-se dar preferência a plantas fixadoras de nitrogênio, com sistema radicular profundo e abundante, para promover a reciclagem de nutrientes.

Áreas muito susceptíveis à erosão e de baixa capacidade de produção devem ser mantidas recobertas com vegetação permanente, por meio de florestamento e reflorestamento, que permite seu uso econômico, de forma sustentável, e proporciona sua conservação. Esse cuidado deve ser adotado em locais estratégicos, que podem estar em nascentes de rios, topos de morros e/ou margem dos cursos d'água.

Nas demais áreas, com potencial para uso mais intensivo, podem ser utilizadas culturas anuais consorciadas com pastagem. O manejo racional das pastagens pode representar uma grande proteção contra os efeitos da erosão. O pasto malconduzido, pelo contrário, torna-se uma das maiores causas de degradação de terras agrícolas. Na ILPF, depois de colhida a lavoura, a área fica com uma pastagem recuperada, que, além de fornecer forragem aos animais, dá proteção ao solo e palhada para novos cultivos.

Existem vantagens na prática da consorciação, seja com culturas anuais ou perenes: melhor distribuição da renda ao longo do ano; melhor utilização da mão de obra; menor incidência de pragas e doenças; uso mais intenso e racional da terra; e maior lucro por unidade de área. Para que se consiga sucesso na consorciação, é necessário seguir alguns parâmetros na escolha

das espécies a serem consorciadas, como aqueles relacionados às suas estruturas vegetativas não conflitantes (raízes e parte aérea), características fisiológicas complementares, além de plena adaptação à região e valor econômico atraente. Na ILPF, o consórcio lavoura-capim é uma das principais tecnologias empregadas. Por exemplo, para o caso do consórcio milho-capim, já existe tecnologia de aplicação de subdose de herbicidas para controlar o crescimento do capim de tal maneira que não ocorra competição com o milho (Alvarenga et al., 2006).

Outras alternativas de cobertura são os cordões de vegetação permanente, que são fileiras de plantas perenes de crescimento denso, dispostas em contorno, em nível. Na ILPF eles podem ser representados pelos renques de árvores.

Uma das bases da ILP e dos sistemas conservacionistas é a rotação de culturas, que consiste em alternar, anualmente, espécies vegetais, numa mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter, ao mesmo tempo, propósito comercial e de recuperação do solo. As vantagens da rotação de culturas são inúmeras, pois, além de proporcionar a produção diversificada de alimentos e outros produtos agrícolas, se adotada e conduzida de modo adequado e por um período suficientemente longo, essa prática melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo; auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas; repõe matéria orgânica e protege o solo da ação dos agentes climáticos e ajuda a viabilização do Sistema de Plantio Direto (SPD) e dos seus efeitos benéficos sobre a produção agropecuária e sobre o ambiente como um todo.

Segundo Vezzani e Mielniczuk (2009), os sistemas agrícolas intensivos e diversificados, que priorizam o não revolvimento

do solo, são os que mais favorecem a qualidade do solo ao longo do tempo. Além disso, a redução do tráfego de máquinas e implementos também melhora a qualidade do solo nos agroecossistemas. Portanto, a adoção do SPD em sistemas de produção intensificados, semiperenes e perenes que envolvem pastagens, como a ILP e ILPF, se mostram mais eficientes para a sustentabilidade dos agroecossistemas que aqueles baseados em cultivos de espécies anuais (Cassol et al., 2007; Silva et al., 2012).

Práticas edáficas

São práticas conservacionistas que, com modificações no sistema de cultivo, além do controle de erosão, mantêm ou melhoram a fertilidade do solo.

Cultivo de acordo com a capacidade de uso da terra: as terras devem ser utilizadas em função da sua aptidão agrícola, que pressupõe a disposição adequada de florestas/reservas, cultivos perenes, cultivos anuais, pastagens, entre outros, racionalizando, assim, o aproveitamento do potencial das áreas e sua conservação (Oliveira Neto; Paiva, 2010).

Controle do fogo: o fogo deve ser evitado e combatido nas propriedades rurais, apesar de ser uma das maneiras mais fáceis e econômicas de limpar o terreno, pois é um dos principais fatores de degradação do solo e do ambiente. As causas mais frequentes dos incêndios florestais são as práticas agropastoris, resultantes da queima para limpeza de terrenos, para fins florestais, agrícolas ou pecuários.

Adubações verde, química e orgânica: como parte de uma agricultura racional, essas práticas proporcionam melhoramento do sistema solo como um todo.

Práticas mecânicas

São aquelas que utilizam estruturas artificiais para a redução da velocidade de escoamento da água sobre a superfície do solo, interferindo nas fases mais avançadas do processo erosivo. Agem especificamente sobre o escoamento superficial, interceptando-o, de modo que este não atinja energia suficiente para ocasionar perdas de solo acima dos limites toleráveis. Dentre as principais práticas conservacionistas de caráter mecânico, podemos citar: terraços, canais escoadouros, bacias de captação de águas pluviais e barraginhas.

No Sistema Plantio Direto e no plantio em nível, em que todas as operações de preparo do terreno, balizamento, semeadura, entre outras, são realizadas em curva de nível, criam-se obstáculos à descida da enxurrada, diminuindo a velocidade de arraste e aumentando a infiltração da água no solo. Esse pode ser considerado um dos princípios básicos, constituindo-se em uma das medidas mais eficientes na conservação do solo e da água (Cassol et al., 2007; Ferreira et al., 2008). Com aração e gradagens “morro abaixo”, isto é, no sentido do declive, o processo de erosão é facilitado e aumenta a perda de solo. A cultura em curvas de nível aumenta a capacidade de infiltração e reduz as perdas de água e a erosão por causa da mobilização e tem maior eficiência quando associado a práticas como o cultivo mínimo, que preconiza o uso minimizado de máquinas agrícolas sobre o solo, com a finalidade de menor revolvimento e compactação.

A distribuição adequada dos caminhos, corredores, carreadores e estradas facilita o trabalho do agricultor e ainda ajuda no controle da erosão. A distância entre eles varia de acordo com a declividade do terreno e do tipo de cultura e devem ser alocados ao máximo no sentido do contorno, fazendo-os funcionarem como verdadeiros terraços, ajudando a defender as culturas contra erosão. O planejamento dessas vias deve ser feito juntamente com o do sistema de terraços, buscando-se possibilitar acesso a todas as áreas de produção, durante todo o ano.

O terraceamento tem o objetivo fundamental de reduzir riscos de erosão hídrica e proteger mananciais (rios, lagos, represas, etc.). Baseia-se no parcelamento das rampas, isto é, divide-se uma rampa comprida, em que a água pode tomar grande velocidade aumentando seu potencial de arraste, em várias menores, menos sujeitas à erosão por causa da menor velocidade da enxurrada, por meio da construção de terraços (Cassol et al., 2007).

Bacias de retenção e infiltração: como os terraços em desnível não têm a capacidade nem a função de reter toda a água escoada, mas de transportá-la em segurança, o uso de bacias de retenção, ou caixas de captação, nas extremidades torna-se necessário para o armazenamento da enxurrada. São buracos construídos no fim de terraços, cordões de contorno, etc., e, também, às margens de estradas e carreadores, que têm a função de receber o fluxo de água que ficará ali depositada, passível de infiltração lenta, no seu fundo ou liberá-la gradativamente, para os desagudouros ou caixas de recepção, em sequência.

Outras práticas mecânicas, como sulcos e camalhões em pastagens, canais divergentes, canais escoadouros, patamares,

banquetas individuais podem ser inseridas para o controle da erosão, em casos específicos.

Construção da fertilidade do solo

Os solos brasileiros, na sua maioria, são ácidos e caracterizados por baixos teores de cálcio e de magnésio, elementos diretamente envolvidos no desenvolvimento das raízes, e por elevados teores de alumínio trocável e baixa disponibilidade de fósforo (Bernardi et al., 2003). As condições são ainda piores naquelas áreas sob pastagens degradadas, em que, além da escassez de nutrientes, a matéria orgânica do solo é baixa, a compactação e a erosão estão presentes em graus variados de severidade e existem plantas daninhas, muitas delas perenes. Solos nessas condições é que estão disponíveis, na maioria das vezes, para novos empreendimentos de ILPF.

As culturas anuais são as mais exigentes em fertilidade do solo. Portanto, nos sistemas ILPF, a construção da fertilidade dos solos deve ser realizada para atender às exigências dessas culturas e, automaticamente, às demandas nutricionais das pastagens e das árvores.

Identificação do nível de fertilidade

A análise do solo, num sentido amplo, é uma medida físico-química, mas, no agrônomo, seu objetivo é determinar a habilidade do solo em fornecer nutriente às plantas e, também, determinar as necessidades de corretivos (calcário, gesso, etc.) e fertilizantes (orgânicos e químicos), além de diagnosticar problemas de toxidez de alguns elementos, excesso de sais e outros. Para que os objetivos da análise de solo sejam atingidos, é

necessário que essa prática esteja interligada com outras etapas, quais sejam: 1) amostragem do solo; 2) análises de laboratório; 3) interpretação dos resultados; 4) e recomendação de calagem e adubação.

Calagem

A recomendação de calagem não é um procedimento simples, por pressupor o conhecimento de um número razoável de informações adicionais, como: características da propriedade agrícola (caracterização da área, da cultura, tipo de solo, histórico da área, expectativa de rendimento, etc.), conhecimento tecnológico (tem sua origem na pesquisa naquela região ou estado) e, por último, informações oriundas das condições do mercado, principalmente aquelas relacionadas a preços de insumos e também disponibilidade de crédito, e que são independentes das duas anteriores.

A escolha do calcário, o valor neutralizante, o grau de finura e sua reatividade são fatores relevantes na aquisição do material corretivo. Em situações que requeiram correção do magnésio, o calcário magnesiano deve ser utilizado (Alvarez V. et al., 1999b). Por sua vez, o grau de finura e a reatividade do corretivo ganham importância quando se deseja fazer calagem em superfície, como é o caso do sistema de plantio direto ou em pastagens implantadas.

Gessagem

O gesso agrícola é o sulfato de cálcio di-hidratado, apresentando-se na forma de pó branco-amarelado. Sob a ótica agrônômica, seu emprego tem sido justificado principalmente em duas situações:

a) quando se requer fornecimento de cálcio e de enxofre; b) na diminuição de concentrações tóxicas do alumínio trocável nas camadas subsuperficiais, com conseqüente aumento de cálcio nessas camadas, visando melhorar o ambiente para o crescimento radicular.

Critérios para recomendação de gesso

A tomada de decisão sobre o uso do gesso agrícola deve sempre ser feita com base no conhecimento de algumas características químicas e na textura das camadas subsuperficiais do solo (20 a 40 cm e 30 a 60 cm). Haverá maior probabilidade de resposta ao gesso quando a saturação por Al^{+3} for maior que 30% ($m > 30\%$), ou o teor de Ca menor que $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo. Uma vez estabelecidas aquelas características, as quantidades sugeridas (Alvarez V. et al., 1999a) são:

Solos de textura arenosa (< 15% de argila) = 0 a 0,4 t/ha;
Solos de textura média (15% a 35% de argila) = 0,4 a 0,8 t/ha;
Solos argilosos (36% a 60% de argila) = 0,8 a 1,2 t/ha;
Solos muito argilosos (> 60% de argila) = 1,2 a 1,6 t/ha.

A aplicação de gesso agrícola deve ser feita a lanço individual ou separadamente, com relação à aplicação do calcário (Alvarez V. et al., 1999a).

Adubação para culturas de grãos e forrageiras

Para elaborar um programa de adubação para as culturas, seja para produção de grãos, forragem e madeira, é importante levar

em consideração como essas culturas estão inseridas no sistema de produção utilizado.

As culturas de soja, arroz, milho e sorgo têm sido as mais utilizadas no sistema ILPF. Em razão do potencial que apresentam, seja na pequena, média ou grande propriedade, o milho e o sorgo, tanto para produção de grãos ou silagem, têm-se constituído em culturas de destaque dentro da ILPF (Alvarenga et al., 2011b). Além disso, elas possuem vantagens comparativas que as diferenciam da soja ou do arroz, especialmente no que diz respeito ao consórcio lavoura-pasto.

Na Tabela 1, são apresentados os valores de exportação média de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) por diferentes culturas destinadas à produção de grãos e forragem. Coelho (2008) relata resultados de exportação de nutrientes pelo milho cultivado solteiro e com produtividade de 9 t/ha de grãos, equivalente a 138, 76 e 50 kg de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente.

Tabela 1. Quantidades médias de nutrientes exportadas nos grãos e forragem por diferentes culturas.

| Culturas | N | P_2O_5 | K_2O |
|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|
| Grãos | | kg/t de grão | |
| Soja | 60 | 15 | 20 |
| Milho | 16 | 8 | 6 |
| Sorgo | 15 | 8 | 4 |
| Arroz | 14 | 5 | 3 |
| Forrageira | | kg/t de matéria seca | |
| Mombaça | 20 | 7 | 33 |
| Tanzânia | 17 | 5 | 24 |
| Braquiarião | 15 | 4 | 28 |

Recomendações de adubação

Os sistemas integrados de produção, como ILPF, ainda carecem de resultados de pesquisas e informações específicas que levem em conta a complexidade do sistema, com a coexistência de cultivos anuais, perenes e animais em uma mesma área. Assim, para a recomendação de adubação em ILPF, tem-se utilizado das informações disponíveis nos manuais de recomendação de corretivos e fertilizantes publicados pelas Comissões Estaduais de Fertilidade do Solo. Nesse caso, é importante mencionar que, a exemplo da calagem, prática adotada nos sistemas de rotação e sucessão de culturas, que prioriza a cultura mais sensível à acidez do solo, na recomendação de adubação, deve-se priorizar a cultura com maior exigência em termos nutricionais (Oliveira Neto; Paiva, 2010). Conforme os dados apresentados na Tabela 2, o milho, sem aplicação de fertilizantes na semeadura e em cobertura, apresentou baixa produtividade de grãos (apenas 38% da produtividade máxima), enquanto a braquiária e a soja praticamente não apresentaram aumentos significativos nas produtividades em função da adubação (Coelho, 2008; Coelho; Resende, 2008).

Contudo, para o melhor aproveitamento do fertilizante aplicado, pode ser considerada a segmentação de doses de nutrientes, de acordo com a expectativa de produtividade, a qual pode ser bastante variável em razão das diferenças edafoclimáticas, do material genético e da época de semeadura. Esse conceito está estreitamente relacionado ao fato de as culturas com maiores rendimentos extraírem e exportarem maiores quantidades de nutrientes e, portanto, necessitarem de doses diferentes de fertilizantes. Isso se aplica, principalmente, a nutrientes como N e K, extraídos em grandes quantidades, que devem ser repostas via fertilização (Coelho; Resende, 2008).

Tabela 2. Produtividades de grãos de milho (13% umidade) e matéria seca (65 °C) de braquiária em sistema consorciado e grãos (13% umidade) de soja em sistema solteiro.

| Tratamentos | Consortio Milho + Braquiária | | Soja |
|--------------------|------------------------------|------------------|----------------------|
| | Milho kg/ha | Braquiária kg/ha | Prod. de grãos kg/ha |
| 01-Testemunha | 2.823b ^{1/} | 6.632a | 2.876a |
| 02- NPK | 6.457a | 4.990a | 2.949a |
| 03- NPK+ Gesso | 7.327a | 4.675a | 3.032a |
| 04- NPK+ Gesso+MgO | 6.619a | 5.317a | 3.110a |
| 05- NPK+ MgO | 6.570a | 5.315a | 3.088a |
| Média | 6.104 | 5.562 | 3.035a |
| CV (%) | 15 | 24 | 10 |

¹Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Manejo da adubação

No manejo da adubação no sistema de ILPF, muitas indagações existem sobre o modo de aplicação dos fertilizantes, bem como sobre a sua localização em relação às culturas, merecendo mencionar: aplicação a lanço, incorporada ou na superfície do solo, aplicação no sulco de semeadura de uma das culturas e aplicação em sulcos de ambas as culturas consorciadas. Na tomada de decisão sobre o modo de aplicação dos fertilizantes, deve-se levar em consideração vários fatores (Bernardi et al., 2003; Alvarenga et al., 2010). Destacam-se o nível de fertilidade do solo e as exigências nutricionais das culturas, os quais definem as doses a serem aplicadas, o efeito salino dos fertilizantes (cloreto de potássio), a disponibilidade de equipamentos, a capacidade de investimento do produtor e as relações de trocas baseadas nos preços dos fertilizantes e dos produtos a serem produzidos.

Por sua vez, aspectos como efeito salino dos fertilizantes e distribuição do sistema radicular podem ser atenuados ou melhorados com formas alternativas de distribuição dos fertilizantes. A questão, nessa situação, é definir a proporcionalidade da distribuição dos fertilizantes (por exemplo, 75% para o milho, e 25%, para a braquiária semeada na entrelinha), considerando que as duas culturas apresentam diferentes exigências nutricionais e, conseqüentemente, respostas diferenciadas a adubação (Tabela 2). Em solos de baixa fertilidade, pode ser interessante, também, a adubação da braquiária semeada na entrelinha do milho, principalmente com P e K, para se obter a formação de uma boa pastagem, enquanto nos solos em que os níveis de fertilidade enquadram-se nas classes média e alta pode-se efetuar a adubação para apenas a cultura do milho (Alvarenga et al., 2011a).

Sistemas de preparo do solo

O preparo convencional do solo, envolvendo aração e gradagens, ainda é utilizado em grande parte das propriedades agrícolas do Brasil, com o objetivo básico de fornecer condições para a germinação, a emergência e o estabelecimento das plântulas. Além disso, o preparo convencional do solo permite também o controle mecânico da população inicial de plantas daninhas. Contudo, as operações motomecanizadas de preparo convencional constituem a principal forma de alteração de características físicas do solo, principalmente pela desestabilização da estrutura, que aumenta a erodibilidade da camada arável, e pela compactação, que reduz a macroporosidade, a disponibilidade de água e ar no perfil, acarretando perda do potencial produtivo da área (Reichert et al., 2007). Além disso, o preparo convencional provoca

descontinuidade do sistema poroso, o que afeta a drenagem e a aeração do perfil.

Entretanto, nas condições de solos tropicais, com baixa fertilidade natural e acidez elevada, torna-se praticamente impossível estabelecer um sistema agrícola com boa produtividade inicial sem revolvimento do solo. Nesses casos, devem ser adotadas, no primeiro momento, operações de preparo convencional, levando-se em conta as características da área, como o relevo, a textura e a fertilidade do solo, bem como o sistema de produção a ser estabelecido, para a escolha mais acertada de implementos e ações para obter um perfil de solo favorável ao desenvolvimento da cultura, com o mínimo de efeitos negativos às propriedades físicas do solo (Alvarenga et al., 2010), sendo que, nas safras seguintes, deve-se priorizar a utilização do SPD.

A utilização constante e repetida de um mesmo tipo de equipamento, como a grade pesada ou o arado de discos, trabalhando sempre numa mesma profundidade, pode provocar compactação do solo logo abaixo da camada preparada. Uma das maneiras de minimizar o risco de compactação é alternar anualmente a profundidade de preparo do solo (Alvarenga et al., 2010). É importante também atentar para as condições de umidade do terreno por ocasião de seu preparo, pois é fator de grande influência na compactação. O ponto de umidade ideal é aquele em que o trator opera com o mínimo esforço, produzindo os melhores resultados na execução do serviço. Se o solo apresenta umidade acima da ideal, ocorre o aumento da dificuldade de operação e os riscos de compactação. Em solo muito seco, o destorroamento é ineficiente, exigindo maior número de passadas de grade para quebra dos torrões, com consequente prejuízo à estrutura do solo, além de incremento do

consumo de combustível e do custo de produção. Mesmo após as operações de preparo, ao longo de todo o ciclo da cultura, deve-se evitar o tráfego de máquinas pesadas em áreas com a umidade do solo acima do ponto de friabilidade, ou seja, com o solo muito úmido.

Compactação do solo

A compactação é a redução do espaço poroso e o aumento da resistência à penetração do solo, resultante de ações mecânicas, como o uso de máquinas e equipamentos sobre a camada superficial de solo (Reichert et al., 2007). Nessa condição, a resistência do solo à penetração também é aumentada, elevando o requerimento de potência para o preparo do solo. Podem também ocorrer condições menos favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, que sofre uma série de modificações, tanto de ordem morfológica, quanto fisiológica, alterando o seu padrão de crescimento, com tendência de distribuição mais horizontal e superficial, afetando o desenvolvimento da planta, que apresenta menor crescimento.

Compactação superficial do solo

Causada principalmente pelo tráfego de máquinas e equipamentos, a compactação superficial tem crescido como problema em áreas de plantio direto, formando um impedimento físico que se concentra entre 8 e 15 cm de profundidade e resulta em menor área de solo a ser explorada pelo sistema radicular, comparando-se com a compactação subsuperficial no plantio convencional (Silva, 2003; Suzuki, 2005). Em áreas sob pastagens, a compactação pelo pisoteio do gado se concentra nos primeiros 10 cm (Collares et al., 2011), enquanto nas áreas

florestais a profundidade pode alcançar profundidade superior a 30 cm, em razão do grande peso das máquinas envolvidas e da intensidade de tráfego na colheita, além de características do solo e teor de umidade no momento das operações (Lopes et al., 2006; Reichert et al., 2007).

Compactação em subsuperfície

Resultante principalmente das operações de preparo de solo, aparecendo geralmente entre 10 cm e 30 cm de profundidade, perceptível na forma de camada endurecida e também na forma de “espelhamento” no solo após a passagem do implemento (pé-de-grade) (Alvarenga et al., 2010).

Uma vez identificada a presença de camada compactada e constatada que esta está causando problema ao desenvolvimento das plantas e degradação do solo, o próximo passo é a sua eliminação. A técnica a ser adotada e sua eficiência vão depender do tipo de solo, da profundidade em que ela se encontra e do grau de problema que ela está causando. Em situações em que ela ainda não é muito intensa, é possível contornar o problema modificando o sistema de manejo de solo e utilizando-se da rotação de culturas, incluindo plantas de sistema radicular mais vigoroso e fasciculado, capazes de penetrar solos que ofereçam maior resistência (Alvarenga et al., 2010). Quando necessário, deve-se realizar o rompimento da camada compactada com implemento. Deve-se empregar aquele que alcance a profundidade imediatamente abaixo da zona compactada e isso será feito da seguinte forma: se até a profundidade de 35 cm, ela pode ser rompida com o arado de aivecas ou o arado escarificador; se em profundidades maiores, com o subsolador. Contudo, a subsolagem é uma das operações de maior consumo

energético, devendo ser utilizada só quando estritamente necessária e nas condições ideais de umidade. Quando for usado o arado escarificador ou arado subsolador, para o rompimento da camada compactada, deve-se levar em consideração que o espaçamento entre as hastes determina o grau de rompimento da camada compactada pelo implemento (Alvarenga et al., 2010).

Referências

ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. T. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 519-531, 2004.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; CASTRO, A. A. D. N.; COELHO, A. M.; ALMEIDA, E. de P. C. Rendimento do consórcio milho-Brachiaria brizantha afetado pela localização do adubo e aplicação de herbicida. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 224-234, 2011a.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCH, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. Cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 233, p. 106-126, jul./ago. 2006.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; VIANA, M. C. M.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A. **Sistema de integração lavoura-pecuária como estratégia de produção sustentável em região com riscos climáticos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 211).

ALVARENGA, R. C.; NOCE, M. A. **Integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 14 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 47).

ALVARENGA, R. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 59-67, jul./ago. 2010.

ALVARENGA, R. C.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. dos; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M. **A cultura do sorgo em sistemas integrados lavoura-pecuária ou lavoura-pecuária floresta**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011b. 14 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 172).

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, A. C.; SOUZA, R. B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999a. p. 67-78.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-60.

BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A.; FREITAS, P. L.; COELHO, M. R.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; OLIVEIRA, R. P.; SANTOS, H. G.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. C. S. **Correção**

do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 22 p. (Embrapa Solos. Documentos, 46).

CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Arborização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto. In: EVANGELISTA, A. R.; SILVEIRA, P. J.; ABREU, J. G. **Forragicultura e pastagens: temas em evidência.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p. 77-108.

CASSOL, E. A.; DERNADIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema plantio direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. In: CERETA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, p. 333-370.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p.131-157.

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 111).

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura-pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 246-250, fev. 2011.

FERREIRA, L. R.; SANTOS, M. V.; FONSECA, D. M.; OLIVEIRA NETO, S. N. Plantio direto e sistemas integrados de produção

na recuperação e renovação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2008, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 337-339.

LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; MACHADO, C. C.; RINALDI, P. C. N.; SILVEIRA, J. C. M. Compactação de um latossolo submetido ao tráfego do "Clambunk". **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 23-28, 2006.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009. Suplemento especial.

NICOLOSO, R. S.; AMADO, T. J. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1723-1734, 2008.

OLIVEIRA NETO, S. N.; PAIVA, H. N. Implantação e manejo do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril. In: OLIVEIRA NETO, S. N. de; VALE, A. B. do; NACIF, A. de P.; VILAR, M. B.; ASSIS, J. B. de (Org.). **Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. p. 15-68.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65 p.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, p. 50-134.

REIS, H. A.; MAGALHÃES, L. L.; OFUGI, C.; MELIDO, R. C. N. Agrossilvicultura no cerrado, região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. de; MÜLLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. da C. (Ed.). **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul**: desafios e potencialidades. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 137-154.

SILVA, V. R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003. 171 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2003.

SILVA, V. L. da; DIECKOW, J.; MELLEK, J. E.; MOLIN, R.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M. Melhoria da estrutura de um Latossolo por sistemas de culturas em plantio direto nos Campos Gerais do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 983-992, 2012.

SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas**. 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

VEZZANIM, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.