

Capítulo 12

Uso e manejo do solo

*Roseli Freire de Melo
Vanderlise Giongo
Diana Signor Deon
José Barbosa dos Anjos*

A base de toda a produção agrícola é o solo, o qual não se restringe apenas às suas partículas minerais (areia, silte e argila); inclui também organismos vivos, matéria orgânica, água e ar. Seu equilíbrio se reflete no potencial produtivo e na sustentabilidade agrícola (Primavesi, 2006). O manejo adequado resulta em um solo saudável, que é de grande importância para a manutenção da vida terrestre, pois se constitui em suporte para os mais variados tipos de vida, desde as plantas, animais e microrganismos até o homem. As práticas de manejo estão associadas à conservação da água no solo e devem ser adotadas, primeiramente, em função do seu potencial produtivo, ou seja, devem ser definidas com base na textura do solo, declividade, pedregosidade, cobertura vegetal, grau de infestação de plantas espontâneas e existência de camadas compactadas.

As condições ambientais do Semiárido brasileiro tornam a região muito propícia à degradação do solo. Segundo Castro (2012), os principais fatores limitantes para o desenvolvimento da agricultura dependente de chuva ou de sequeiro no Semiárido brasileiro são: a baixa precipitação média anual e sua concentração em poucos meses do ano; a pequena

quantidade de estabelecimentos agropecuários que adotam alguma medida para proteção dos recursos hídricos (por exemplo, mata ciliar e proteção de nascentes com vegetação); a baixa fertilidade natural dos solos da região, aliada à falta de adoção de práticas de manejo da fertilidade do solo; as perdas de solo por erosão e a baixa adoção de práticas conservacionistas para conter esse processo; a desertificação; a baixa adoção de tecnologias ou a adoção de tecnologias defasadas na agricultura; e outros fatores relacionados à infraestrutura, como estruturas para armazenamento da produção e condições de conservação de rodovias e estradas para escoamento da produção.

A agricultura dependente de chuva na região semiárida é naturalmente um grande desafio, que se intensificou no período entre 2012 e 2018 em função da seca, já que, em muitos municípios do Semiárido, a precipitação não chegou à metade da média anual esperada, fazendo com que a produção agrícola apenas dependente de chuvas se tornasse impossível. Nesse contexto, faz-se necessária a integração de técnicas de manejo com práticas conservacionistas do solo que possam contribuir para reduzir os efeitos da menor quantidade de chuva e garantir um solo produtivo e a segurança alimentar da família.

Considerando a fragilidade dos solos da região semiárida, o manejo inadequado pode intensificar os processos de degradação, resultando em desequilíbrio da biodiversidade e, conseqüentemente, da saúde dos solos e sendo um passo para a desertificação. Neste capítulo, serão abordadas informações relacionadas aos fatores de degradação dos solos bem como práticas de manejo e de conservação de solo e de adubação das culturas que podem contribuir para o aumento da sustentabilidade da agricultura no Semiárido.

Fatores de degradação

As condições ambientais do Semiárido brasileiro tornam a região muito propícia a fatores de degradação do solo, entre os quais estão: queimadas, erosão, salinização e desertificação, que serão abordados neste capítulo.

Queimadas

As queimadas são utilizadas pelos produtores como forma de baixo custo para limpar o terreno antes do preparo do solo para o plantio (Figura 1). De maneira geral, as áreas queimadas são cultivadas por alguns anos e, depois, deixadas em pousio para serem novamente queimadas e cultivadas alguns anos depois. Em um levantamento realizado nos municípios cearenses de Barbalha e Jardim, em média, 60% dos agricultores utilizam a queimada como técnica de limpeza do solo, embora a grande maioria (75%, em média) reconheça a prática como danosa ao meio ambiente (Pereira; Drumond, 2014).



Foto: Aurélio Antas Miguel

Figura 1. Preparo inicial da área com queimada para limpeza.

O processo de queimada, além da destruição da biomassa aérea das plantas e da matéria orgânica do solo, promove a emissão de CO_2 para a atmosfera (intensificando o efeito estufa) e causa a morte dos macro e microrganismos do solo, acelerando o processo de degradação.

Contudo, apesar dos efeitos negativos da queima da vegetação, a prática ainda persiste entre os produtores porque promove a disponibilização imediata de nutrientes para as culturas que serão plantadas

posteriormente. Na Tabela 1, são apresentadas as características químicas e físicas de um Luvisolo Crômico Órtico submetido à queima, depois cultivado por 2 anos consecutivos com milho (*Zea mays*) e, em seguida, deixado em pousio (sem cultivo) por 5 anos. Ao lado dessa área, uma mata secundária de 50 anos também foi avaliada para fins de comparação.

Em Nunes et al. (2006), os autores mostraram que a queimada inicialmente elevou o pH do solo, o qual voltou gradativamente à condição original, assemelhando-se ao da área de mata apenas 2 anos após a queima. Comportamento semelhante foi apresentado pelo teor de fósforo disponível para as plantas. Na área de mata, o teor de fósforo era de 56 mg dm⁻³, enquanto, na área queimada e cultivada com milho no primeiro ano, observou-se o teor de 69 mg dm⁻³. Entretanto, já no segundo ano de cultivo de milho, o teor desse nutriente no solo foi reduzido para 26 mg dm⁻³. Os valores de soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação de bases também sugerem que o efeito fertilizador das cinzas ocorreu apenas até o terceiro ano após a queimada. A área queimada apresentou valores de densidade do solo e porosidade total semelhantes aos da área de mata

Tabela 1. Características químicas e físicas de um Luvisolo Crômico Órtico sob diferentes tipos de manejo no município de Sobral, CE⁽¹⁾.

Manejo do solo	pH	P	SB	CTC	V	Porosidade total	Densidade do solo
		mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³		%	g cm ⁻³	
Milho – 1º ano	7,6	69	180,0	190,6	94	51,5	1,26
Milho – 2º ano	7,2	26	181,6	202,3	90	52,0	1,26
Pousio – 1º ano	7,3	18	170,4	186,9	91	48,8	1,31
Pousio – 2º ano	6,6	3	87,1	110,2	79	44,5	1,50
Pousio – 3º ano	6,5	2	96,6	127,1	76	46,3	1,45
Pousio – 4º ano	6,4	3	93,6	120,2	78	45,5	1,47
Pousio – 5º ano	6,7	57	117,6	142,3	83	48,8	1,33
Mata secundária (50 anos)	6,6	56	124,8	157,8	82	51,5	1,22

⁽¹⁾Milho = *Zea mays*, P = fósforo, SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação de bases.

Fonte: Adaptado de Nunes et al. (2006).

secundária (50 anos). Entretanto, nas áreas sob pousio, houve aumento da densidade e redução da porosidade total como resultado da compactação provocada pelo impacto das gotas de chuva sobre o solo descoberto (Nunes et al., 2006).

Esses resultados demonstram que os benefícios da queimada para as culturas subsequentes são pequenos e que a ausência de adubação para repor a quantidade de nutrientes exportados pela cultura é um fator de degradação e empobrecimento do solo. Além disso, a ocorrência de chuvas concentradas e de grande intensidade, comuns no Semiárido, sobre o solo descoberto (situação que ocorre tanto após a queimada quanto no pousio após o cultivo) é uma importante causa da erosão hídrica, como será comentado a seguir.

Erosão

Dentre as regiões brasileiras, o Semiárido é das mais susceptíveis às perdas de solo pelo processo erosivo. Isso acontece porque a vegetação nativa é menos densa do que as das demais regiões, deixando parte do solo descoberto e facilitando a ocorrência de erosão tanto hídrica (pelo impacto das gotas de chuva) quanto eólica (transporte de material pelo vento). Assim, como afirmado por Castro (2012), a perda de solo por erosão é o principal fator que conduz às perdas das terras produtivas no Semiárido.

O dano causado pela erosão não é simplesmente devido à perda quantitativa de solo, mas também à perda qualitativa; como o material transportado é geralmente rico em matéria orgânica e em partículas minerais finas, após o processo erosivo, o que resta na área é um solo enriquecido em frações minerais mais grosseiras e menos férteis (Brady; Weil, 2013). Além disso, a erosão do solo tem efeitos dentro e fora da propriedade. Dentro da propriedade, nota-se principalmente a redução da produtividade, enquanto fora da propriedade, nota-se a melhoria da produtividade das terras à jusante (devido ao transporte de argila e de matéria orgânica) e a sedimentação e eutrofização dos reservatórios e corpos d'água (FAO, 2016a).

Erosão hídrica

O processo de erosão hídrica pode ser dividido em três fases: desagregação, transporte e deposição. A desagregação consiste na “quebra” dos agregados do solo, os quais podem ser rompidos por operações de

preparo do solo, impacto da gota da chuva sobre o solo, processo contínuo de molhamento e secagem do solo ou ainda escoamento da água sobre o terreno. O impacto da gota de chuva sobre o solo descoberto provoca a ruptura dos agregados e, conseqüentemente, leva ao selamento superficial e à compactação. Assim, a ocorrência de chuvas sobre solos descobertos e muito revolvidos (por aração e gradagem, por exemplo) certamente provocará a perda de grande quantidade de solo.

O transporte das partículas de solo ocorre após a desagregação à medida que a água vai se concentrando e escorrendo pela superfície do solo, arrastando consigo as partículas que foram desagregadas anteriormente. Quando a enxurrada vai se concentrando, o aumento do volume da enxurrada leva à formação de sulcos, canais e voçorocas.

A fase de deposição ocorre quando a água que vinha escorrendo pelo terreno perde velocidade, e as partículas de solo desagregadas se depositam. Geralmente, isso ocorre em áreas mais baixas, microdepressões do relevo, em faixas de vegetação adjacentes, em fundos de vale ou ainda em reservatórios de água, causando assoreamento e eutrofização.

A quantidade de solo perdida pela erosão hídrica depende da intensidade da chuva e da susceptibilidade do solo ao processo erosivo (erodibilidade). A erodibilidade do solo, por sua vez, depende dos fatores que influenciam a resistência do solo à desagregação e ao transporte de partículas e ainda dos fatores que afetam a velocidade de infiltração da água, uma vez que, quanto mais água se infiltrar no solo, menor será a quantidade de água que irá escorrer pela superfície.

A matéria orgânica do solo funciona como um agente cimentante dos agregados. Portanto, solos com maior teor de matéria orgânica possuem agregados com maior estabilidade e resistência ao impacto da gota de chuva. A textura também afeta as perdas de solo: os solos argilosos possuem agregados mais estáveis do que os arenosos e são, portanto, mais resistentes ao impacto da gota de chuva e à desagregação. Entretanto, as partículas de argila são mais leves do que as de areia e podem ser transportadas com facilidade. Portanto, em solos arenosos, é preciso um manejo adequado para manutenção da cobertura do solo evitando o processo de desagregação.

A cobertura vegetal influencia as perdas de solo por erosão, porque diminui o impacto da gota da chuva, reduz a velocidade do fluxo de água da

enxurrada e ainda aumenta o teor de matéria orgânica, a estabilidade dos agregados e a infiltração de água no solo. A porosidade do solo também influencia a taxa de infiltração de água e pode variar com a textura (proporção de areia, silte e argila), densidade, estrutura e teor de matéria orgânica. Além desses fatores, o relevo também pode afetar a erosão. Em áreas com grande declividade e onde a água percorre longa distância até o ponto de deposição, a velocidade e o volume da enxurrada aumentam e, conseqüentemente, há maior transporte de partículas de solo.

Diante disso, como as perdas de solo pela erosão hídrica (Figura 2) dependem das características do solo e da intensidade da chuva e como as características da chuva não podem ser alteradas pelo produtor rural, é preciso ter atenção às práticas de manejo de solo, procurando mantê-lo sempre com alguma cobertura vegetal (viva ou morta) e evitando pulverizá-lo durante as operações de preparo a fim de controlar a ocorrência e a intensidade do processo erosivo nas áreas cultivadas.

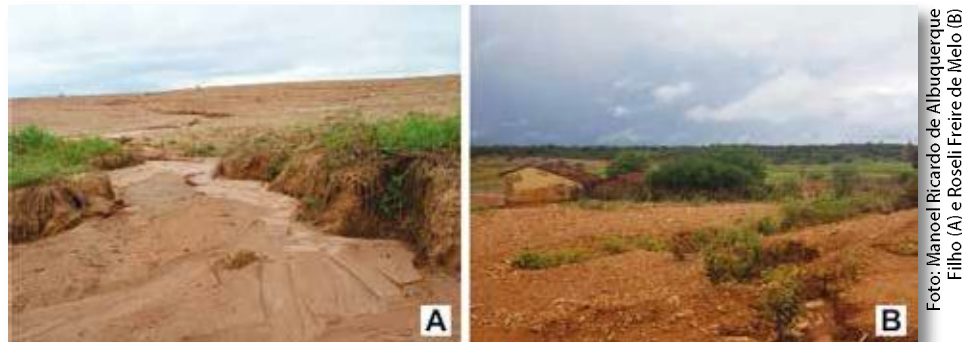


Foto: Manoel Ricardo de Albuquerque Filho (A) e Roseli Freire de Melo (B)

Figura 2. Erosão hídrica em lavoura de milho (*Zea mays*) (A) e em área de cultivo (B).

Erosão eólica

A erosão do solo pelo vento é um problema principalmente de regiões áridas e semiáridas. Isso porque o vento soprando sobre o solo seco e, em geral, descoberto carrega as partículas e causa danos tanto à área erodida (perda de solo) quanto às áreas externas devido à ação abrasiva das partículas transportadas pelo vento (Brady; Weil, 2013).

Os principais fatores que afetam a erosão eólica são a umidade do solo, a velocidade do vento, as condições da superfície do solo (rugosidade e cobertura), as características do solo e a natureza e posição das faixas de vegetação.

Solos úmidos não se desagregam; por isso, a erosão eólica ocorre em solos secos. Ventos com velocidade superior a 25 km h^{-1} podem provocar o desprendimento de partículas. Contudo, mais do que a velocidade do vento, o impacto das partículas que já estão sendo carregadas por ele é que provoca a desagregação do solo. A erosão eólica é menor em solos cuja superfície é mais rugosa. Com relação às características do solo, a densidade, a estabilidade dos agregados e o tamanho das partículas influenciam esse tipo de erosão. Finalmente, a cobertura vegetal do solo (viva ou morta) reduz a erosão eólica por funcionar como barreira principalmente se estiver em posição perpendicular à direção do vento. Essa redução deve-se tanto ao menor movimento de vento próximo à superfície quanto ao efeito das raízes sobre o solo, que proporciona maior agregação e umidade em comparação com as áreas sem vegetação e com limitação hídrica (Brady; Weil, 2013).

Salinização

Os solos afetados por sais podem ser divididos em solos salinos, salino-sódicos e sódicos. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2016b), 3,1% da área mundial de solos cultivados são salinos e 3,4% são sódicos. Esses solos ocorrem principalmente em regiões onde a relação entre precipitação e evapotranspiração é menor do que 0,75, em áreas baixas e planas, com lençol freático elevado e que recebem água de drenagem de áreas superiores do relevo (Brady; Weil, 2013).

Os solos salinos podem ser divididos em função de características como condutividade elétrica, porcentagem de saturação por sódio e pH, como apresentado por Brady e Weil (2013):

- Solos salinos – apresentam acúmulo de sais neutros solúveis, condutividade elétrica no extrato de saturação maior do que 4 dS m^{-1} , saturação por sódio menor do que 15% e valores de pH abaixo de 8,5.

- Solos salino-sódicos – apresentam níveis prejudiciais de sais neutros solúveis e de sódio, condutividade elétrica no extrato de saturação maior do que 4 dS m^{-1} , saturação por sódio maior do que 15% e valores de pH abaixo de 8,5.
- Solos sódicos – apresentam baixos níveis de sais solúveis neutros, condutividade elétrica menor do que 4 dS m^{-1} e altos níveis de sódio (saturação de sódio maior do que 15%). O pH desses solos geralmente é superior a 8,5. Os solos sódicos também podem apresentar problemas estruturais devido à dispersão dos agregados, o que reduz a macroporosidade e, conseqüentemente, restringe o movimento de ar e de água no solo.

Em condições naturais, os sais disponíveis no solo podem ser resultado do intemperismo do material de origem (processo natural de formação do solo) ou podem ter sido transportados de outras áreas pela água, acumulando-se em pontos mais baixos do relevo (Brady; Weil, 2013). Entretanto, os solos afetados por sais raramente são formados pelo acúmulo de sais *in situ*, ou seja, no próprio local, e geralmente têm sua origem no acúmulo de sais transportados de outras áreas junto com a água (Abrol et al., 1988).

O processo de salinização também pode ser acentuado pela mudança de uso da terra, principalmente em função da substituição de áreas de vegetação nativa por áreas cultivadas (Brady; Weil, 2013). Como o sistema radicular das espécies nativas é geralmente mais profundo do que o das espécies cultivadas, a evapotranspiração nas áreas nativas é maior e diminui após a mudança de uso da terra, o que permite, em função da chuva ou da irrigação, que maior quantidade de água percole no perfil do solo, elevando o nível do lençol freático e aumentando o fluxo ascendente de água subterrânea nas áreas mais baixas do relevo. Nas regiões semiáridas, a água transporta consigo os sais solúveis presentes no solo e, em função da ascensão capilar e da evaporação, esses sais acabam se acumulando na superfície. Assim, ao longo dos anos, a área salinizada vai se tornando maior e mais salina, o que impede o desenvolvimento das plantas (Brady; Weil, 2013).

A ocorrência de solos afetados por sais pode ser identificada através de análises de amostras de solo em laboratório (determinação da condutividade elétrica em extrato saturado, da porcentagem de saturação por sódio e do pH do solo) em conjunto com a observação de alguns aspectos

da paisagem, como a vegetação com presença de plantas halófitas [que acumulam grande quantidade de sal em seu interior, sem afetar seu desenvolvimento, a exemplo da erva-sal (*Atriplex nummularia*)] e a superfície do solo [crostas esbranquiçadas indicam salinização, enquanto crostas escuras indicam sodicidade] (FAO, 2016b). Quanto mais precoce for a detecção do processo de salinização, maiores são as chances de recuperação do solo e menores são os custos envolvidos.

Segundo a FAO (2016b), os solos afetados por sais podem ter efeito sobre as culturas, os ecossistemas e a qualidade dos recursos naturais, além de causar impactos econômicos e sociais. Em função dos sais, as culturas podem ter reduzida produção, e a variedade de espécies que podem ser cultivadas pode ser restrita, resultando em menor renda e menor diversidade na alimentação da população rural. Além disso, os solos afetados por sais demandam mais mão de obra para o preparo e mais uso de insumos, o que reduz a renda dos produtores e pode, em casos extremos, levar ao abandono da área de cultivo e ao êxodo rural.

O processo de salinização pode afetar toda a fauna (macrofauna e microfauna) e flora do solo, reduzindo a biodiversidade nos ecossistemas terrestres e aquáticos e a eficiência na ciclagem de nutrientes. Além disso, áreas nativas afetadas por sais apresentam vegetação espaçada, o que, aliado à fragilidade dos solos, contribui para a ocorrência de outros processos de degradação, como as erosões hídrica e eólica. No caso dos solos sódicos, a desagregação, além de diminuir a infiltração de água no solo e de aumentar as perdas de nutrientes (que são carregados junto com a água da chuva), também estimula as emissões de CO₂ para a atmosfera.

Altos níveis de sódio podem causar desequilíbrios nutricionais às plantas por afetarem a absorção de outros nutrientes, como potássio e cálcio, enquanto alguns elementos podem ser tóxicos para algumas espécies, a exemplo do cloreto e do sódio (Brady; Weil, 2013).

De modo geral, as plantas respondem de formas diferentes à presença de sais no solo. Algumas podem ser tolerantes e outras mais sensíveis (Tabela 2). Alguns trabalhos realizados na Embrapa Semiárido têm avaliado o efeito da salinidade sobre culturas agrícolas. Coelho et al. (2014) constataram que, até o nível de salinidade de 10 dS m⁻¹, não há prejuízo para a germinação de sementes de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) e que

o crescimento dessa espécie foi favorecido entre 3 dS m⁻¹ e 5 dS m⁻¹. Porto et al. (2003) verificaram que a erva-sal, além de ser uma forrageira que extrai grande quantidade de sais do perfil do solo, pode produzir cerca de 19 t ha⁻¹ quando cultivada em solos com condutividade elétrica em torno de 5 dS m⁻¹. Matias et al. (2011) constataram que as sementes de angico (*Anadenanthera colubrina*) apresentam germinação superior a 90% quando a salinidade é de 8 dS m⁻¹, sendo, portanto, tolerantes à salinidade.

Tabela 2. Tolerância à salinidade de algumas culturas agrícolas com base na condutividade elétrica do solo⁽¹⁾.

Nome comum/Nome científico	CE (dS m ⁻¹)	Nome comum/Nome científico	CE (dS m ⁻¹)
Cenoura (<i>Daucus carota</i>)	1,0	Alfafa (<i>Medicago sativa</i>)	2,0
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1,0	Espinafre (<i>Spinacia oleracea</i>)	2,0
Cebola (<i>Allium cepa</i>)	1,2	Melão-cantaloupe (<i>Cucumis melo</i> var. <i>cantalupensis</i>)	2,2
Abacate (<i>Persea americana</i>)	1,3	Abobrinha (<i>Cucumis sativus</i>)	2,5
Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	1,3	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	2,5
Feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)	1,3	Capim-sudão (<i>Sorghum sudanense</i>)	2,8
Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	1,5	Abobrinha (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>melopepo</i>)	3,2
Pimentão (<i>Capsicum annum</i>)	1,5	Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i>)	3,2
Vagem (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1,5	Beterraba (<i>Beta vulgaris</i>)	4,0
Pimenta (<i>Capsicum spp.</i>)	1,5	Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	4,0
Feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i>)	1,6	Capim-doce (<i>Phalaris tuberosa</i>)	4,6
Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	1,7	Abobrinha-italiana (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>melopepo</i>)	4,7
Laranja (<i>Citrus sinensis</i>)	1,7	Soja (<i>Glycine max</i>)	5,0
Limão (<i>Citrus limon</i>)	1,7	Girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	5,3
Milho-doce (<i>Zea mays</i>)	1,7	Azevém (<i>Lolium perenne</i>)	5,6
Milho-grão (<i>Zea mays</i>)	1,7	Capim-bermuda (<i>Cynodon dactylon</i>)	6,9
Milho-forrageiro (<i>Zea mays</i>)	1,8	Beterraba-açucareira (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>saccharifera</i>)	7,0
Repolho (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>)	1,8	Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i>)	7,7

⁽¹⁾CE = condutividade elétrica.

Fonte: Adaptado de Gheyi et al. (2010).

O manejo de solos afetados por sais para fins agrícolas depende da combinação de várias tecnologias, sempre levando em consideração as condições socioeconômicas específicas da região, e é altamente dependente da disponibilidade de água, das características de clima e culturas e da disponibilidade de capital, insumos e tempo (FAO, 2016b).

A recuperação dos solos afetados por sais pode ser feita com o uso combinado de práticas químicas, mecânicas, hidráulicas e biológicas (FAO, 2016b). Dentre as práticas químicas, pode-se citar o uso de condicionadores e fertilizantes minerais, como o gesso, o enxofre e o ácido sulfúrico, que devem ser associados à lavagem do solo, por meio da lixiviação para a remoção dos sais gerados na reação desses fertilizantes com o solo. Vale lembrar que o uso de fertilizantes deve ser feito de acordo com a necessidade da cultura e com os resultados da análise do solo.

O manejo mecânico ou físico do solo deve ser feito para melhorar a infiltração e a permeabilidade do solo e inclui: a) nivelamento da superfície, visando à aplicação uniforme da lâmina de água destinada à lixiviação; b) aração profunda, a fim de aumentar a aeração e a infiltração de água – essa prática deve ser usada em solos que apresentem uma camada impermeável em profundidade; c) manejo de semeadura: visando ao menor acúmulo de sais em torno das sementes, pode-se adotar o uso de covas inclinadas ou de sulcos elevados em fileiras simples ou duplas.

Dentre as práticas hidráulicas, têm-se a lixiviação e a drenagem, que consistem na aplicação de água de irrigação (ou precipitação) em quantidade superior à que sofre evapotranspiração da cultura. Esse procedimento é mais eficiente nos períodos de baixa demanda de evapotranspiração (por exemplo, à noite), com alta umidade, em condições de clima mais ameno ou fora da época de cultivo. Entretanto, a lixiviação só é eficaz quando a água de drenagem contendo sais é descartada por meio de drenos subsuperficiais que carregam os sais para fora da área em recuperação, tendo sempre a preocupação de evitar a contaminação de outras áreas sob cultivo e de corpos d'água à jusante.

As práticas biológicas incluem incorporação de adubação orgânica ao solo (promove aumento de permeabilidade e adiciona carbono e nutrientes ao solo), cultivo de leguminosas (adubação verde e ciclagem de nutrientes), *mulching* (cobertura do solo), manutenção de restos de culturas sobre a

superfície (aumentam a permeabilidade e diminuem a evapotranspiração) e escolha de espécies tolerantes à salinidade (garantem a produção mesmo em condições moderadas de salinidade ou sodicidade).

Desertificação

Segundo a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação, a desertificação pode ser definida como o processo de degradação das terras das regiões áridas, semiáridas e subúmidas resultante de diferentes fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas (FAO, 2016) (Figura 3). Segundo Accioly (2011), a deterioração do solo reduz o potencial biológico das terras e sua capacidade de sustentar a população que delas depende para viver.



Foto: Roseli Freire de Melo

Figura 3. Áreas agricultáveis em processo de degradação no município de Remígio, PB.

O Ministério do Meio Ambiente aponta que tanto as causas quanto as consequências dos processos de degradação e desertificação são a pobreza e a insegurança alimentar combinadas com as variações severas do ciclo hidrológico, como secas e enchentes (Brasil, 2005). Além disso, atividades

desenvolvidas pelo homem, como desmatamento, erosão e salinização dos solos, manejo inadequado do solo, emprego de tecnologias inadequadas, queimadas e superpastejo, contribuem para acelerar a desertificação e agravam suas consequências negativas sobre as pessoas (Brasil, 2005; Accioly, 2011).

Estima-se que cerca de 20% da área do Semiárido brasileiro encontra-se em processo de desertificação e, de acordo com imagens de satélite, as áreas mais afetadas são formadas por solos de alta fertilidade que foram ou estão sendo explorados intensivamente (Accioly, 2011). O problema é mais expressivo nos núcleos de desertificação do Seridó (localizado na região centro-sul do Rio Grande do Norte e centro-norte da Paraíba), de Irauçuba (noroeste do estado do Ceará), de Gilbués (no Piauí) e de Cabrobó (em Pernambuco) (Accioly, 2011). Por isso, o uso racional do solo, respeitando sua capacidade de uso e com adequado manejo, é de fundamental importância para evitar e conter o avanço das áreas desertificadas no Semiárido brasileiro.

Práticas de manejo de solo

O manejo do solo é uma prática e/ou conjunto de práticas indispensáveis ao bom desenvolvimento das culturas. Quando utilizado racionalmente, proporciona melhoria na qualidade do solo e na disponibilidade de água e, conseqüentemente, garante elevada produtividade. Porém, quando o solo é mal manejado, há consequências negativas sobre suas propriedades físicas (retenção de água, aeração, compactação, estruturação), químicas (reação do solo, disponibilidade de nutrientes, interações entre eles) e biológicas (matéria orgânica, atividades microbianas, carbono microbiano, taxa de colonização e espécies de microrganismos), resultando no processo de degradação do solo e podendo chegar à desertificação.

Preparo do solo e manejo de plantas espontâneas

Preparo do solo

O preparo do solo tem como objetivo criar um ambiente favorável para a germinação, o crescimento e o desenvolvimento das plantas

cultivadas por meio do aumento da aeração e da infiltração de água no solo e da redução da resistência do solo ao desenvolvimento radicular.

Para o plantio, o solo deve ser preparado com o mínimo de revolvimento, apenas o suficiente para a instalação da cultura e para o bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas, respeitando o declive do terreno, ou seja, realizando o cultivo em nível, perpendicular à direção do escoamento da água da chuva a fim de evitar a formação de enxurrada. Entretanto, o cultivo morro abaixo ainda é muito utilizado pelos agricultores por ser mais fácil e rápido do que o cultivo em nível. Essa prática deve ser desestimulada, pois favorece a formação de enxurrada e intensifica a erosão hídrica, promovendo a degradação do solo e, conseqüentemente, reduzindo a produtividade.

O preparo do solo nas áreas de agricultura dependente de chuva no Semiárido brasileiro, de modo geral, é realizado manualmente (enxada) ou com tração animal. Porém, atualmente, devido à escassez de mão de obra, está sendo usado também o trator para as operações de preparo inicial da área (aração e gradagem).

No caso dos produtores familiares do Semiárido, o plantio é realizado manualmente e/ou com auxílio de matraca, e os tratos culturais são feitos com uso de enxada para limpeza da área, coveamento e plantio. Além dos cuidados com o solo no preparo do terreno para o plantio, outras medidas também devem ser adotadas em conjunto, como a construção de terraços e faixas de retenção, o cultivo em nível e o uso de cordão de cultivos, que serão comentados ainda neste capítulo.

Manejo de plantas espontâneas

O manejo das plantas espontâneas (popularmente chamadas de “mato”) é uma prática importante para a obtenção de altos rendimentos em qualquer exploração agrícola. O mato concorre com a cultura principal por água, luz e nutrientes. No Semiárido, a luz não seria problema, pois é um elemento abundante na região. Porém, a água e os nutrientes são fatores limitantes para a produção, principalmente para uma agricultura em solos de baixa fertilidade e que depende apenas da água da chuva.

Na agricultura tradicional, o manejo das plantas espontâneas pode ser realizado por meio de vários métodos de controle: cultural, manual,

mecânico e químico (com o uso de herbicidas), sendo o método cultural o mais importante. Nas condições de agricultura dependente de chuva, de modo geral, o controle das plantas espontâneas é realizado utilizando os métodos cultural, manual e mecanizado de tração animal (Figura 4). O método de controle cultural consiste na utilização de técnicas como escolha de época de semeadura, espaçamento, densidade de plantio, etc. que propiciem o desenvolvimento da cultura em detrimento do das plantas espontâneas, que têm fases de desenvolvimento diferentes. O método de controle manual consiste na eliminação de plantas espontâneas por arranque manual ou com auxílio de enxadas. O método mecanizado de tração animal consiste no uso de animal com implemento para controle do mato, ou seja, para realização da capina.

A melhor estratégia a ser seguida é a combinação dos métodos de controle, em que um tende a complementar as possíveis falhas dos demais; assim, caracteriza-se o manejo integrado de plantas daninhas.

Foto: Roseli Freire de Melo



Figura 4. Uso de tração animal para preparo do solo em áreas de agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido paraibano.

Manejo agroecológico do solo

O manejo agroecológico refere-se ao sistema natural de cada local, envolvendo o solo, o clima, os seres vivos e as inter-relações entre esses três componentes (Primavesi, 2006). Nesse sistema, os agricultores aproveitam

os recursos disponíveis na própria propriedade, de forma que praticamente não há dependência de insumos externos.

A agricultura só será sustentável se o agricultor praticar o manejo das culturas respeitando o meio ambiente, sendo justo do ponto de vista social, e se conseguir utilizar insumos economicamente viáveis. Dentre essas práticas, estão adubação orgânica, rotação de cultura, plantio em curva de nível, controle de pH, cultivo mínimo, preservação dos organismos do solo, uso de cobertura vegetais, cobertura morta, adubos verdes e consórcios de culturas. Os agricultores familiares podem desenvolver uma agricultura agroecológica utilizando os insumos da própria propriedade, como dejetos dos animais, compostagem com restos de frutas e alimentos, biofertilizantes, cobertura morta com restos vegetais (palhadas) e até mesmo sementes selecionadas por eles ao longo do tempo (esse tópico será discutido no Capítulo 4 – Conservação Local e Uso da Agrobiodiversidade Vegetal).

Um conhecimento que a maioria dos agricultores familiares tem e que é milenar é a conservação pelo uso do solo e da água, na qual os agricultores devem cultivar, conservar, produzir alimentos, fibras e satisfazer outras necessidades com o pensamento voltado para a sustentabilidade dos sistemas. A aplicação desse conhecimento associado às tecnologias de convivência com o Semiárido e até mesmo a escolha da variedade de ciclo curto e resistente à seca poderão garantir a sustentabilidade das famílias nas condições de uma agricultura dependente de chuvas no Semiárido. Por essa razão, a agroecologia depende da sabedoria de cada agricultor desenvolvida a partir de suas experiências e observações locais. Sendo assim, uma das formas de melhorar a qualidade do solo é a adoção de práticas de cultivo orgânico, as quais evitam ou praticamente excluem o uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, procurando substituir insumos adquiridos externamente por aqueles alternativos encontrados na própria propriedade (Altieri, 2002). Esse tipo de sistema de cultivo reduz o revolvimento do solo, favorecendo a recuperação das propriedades físicas e químicas, antes deterioradas pelo sistema de cultivo intensivo ou convencional.

Cultivo em vazante

São denominadas vazantes as faixas de solos situadas às margens de reservatórios de água, como açudes (Figura 5), barragens, lagoas e

leitos de rios, que são cobertas pela água durante o período chuvoso e descobertas durante a época seca. Essas áreas podem ser exploradas na agricultura dependente de chuva mediante o plantio de diversas culturas [milho, feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), sorgo (*Sorghum bicolor*), macaxeira (*Manihot esculenta*), batata-doce (*Ipomoea batatas*) e arroz (*Oryza sativa*), dentre outras] à medida que a água vai baixando. Para o cultivo em vazante, o preparo do solo deve ser realizado em curva de nível a fim de evitar a erosão e promover o aumento da infiltração da água no solo (Araújo et al., 2004). Além disso, as curvas de nível orientam a formação dos sulcos e camalhões que podem ser preparados com tração animal. De acordo com esses autores, o sistema de plantio em sulcos e camalhões em curvas de nível proporciona produtividade de até 12 t ha⁻¹ de batata-doce e 856 kg ha⁻¹ de grãos de guandu sem uso de adubação e agrotóxicos.



Foto: Roseli Freire de Melo

Figura 5. Cultivo em vazante em açudes no distrito de Pau-Ferro, município de Petrolina, PE.

Para o cultivo em áreas de vazante, o agricultor precisa definir a área de cultivo, associando três fatores importantes: baixa incidência de plantas espontâneas, disponibilidade de água para o crescimento das plantas e fertilidade dos solos. Nessas áreas, têm se destacado o cultivo de arroz,

com produtividade média de 5.680 kg ha⁻¹, de grande importância socio-econômica. Essa produtividade foi obtida na Baixada Maranhense em área caracterizada pela baixa utilização de insumos químicos, onde os trabalhos foram realizados por mão de obra familiar com o uso de tração animal em pequenas áreas (Farias Filho; Ferraz Júnior, 2009).

De modo geral, os solos de vazante são viáveis para serem explorados na agricultura dependente de chuva do Semiárido, pois permitem o cultivo de diversas espécies mesmo após o período chuvoso. Isso representa uma enorme vantagem, pois o que é produzindo no período seco serve de complemento para a produção de inverno, favorecendo a segurança alimentar da família.

Manejo com tração animal

A utilização da tração animal representa uma maneira de mecanizar, de forma eficiente, pequenas áreas, mesmo que o declive seja acentuado. Essa prática pode fazer parte do processo produtivo de diversas culturas como milho, feijão, batata-doce, sorgo e mandioca, dentre outras.

Os animais mais utilizados no processo de tração de implementos são os equídeos e os bovinos. Os bovinos, quando comparados aos cavalos e burros, têm maior capacidade de tração, porém trabalham a uma velocidade menor. Os agricultores da Paraíba, por exemplo, na maioria das vezes, usam a junta de boi para adquirir mais força para execução do trabalho. Em Pernambuco, o burro ainda vem sendo bastante utilizado, principalmente para realização dos tratos culturais, como controle de plantas daninhas e amontoa (Figura 6). Mais informações sobre os tipos e uso de implementos agrícolas de tração animal encontram-se no Capítulo 5 (intitulado Máquinas, Implementos e Equipamentos Utilizados na Agricultura Familiar).

O manejo do solo por tração animal pode contribuir para reduzir os impactos mecânicos no solo, aumentando a área cultivada, reduzindo os desmatamentos e a necessidade de mão de obra e, assim, aumentando a produtividade e reduzindo a dependência de trator. Nessa situação, prevalecem os cuidados com o animal, e a dependência de combustível é eliminada. A tecnologia é de baixo custo e privilegia recursos já disponíveis ao pequeno produtor (geralmente o animal de tração faz parte da criação com manejo igual aos demais animais).



Foto: Roseli Freire de Melo

Figura 6. Preparo do solo com tração animal utilizando bovino (A) e capina realizada com tração com equídeo (B).

Manejo mecanizado

A mecanização agrícola é uma alternativa para reduzir o uso de mão de obra e aumentar a produtividade do trabalho, pois permite aumento da área trabalhada (Figura 7). Ao mesmo tempo em que apresenta vantagens, a mecanização pode trazer alguns problemas ao solo, como a compactação (Souza et al., 2006). Assim, alguns cuidados devem ser considerados, pois a utilização constante de equipamentos (como a grade aradora ou o arado de discos), trabalhando sempre numa mesma profundidade, pode provocar a compactação logo abaixo da camada preparada. É o chamado pé-de-grade ou pé-de-arado. Essa camada compactada pode trazer sérios prejuízos ao agricultor, pois diminui a infiltração da água no solo e acarreta o consequente aumento do escoamento superficial, causando erosão, carreando a matéria orgânica e os nutrientes disponíveis da camada mais superficial do solo e afetando o desenvolvimento das plantas.

O solo arado fica livre de plantas daninhas, mas, ao mesmo tempo, fica livre também de outras coberturas vegetais. Numa região como o Semiárido, onde se tem chuvas fortes e concentradas num período curto de tempo, essa situação é ideal para a ocorrência da erosão, pois o impacto da gota da chuva num solo descoberto resulta numa crosta ou selamento da superfície do solo. A fina crosta que é formada favorece o escoamento superficial e diminui a infiltração de água no solo.



Foto: Roseli Freire de Melo

Figura 7. Preparo do solo mecanizado com grade.

Embora a maior parte dos obstáculos à mecanização tenha caráter permanente ou seja de difícil remoção a ponto de torná-la economicamente inviável, esses fatores não constituem impedimentos às atividades de grande parte dos agricultores da região semiárida, pois eles utilizam mais frequentemente ferramentas manuais, como enxadas e/ou tração animal, para cultivar as suas terras.

Adubação

A adubação é uma prática de manejo importante para a correção e manutenção da fertilidade do solo e deve ser realizada de acordo com as características do solo e com a necessidade de nutrientes (disponível em manuais de adubação regionais) da cultura que será plantada na área. As características do solo podem ser conhecidas com a realização de uma análise de solo.

Com relação à análise de solo, é importante que as amostras de solo sejam coletadas de forma a serem representativas da área. Para isso,

devem-se coletar as amostras em profundidade condizente com a profundidade de solo que será explorada pelo sistema radicular da cultura. Também é importante que várias amostras sejam coletadas na área de interesse e misturadas para formar uma amostra composta, que deverá ser encaminhada ao laboratório para as análises. De forma geral, recomenda-se que, para áreas de até 3 ha, sejam coletadas 15 amostras simples para formar uma amostra composta; para áreas entre 3 ha e 5 ha, sejam coletadas 20 amostras simples; e, para áreas com mais de 5 ha, sejam coletadas 30 amostras simples.

Outra observação importante é que não devem ser coletadas amostras em locais onde se deposita adubo, esterco ou palha nem próximos a residências, estradas ou cercas. As amostras de solo que serão encaminhadas ao laboratório devem ser colocadas em sacos plásticos limpos e identificados com o nome do proprietário e a área de origem da amostra. Para acondicionar as amostras, nunca devem ser reutilizados sacos de adubo ou outras embalagens já usadas.

As análises de solo são importantes para a aplicação de doses corretas de fertilizantes nem acima nem abaixo do que as plantas necessitam, o que poderia comprometer a produtividade da cultura. Com o resultado da análise de solo em mãos, o produtor deve procurar um engenheiro-agrônomo que fará a recomendação das quantidades necessárias de fertilizante para cada área considerando a disponibilidade de adubos na região.

Na região Nordeste, o número de estabelecimentos que fazem uso de adubação química ainda é pequeno. Dos 2.454.006 estabelecimentos da região, apenas 432.654 (ou seja, 17,6%) utilizam algum tipo de adubação (IBGE, 2006). Os principais adubos utilizados nessas propriedades são os nitrogenados e o esterco animal.

Adubação orgânica

Algumas práticas e estratégias são necessárias para que as culturas expressem seu potencial genético de produtividade e para que o solo se mantenha fértil. A utilização de adubos orgânicos é uma delas. Adubação orgânica parte do pressuposto de que serão utilizados fertilizantes orgânicos ou outros insumos de origem animal ou vegetal para fornecer nutrientes

às plantas requerentes. A decomposição é o principal processo envolvido para que elementos que constituem tecidos vegetais, animais ou excretas sejam mineralizados, o que pode ocorrer no campo ou de modo mais sofisticado, em laboratórios e fábricas de adubos orgânicos. No presente capítulo, serão apresentadas estratégias que podem ser utilizadas facilmente pelos agricultores sem a necessidade de aquisição de produtos de origem orgânica. Assim, serão descritas as principais características e formas de uso de adubos verdes, esterco, biofertilizantes, insumos provenientes do processo de compostagem e húmus.

Adubação verde

Espécies de leguminosas, gramíneas, oleaginosas e crucíferas [feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*), sorgo (*Sorghum bicolor*), mamona (*Ricinus communis*) e pinhão-manso (*Jatropha curcas*), entre outras], desde que tenham bom desenvolvimento sob as condições edafoclimáticas do local, podem ser utilizadas como adubos verdes (Figura 8). A adubação verde tem como objetivos promover a ciclagem de nutrientes (troca de nutrientes), adicionar nitrogênio e aumentar o estoque do carbono do solo, proteger o solo dos extremos de temperatura e das chuvas erosivas, promover a diversidade edáfica e diminuir a incidência de pragas, doenças e plantas espontâneas.



Foto: Roseli Freire de Melo

Figura 8. Cultivos de mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) consorciada com milheto (*Pennisetum glaucum*) (A) e de feijão-guandu (*Cajanus cajan*) (B) para serem utilizados como adubos verdes.

Embora exista grande número de benefícios atribuídos à adubação verde, Calegari (2014) destaca que as espécies com potencial de utilização como adubos verdes são pouco exploradas, que as informações são ainda em número restrito e que não estão a pleno alcance dos agricultores, o que reduz seu potencial de uso e benefícios.

Como a adubação verde produz resíduos que podem ser fornecidos aos rebanhos de caprinos e ovinos, no Semiárido brasileiro, há maior dificuldade para que a fitomassa aérea permaneça sobre o solo, atuando como cobertura morta. Entretanto, estudos realizados na região relataram sua viabilidade e benefícios. Um dos exemplos foi descrito por Faria et al. (2007) em Argissolo Amarelo Eutrófico no estado de Pernambuco. Os autores observaram que o uso de adubos verdes contribuiu para melhoria da fertilidade do solo, principalmente nas camadas de 0 cm a 10 cm e de 10 cm a 20 cm quando comparados aos tratamentos com calagem e adubação mineral.

Uma outra técnica que se tem mostrado promissora é a semeadura de uma mistura de várias espécies e famílias (por exemplo, leguminosas, gramíneas e oleaginosas, entre outras), que pode ser denominada de coquetel vegetal (Guilherme et al., 2007; Rodrigues et al., 2012; Giongo et al., 2014). O objetivo dessa prática é consorciar plantas com características distintas que se complementam, potencializando os efeitos benéficos para o solo e para o cultivo subsequente. A utilização de coquetéis vegetais pode ser uma alternativa viável à produção sustentável, pois tem o potencial de adicionar maiores quantidades de fitomassa aérea e radicular ao solo, incorporando, ao longo do tempo, compostos orgânicos que mantêm os nutrientes na zona de absorção, favorecendo o bom desenvolvimento do sistema de produção.

Uso do esterco

O uso de dejetos é uma prática que remonta ao princípio da história da agricultura. Perdeu um pouco de ênfase no século 19 devido à industrialização, utilização da adubação mineral e necessidade de produzir alimentos em larga escala para uma população mundial que crescia numa escala exponencial. Entretanto, essa prática nunca deixou de existir e, no

Brasil, está principalmente associada à agricultura em pequena escala, orgânica e agroecológica (Salazar et al., 2005).

Apesar do baixo teor de nutrientes [não mais do que 10% a 20% da sua constituição, quando comparado com os fertilizantes inorgânicos (Meurer, 2010)], o esterco é de fundamental importância para a agricultura pelo fato de atuar na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo (Figura 9). Estudos realizados por Melo et al. (2009), demonstrando a importância do uso do esterco na agricultura dependente de chuva, observaram que a adição de 3 L m⁻¹ de esterco de caprinos ao longo da linha de plantio aumentou em 85% e 105%, respectivamente, as produtividades do milho e do feijão-caupi em Latossolo Vermelho-Amarelo localizado em Pernambuco.



Foto: Roseli Freire de Melo

Figura 9. Adubação com esterco de caprino na linha de plantio.

De modo geral, os estercos ainda são poucos utilizados nos cultivos dependentes de chuvas no Semiárido. Geralmente, são comercializados para gerar renda extra às famílias. Sendo assim, há necessidade de sensibilizar os agricultores, por meio da transferência de informações e tecnologias, quanto à importância e aos benefícios socioeconômicos e ambientais do uso desse insumo como fonte de matéria orgânica e nutrientes.

Biofertilizantes

Os biofertilizantes são adubos orgânicos líquidos obtidos da fermentação anaeróbica e/ou aeróbica de materiais orgânicos diversos (Figura 10). Os principais resíduos utilizados são os provenientes da lavoura e os dejetos de animais, com composição variada de nutrientes essenciais às plantas. Esses adubos orgânicos também atuam como defensivos agrícolas, erradicando pragas, doenças e insetos.



Figura 10. Biofertilizante em sistema aeróbico (A) e anaeróbico (B).

Os biofertilizantes destacam-se por não serem poluentes, serem de baixo custo e de fácil fabricação, por utilizarem resíduos que podem ser encontrados facilmente em qualquer propriedade rural e por apresentarem pH básico (aproximadamente 7,5), atuando como corretivos de pH do solo. São uma ótima alternativa para agricultura dependente de chuva no Semiárido em culturas como hortaliças e frutíferas. Os biofertilizantes também vêm sendo utilizados nos cultivos hidropônicos (com uso de solução nutritiva) e na cultura de milho para alimentação animal.

De acordo com Tomita et al. (2007), as etapas de preparo do biofertilizante são:

- a) Mistura dos ingredientes (terra de mata, composto orgânico ou esterco, farelo de arroz ou algodão, farelo de mamona, farinha de ossos, resíduo de sementes, cinzas, rapadura ou açúcar mascavo, amido de mandioca e água).
- b) Adição de água em um tambor ou bombona plástica.

- c) Agitação três vezes ao dia durante 5 minutos ou aeração com auxílio de compressor de ar em intervalos programados de 1 hora. Após 8 dias, o biofertilizante pode ser utilizado.

Silva et al. (2007) descrevem a elaboração de três dos principais biofertilizantes difundidos e utilizados no Semiárido, denominados de “vairo”, “agrobon” e “fermentado de rúmen”.

Compostagem

A compostagem é um processo bioquímico de ciclagem do material orgânico de origem vegetal (folhas, ramos, cascas e bagaços de frutos, etc.) ou animal (dejetos de caprinos, ovinos, bovinos, equinos, bem como restos de carcaças) mediado por microrganismos e que resulta em composto orgânico que pode ser utilizado como fonte de nutrientes para os cultivos e matéria orgânica para o solo. Entretanto, a formação do composto depende da interação entre os microrganismos, da aeração, da temperatura, da umidade e do tipo de material orgânico utilizado.

A agricultura familiar no Semiárido, assim como nas demais regiões, envolve, por sua natureza, um sistema de produção de estrutura diversificada, que gera diferentes tipos de resíduos orgânicos. Ao passarem pelo processo de compostagem, esses resíduos podem ser transformados em um produto ambientalmente adequado e de maior valor agregado, e seu excedente pode ser comercializado como adubo orgânico.

Basicamente, para o preparo de um composto, é necessário observar a relação carbono/nitrogênio (C/N) dos materiais/insumos para que seja favorável ao metabolismo dos microrganismos (Barbosa, 2009). Kiehl (2002) sugere que 70% dos materiais sejam ricos em carbono [bagaço de coco (*Cocos nucifera*), palha de milho e restos de capins, entre outros], que têm alta relação C/N, e 30% ricos em nitrogênio [esterco, palhas de feijão e material vegetal de leucena e gliricídia, entre outras], que têm baixa relação C/N e são de fácil decomposição.

Com o objetivo de avaliar o impacto de diferentes compostos no desenvolvimento de plantas e nas características químicas do solo, Silva et al. (2013) elaboraram três compostos com ingredientes regionais que foram posteriormente caracterizados (Tabelas 4 e 5) e que podem servir de

parâmetro para analisar as proporções dos ingredientes utilizados e o teor de nutrientes que fornecem.

Tabela 4. Composição, teores de carbono (C) e nitrogênio (N), relação carbono/nitrogênio (C/N) e proporção dos insumos usados na elaboração de três tipos de compostos com ingredientes regionais e/ou enriquecidos com fósforo e micronutrientes.

Insumo	C	N	C/N	Composto 1	Composto 2	Composto 3
	g/kg			%		
Planta de cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	497,6	4,06	122,5	0	50	23,3
Folha de bananeira (<i>Musa</i> sp.)	465,1	8,12	57,3	50	0	23,3
Folha de coqueiro (<i>Cocos nucifera</i>)	517,5	8,12	63,7	0	0	23,4
Folha de mangueira (<i>Mangifera indica</i>)	506,9	11,0	46,0	0	12	7
Folha de pau-de-besouro	508,5	17,1	29,2	20	10	0
Esterco de caprinos	174,7	12,2	14,3	20	25	20
Torta de mamona	350,0	60,00	5,8	10	0	0
Pó de rocha MB4				0	3	0
Termofosfato				0	3	3

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2013).

A utilização de compostos está diretamente relacionada com o aumento da produtividade dos cultivos e constitui também um excelente substrato para a produção de mudas. Isso ocorre porque os compostos orgânicos são fontes de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio e micronutrientes, aumentam a capacidade de troca catiônica, melhoram a porosidade, infiltração, drenagem e armazenamento de água no solo e, segundo Inácio e Miller (2009), tornam o ambiente favorável ao desenvolvimento de microrganismos benéficos ao solo.

Tabela 5. Relação carbono/nitrogênio (C/N) e composição química de compostos elaborados com ingredientes regionais e/ou enriquecidos com fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e os micronutrientes boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn).

Composto	C/N	C	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
		g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹			
1	19,6	314,7	16,4	3,7	2,8	9,4	3,6	1,99	42	15	302	87
2	13,1	159,6	12,2	2,5	2,8	15,1	11,9	1,77	41	13	360	69
3	13,5	141,2	10,4	10,5	3,6	22,8	8,2	1,37	99	23	1.099	416

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2013).

Húmus

A vermicompostagem é o processo pelo qual materiais orgânicos de origem e composição variadas passam pelo trato intestinal de anelídeos, como minhocas, e formam um composto orgânico de alto valor agregado denominado húmus. É importante destacar que o processo de vermicompostagem ocorre basicamente em dois estágios. No primeiro, o material orgânico de origem animal e/ou vegetal é compostado convencionalmente com o objetivo de não submeter os anelídeos à temperatura mais elevada, típica da fase inicial do processo de decomposição. No segundo (denominado de estabilização), o material orgânico previamente compostado recebe uma população de minhocas.

O húmus de minhoca é uma forma de adubação muito barata que pode ser usada facilmente por qualquer produtor. A produção desse adubo pode ser realizada na própria propriedade, o que diminui custos com a aquisição de insumos industriais.

O húmus liberado por esses pequenos animais apresenta coloração escura (semelhante ao pó de café) e odor assemelhado ao de solo de mata. O húmus de minhocas contribui para a melhoria da fertilidade do solo por meio da disponibilização de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. Dentre os nutrientes, destacam-se nitrogênio, fósforo e potássio, além da presença de bioestimulante, como a auxina, hormônio responsável pelo desenvolvimento radicular das plantas.

Todos esses nutrientes são facilmente absorvidos pela planta, o que torna o húmus de minhoca muito eficiente. Vale lembrar que as minhocas, além de produzirem esse importante adubo, são responsáveis pela aeração do solo e, portanto, são ótimas para a agricultura.

Adubação química

A adubação deve sempre ser realizada de acordo com a demanda de nutrientes da cultura e a capacidade do solo de suprir essa demanda. No planejamento da adubação química, devem ser levados em consideração ainda a disponibilidade de fertilizantes no local os teores de nutrientes e o preço de cada uma das opções disponíveis.

As doses de fertilizantes a serem aplicadas seguem recomendações específicas para cada região. A seguir, são apresentadas as Tabelas 6 a 18 de adubação para as principais espécies cultivadas por agricultores familiares no Semiárido.

Tabela 6. Recomendação de adubação para a batata-doce (*Ipomea batatas*) cultivada na densidade de plantio de 40 mil plantas por hectare, com espaçamento de 1,00 m x 0,25 m.

Teor no solo	Plantio Cobertura (kg ha ⁻¹)	
	Nitrogênio (N)	
não considerado	20	20
mg dm ⁻³ de P	Fósforo (P ₂ O ₅)	
< 11	60	50
11-20	40	30
> 20	30	20
cmol _c dm ⁻³ de K	Potássio (K ₂ O)	
< 0,12	50	40
0,12-0,23	30	30
> 0,23	20	20

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 7. Recomendação de adubação para o feijão-comum de arranca (*Phaseolus vulgaris*) cultivado na densidade de plantio de 300 mil plantas por hectare (3 plantas por cova), com espaçamento de 0,5 m x 0,2 m.

Teor no solo	Plantio Cobertura (kg ha ⁻¹)	
		Nitrogênio (N)
não considerado	-	40
mg dm ⁻³ de P	Fósforo (P ₂ O ₅)	
< 11	60	-
11-20	40	-
> 20	20	-
cmol _c dm ⁻³ de K	Potássio (K ₂ O)	
< 0,12	45	-
0,12-0,23	30	-
> 0,23	15	-

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 8. Recomendação de adubação para o feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*) cultivado na densidade de plantio de 62,5 mil plantas por hectare (3 plantas por cova), com espaçamento de 0,8 m x 0,6 m, no sistema ramador; densidade de plantio 125 mil plantas por hectare (3 plantas por cova), com espaçamento de 0,6 m x 0,4 m, no sistema moita.

Teor no solo	Plantio Cobertura (kg ha ⁻¹)	
		Nitrogênio (N)
não considerado	-	30
mg dm ⁻³ de P	Fósforo (P ₂ O ₅)	
< 11	60	-
11-20	30	-
> 20	15	-
cmol _c dm ⁻³ de K	Potássio (K ₂ O)	
< 0,12	40	-
0,12-0,23	20	-
> 0,23	10	-

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 9. Recomendação de adubação para o gergelim (*Sesamum indicum*) cultivado na densidade de plantio de 100 mil plantas por hectare, com espaçamento de 1,0 m x 0,1 m.

Teor no solo	Plantio		
	(kg ha ⁻¹)		
	Nitrogênio (N)		
não considerado	-	25	25
mg dm ⁻³ de P	Fósforo (P ₂ O ₅)		
< 11	80	-	-
11-20	60	-	-
> 20	40	-	-
cmol _c dm ⁻³ de K	Potássio (K ₂ O)		
< 0,12	-	-	60
0,12-0,23	-	-	40
> 0,23	-	-	20
1ª cobertura: após o desbaste.			
2ª cobertura: 20 dias após a primeira.			

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 10. Recomendação de adubação para a macaxeira (*Manihot esculenta*) cultivada na densidade de plantio de 16.666 plantas por hectare, com espaçamento de 1,0 m x 0,6 m.

Teor no solo	Plantio		Cobertura
	(kg ha ⁻¹)		
	Nitrogênio (N)		
não considerado	15		20
mg dm ⁻³ de P	Fósforo (P ₂ O ₅)		
< 11	60		-
11-20	30		-
> 20	15		-
cmol _c dm ⁻³ de K	Potássio (K ₂ O)		
< 0,12	40		-
0,12-0,23	20		-
> 0,23	10		-

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 11. Recomendação de adubação para o milheto forrageiro (*Pennisetum glaucum*) cultivado na densidade de plantio de 300 mil plantas por hectare, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 15 plantas por metro linear.

Teor no solo	Plantio Cobertura (kg ha ⁻¹)	
		Nitrogênio (N)
não considerado	20	30
mg dm ⁻³ de P	Fósforo (P ₂ O ₅)	
< 11	60	-
11-30	40	-
> 30	20	-
cmol _c dm ⁻³ de K	Potássio (K ₂ O)	
< 0,12	30	-
0,12-0,38	20	-
> 0,38	-	-

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 12. Recomendação de adubação para a cultura do milho (*Zea mays*), cultivado na densidade de plantio de 50 mil a 62,5 mil plantas por hectare, com espaçamento de 0,8 m a 1,0 m e 5 plantas por metro linear.

Teor no solo	Plantio Cobertura (kg ha ⁻¹)	
		Nitrogênio (N)
não considerado	30	40
mg dm ⁻³ de P	Fósforo (P ₂ O ₅)	
< 11	30	-
11-30	20	-
> 30	10	-
cmol _c dm ⁻³ de K	Potássio (K ₂ O)	
< 0,12	30	-
0,12-0,38	20	-
> 0,38	-	-

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 13. Recomendação de adubação para o milho-verde ou para forragem (*Zea mays*) cultivado na densidade de plantio de 50 mil (verde) a 62,5 mil (forragem) plantas por hectare, com espaçamento de 0,8 m (forragem) a 1,0 m (verde) entre linhas e 5 plantas por metro linear.

Teor no solo	Plantio	Cobertura
	(kg ha ⁻¹)	
	Nitrogênio (N)	
não considerado	20	40
mg dm ⁻³ de P	Fósforo (P ₂ O ₅)	
< 11	60	-
11-30	40	-
> 30	20	-
cmol _c dm ⁻³ de K	Potássio (K ₂ O)	
< 0,12	30	-
0,12-0,38	20	-
> 0,38	-	-

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 14. Recomendação de adubação para a palma-forrageira (*Opuntia ficus-indica*) cultivada nas diferentes densidades de plantio.

Teor no solo	Plantio			Crescimento			Segundo ciclo em diante		
	5 mil a 10 mil plantas por hectare	20 mil plantas por hectare	40 mil plantas por hectare	5 mil a 10 mil plantas por hectare	20 mil plantas por hectare	40 mil plantas por hectare	5 mil a 10 mil plantas por hectare	20 mil plantas por hectare	40 mil plantas por hectare
	(kg ha ⁻¹)								
	Nitrogênio (N)								
não considerado	-	-	-	40	100	200	40	100	200
	Fósforo (P ₂ O ₅)								
< 11	50	80	100	-	-	-	40	60	80
11-30	-	25	50	-	-	-	40	60	80
> 30	-	-	-	-	-	-	40	60	80
	Potássio (K ₂ O)								
< 0,12	60	100	130	-	-	-	60	100	130
0,12-0,38	30	50	65	-	-	-	60	100	130
> 0,38	-	-	-	-	-	-	60	100	130

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 15. Recomendação de adubação para pastagens (*Urochloa* spp., *Digitaria decumbens*, *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*, *Cenchrus ciliaris*, *Urochloa mosambicensis*).

Teor no solo	Implantação		Manutenção
	Plantio	Crescimento	
(kg ha ⁻¹)			
Nitrogênio (N)			
não considerado	-	80	40
Fósforo (P ₂ O ₅)			
mg dm ⁻³ de P			
< 11	100	-	60
11-20	60	-	40
> 20	30	-	20
Potássio (K ₂ O)			
cmol _c dm ⁻³ de K			
< 0,12	120	-	70
0,12-0,23	80	-	50
> 0,23	40	-	20

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 16. Recomendação de adubação para o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) cultivado na densidade de plantio de 150 mil plantas por hectare, com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 12 plantas por metro linear.

Teor no solo	Plantio	Cobertura
	(kg ha ⁻¹)	
Nitrogênio (N)		
não considerado	30	60
Fósforo (P ₂ O ₅)		
mg dm ⁻³ de P		
< 11	60	-
11-30	40	-
> 30	20	-
Potássio (K ₂ O)		
cmol _c dm ⁻³ de K		
< 0,12	30	-
0,12-0,38	20	-
> 0,38	-	-

Fonte: Cavalcanti (2008).

Tabela 17. Recomendação de adubação para cultivar de porte superior a 1,6 m de sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) cultivado na densidade de plantio de 150 mil plantas por hectare, com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 12 plantas por metro linear.

Teor no solo	Plantio	Cobertura
	(kg ha ⁻¹)	
	Nitrogênio (N)	
não considerado	20	40
	Fósforo (P ₂ O ₅)	
mg dm ⁻³ de P		
< 11	40	-
11-30	25	-
> 30	15	-
	Potássio (K ₂ O)	
cmol _c dm ⁻³ de K		
< 0,12	20	-
0,12-0,38	15	-
> 0,38	-	-

Fonte: Cavalcanti (2008).

Como as demandas de nutrientes, nas tabelas acima, são dadas em kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O), o cálculo da dose de fertilizante a ser aplicado também deve levar em conta os teores desses nutrientes disponíveis em cada fertilizante. Os teores de nutrientes nos fertilizantes minerais mais comuns são apresentados na Tabela 18 abaixo.

Tabela 18. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) mais comuns nos fertilizantes minerais.

Fertilizante	Teor de nutrientes (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Sulfato de amônio	21		
Cloreto de amônio	25		
Fosfato monoamônio (MAP)	9	48	
Fosfato diamônio (DAP)	16	45	
Nitrato de cálcio	16		
Nitrato de potássio	13		44
Ureia	44		
Superfosfato simples		18	
Superfosfato triplo		41	
Cloreto de potássio			60

Fonte: Cavalcanti (2008).

A seguir, exemplifica-se o uso dessas recomendações de adubação ao cálculo das quantidades de fertilizantes a ser aplicado em uma lavoura de sorgo forrageiro.

Suponha-se que o produtor deseje adubar uma área de 1 ha usando como fontes de nutrientes a ureia (44% de N), o superfosfato simples (18% de P_2O_5) e o cloreto de potássio (60% de K_2O). Os resultados da análise de solo da área onde a lavoura será implantada indicaram 20 mg dm^{-3} de fósforo no solo e $0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio. De acordo com a Tabela 16, seria necessário adicionar 30 kg ha^{-1} de N, 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 20 kg ha^{-1} de K_2O no plantio e mais 60 kg ha^{-1} de N em cobertura.

Para calcular as quantidades de fertilizantes, fazem-se cálculos com regra de três considerando os teores de nutrientes existentes nos fertilizantes (conforme o rótulo) ou, caso não disponível, os teores médios apresentados na Tabela 18.

Assim, as quantidades de fertilizantes a serem aplicadas no plantio são de $68,2 \text{ kg}$ de ureia ($30 \text{ kg de N} \times 100\%/44\%$), de $222,2 \text{ kg}$ de superfosfato simples ($40 \text{ kg de } P_2O_5 \times 100\%/18\%$) e de $33,3 \text{ kg}$ de cloreto de potássio ($20 \text{ kg de } K_2O \times 100\%/60\%$). Para o fornecimento 60 kg de N em cobertura, são necessários $136,4 \text{ kg}$ de ureia ($60 \text{ kg de N} \times 100\%/44\%$).

Práticas conservacionistas

Práticas de caráter mecânico

As práticas conservacionistas de caráter mecânico são aquelas que recorrem a estruturas artificiais para promover a disposição adequada de porções de terra com as finalidades de reduzir a velocidade de escoamento da enxurrada e aumentar a infiltração no solo. Com isso, se reduzem a desagregação e o transporte das partículas de solo, pois esses processos estão diretamente relacionados à intensidade e à duração da chuva, à resistência do material de origem e à declividade da superfície do solo. As práticas conservacionistas mecânicas são complementares às práticas vegetativas.

O grau com que o solo resiste às forças de impacto da chuva e ao escoamento é fator determinante na estimativa das perdas de solo (Bertoni; Lombardi Neto, 1999). Existem várias práticas mecânicas que podem

contribuir para a conservação do solo e da água; dentre as principais, encontram-se o cultivo em contorno ou em nível e a captação de água *in situ*, ou seja, no próprio local.

No contexto dos sistemas agrícolas dependentes de chuva no Semi-árido, considerando a predominância da pequena propriedade rural, prevalece o método tradicional de cultivo mínimo, que utiliza a enxada e a semeadura em covas, dando origem a uma pequena depressão, que é capaz de armazenar água da chuva. Esse sistema é aparentemente pouco agressivo ao meio ambiente, mas, como o solo não foi preparado (arado), a sua superfície se apresenta ligeiramente compactada, dificultando a infiltração da água e facilitando o escoamento superficial, que contribui para o processo erosivo (Brito et al., 2008). Portanto, técnicas de preparo em contorno são recomendadas para áreas com declive e podem ser associadas também à técnica de captação *in situ*, uma vez que, além de aumentarem a disponibilidade de água para as plantas, conservam o solo e os adubos no próprio local de plantio (Silva; Porto, 1982; Anjos et al., 2000).

Cultivo em contorno ou em curva de nível

O cultivo em contorno ou curva de nível (Figura 11) tem por objetivos reduzir a erosão e facilitar os tratos culturais da lavoura. Essa técnica consiste nas operações de cultivo no sentido transversal ao declive seguindo curvas de nível, o que reduz as perdas de solo e água em até 80%. Quando o preparo do solo é feito “morro abaixo”, isso é, no sentido do declive, o processo de erosão é facilitado e aumentam as perdas de solo e água. Por isso, o cultivo em contorno é uma das práticas conservacionistas mais eficientes para o controle da erosão e redução do escoamento superficial, uma vez que possibilita o aumento da infiltração de água no solo. Essa prática também é utilizada na agricultura em vazante, cujo nível é determinado pelo gradiente de umidade do solo.

Captação *in situ*

A captação *in situ* consiste no preparo do solo utilizando técnicas de captação de água de chuva no próprio local. É prática de manejo e de conservação de solo e água que tem sido recomendada para a agricultura



Foto: Roseli Freire de Melo

Figura 11. Sistema de preparo de solo em curva de nível (A) e plantio com macaxeira (*Manihot esculenta*) (B).

dependente de chuva devido à irregularidade e intensidade das chuvas no Semiárido. O uso dessa prática visa reduzir os riscos de perda da lavoura devido ao favorecimento da infiltração da água no solo, o que ameniza os efeitos do deficit hídrico ocorrido em anos de pouca precipitação pluviométrica e/ou de precipitação concentrada em curto período de tempo. A captação *in situ* pode ser implantada usando-se tanto a tração mecânica quanto a tração animal (Duret et al., 1986). Dentre os métodos de preparo de solo com captação *in situ*, podem ser citados: Guimarães Duque, sulco barrado, aração parcial, camalhões inclinados ou sistema W e sulcamento pré e pós-plantio. Mais detalhes sobre essas práticas serão abordados no Capítulo 5 (Máquinas, Implementos e Equipamentos Utilizados na Agricultura Familiar).

Práticas vegetativas

As práticas vegetativas podem ser medidas e associadas aos princípios de sustentabilidade com o objetivo de reduzir impactos negativos dos cultivos, como erosão, salinização, desertificação, lixiviação de nutrientes e perda de água, entre outros.

Dentre as práticas vegetativas, destacam-se rotação de culturas, consórcio, cobertura morta e cultivos em faixas. Essas devem ser aplicadas considerando as diferentes características edafoclimáticas, sociais e culturais das distintas regiões que compõem o Semiárido.

Rotação de culturas

A rotação de culturas refere-se a uma prática conservacionista de solo e água que objetiva reduzir a degradação por meio do cultivo alternado de diferentes espécies vegetais na mesma área, seguindo um planejamento e respeitando as características edafoclimáticas, o contexto econômico e as oportunidades de mercado. Dessa forma, a rotação de culturas para uma mesma área ocorre em anos alternados utilizando as principais culturas de base familiar, a exemplo de milho, feijão-caupi, feijão-comum de arranca (*Phaseolus vulgaris*), sorgo, macaxeira e algodão, entre outras.

No âmbito da agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido brasileiro, é difícil realizar essa prática no mesmo ano devido ao fato de o período de chuvas ser muito curto (não ultrapassando 5 meses). Por isso, muitos agricultores optam por cultivos consorciados.

Cordões de vegetação em contorno

Os cordões de vegetação em contorno constituem uma técnica que objetiva controlar a erosão em áreas com declividade por meio do uso de espécies de plantas (que podem ter um retorno econômico) cultivadas em faixas e em nível (de modo semelhante aos terraços ou curvas de nível), com uma largura que pode variar entre 1 m e 2 m. Os cordões ficam no entorno da área que será cultivada e que está propensa à erosão e devem ser posicionados no ponto mais baixo de áreas declivosas. A eficiência dessa prática conservacionista pode ser equivalente à dos terraços. Geralmente, podem-se usar capim-elefante, cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e palma-forrageira (*Opuntia ficus-indica*) cultivados em contorno de modo a segmentar o comprimento dos declives. Assim, diminuem-se o volume e a velocidade das enxurradas e possibilita-se a deposição de sedimentos nessas faixas de plantas.

Para a agricultura dependente de chuva do Semiárido, os cordões de vegetação são uma opção mais viável quando comparada com outras práticas conservacionistas, devido ao baixo custo e à facilidade de implantação. Além disso, têm potencial de diminuir cerca de 80% das perdas de solo e 60% das perdas de água.

Consórcios

No Semiárido, devido à restrição hídrica, a agricultura dependente de chuva é diversificada. Nesse sentido, Lira et al. (2012) enfatizaram que existem diferentes arranjos, como os sistemas agroflorestais, silvipastoris, agrossilvipastoris e outros, que incluem o manejo da Caatinga (manutenção da mata nativa) em consórcio com plantas cultivadas e com produção animal. Existem também outras opções de cultivos em consórcio, como milho com feijão-fava (*Phaseolus lunatus*), milho com feijão-comum de arranca (*Phaseolus vulgaris*) e milho com batata-doce (Figura 13).



Foto: Roseli Freire de Melo

Figura 12. Cultivo em consórcio de milho (*Zea mays*) com feijão-fava (*Phaseolus lunatus*) (A) e milho com feijão-comum de arranca (*Phaseolus vulgaris*) (B).



Foto: Roseli Freire de Melo

Figura 13. Cultivo em consórcio de milho (*Zea mays*) com batata-doce (*Ipomoea batatas*) (A) e sistema diversificado (B).

Em estudos com o objetivo de verificar o impacto de diferentes sistemas agrícolas consorciados utilizando a matéria orgânica do solo e

os atributos físico-químicos do solo como indicadores de qualidade e de evolução do sistema, Marinho et al. (2016) descreveram quatro exemplos de sistemas integrados observados na Chapada do Apodi, RN.

O primeiro é um pomar de cajá-manga com forrageiras nativas. As plantas de cajá-manga são caducifólias: durante a estação seca, têm pouca ou nenhuma folhagem e inflorescências, porém grande quantidade de folhas secas e pedaços de frutas abaixo das suas copas. Essa característica, no entanto, é alterada com o início da estação das chuvas, quando as plantas começam a emitir folhas. Nesse mesmo período, a camada de plantas forrageiras nativas é abundante e verde. Essas áreas podem ser pastejadas por caprinos e ovinos durante o ano.

O segundo é o consórcio de feijão-caupi com milho e sorgo em áreas aluviais. Nesses locais, o solo fica saturado com água durante a estação chuvosa. Porém, ao fim desse período, a saturação diminui, permitindo o plantio convencional e em consórcio. Esses locais podem permanecer em repouso devido a longos períodos de seca.

O terceiro exemplo é o consórcio de milho com feijão-caupi utilizando somente fertilizantes orgânicos, como esterco, em áreas preparadas convencionalmente por meio de uma aração e duas gradagens realizadas anualmente.

O quarto exemplo é de sistemas agroecológicos que visam à produção de frutos e forragens para alimentação humana e animal.

Nessas áreas, inicialmente, é realizado o raleio da caatinga, com a retirada de espécies selecionadas pelos próprios agricultores, cujos resíduos podem ser triturados e espalhados sobre o solo para a contenção da erosão. Além disso, pode ocorrer a construção de cordões de contorno com resíduos lenhosos de maior diâmetro com o objetivo de diminuir o escoamento superficial e favorecer a infiltração de água no solo e o acúmulo de resíduo. Finalmente, é realizado o plantio de árvores frutíferas e plantas exóticas adaptadas às condições edafoclimáticas de acordo com as necessidades do agricultor.

Visando à proposição de um sistema de produção sustentável adaptado às condições semiáridas, Languidey e Carvalho Filho (1994) descreveram outro exemplo, o Sistema Glória de Produção de Leite para o Semiárido. Esse sistema é composto por subsistemas que integram

agricultura e pecuária. No período chuvoso, o rebanho é mantido em um dos subsistemas, cujas áreas são cultivadas com forrageiras (capim-buffel, espécies do gênero *Urochloa*, capim-pangolão e grama-aridus) e pastagens nativas de ciclo anual, como capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*) e várias espécies de leguminosas herbáceas anuais, principalmente dos gêneros *Phaseolus*, *Centrosema* e *Stylosanthes*. Nos subsistemas leucena com milho ou sorgo com feijão, a leucena é estabelecida em linhas, e os cultivos de milho, sorgo ou feijão são intercalados nas entrelinhas de 2,5 m de largura. No início do período chuvoso, a produção do material foliar de leucena é cortada e incorporada ao solo. Aproximadamente 60 dias após esse primeiro corte, têm início as podas de folhas e ramos finos para a silagem e feno e, após as colheitas do milho ou sorgo e do feijão, a área é utilizada para pastejo controlado por 2 a 3 horas por dia. Outros subsistemas podem ser constituídos por gliricídia ou palma-forrageira cultivadas em faixas ou consorciadas.

Analisando consórcios/policultivos no Semiárido baiano, Ventura e Andrade (2011) relataram que a diversidade de espécies na mesma área viabilizou a produção de frutos em diferentes épocas do ano, independentemente do período de chuvas. O estudo também contemplou relatos dos agricultores afirmando que, mesmo no período de estiagem, a partir do 2º ano, as áreas que continham diferentes espécies (os policultivos) permaneciam verdes durante todo o ano, garantindo a segurança alimentar e a geração de renda pela venda do excedente.

Cobertura morta

A cobertura morta consiste no uso de restos culturais ou de outra fitomassa para formar uma cobertura vegetal densa sobre a superfície do solo com o objetivo de reduzir os impactos das gotas de chuvas, o que evita a dispersão e o carreamento das partículas de solo (Figura 14). Outra ação importante da cobertura morta é proteger o solo da ação dos ventos, impedindo o transporte de partículas. Essa prática também contribui para aumentar a infiltração de água e diminuir a temperatura do solo, reduzindo a evaporação da água. Complementarmente, a cobertura morta adiciona material orgânico ao solo, podendo aumentar o teor de matéria orgânica e promover melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

De um modo geral, a cobertura morta é uma prática conservacionista vegetativa que, em conjunto com outras práticas, pode diminuir a velocidade dos processos de degradação. As palhas de milho, mamona, feijão e sisal são exemplos de resíduos que podem ser adicionados nas áreas de agricultura dependente de chuva.



Figura 14. Plantas de laranja (*Citrus sinensis*) (A) e limão (*Citrus limon*) (B) com cobertura morta de bagaço de coco.

Cultivo em faixas

O cultivo em faixas é uma técnica também utilizada no Semiárido brasileiro para melhorar a qualidade dos solos. Consiste no plantio de espécies anuais ou arbóreas (cultivo em aleias) em fileiras devidamente espaçadas entre si, em cujas entrelinhas cultivam-se plantas de interesse econômico no início da estação chuvosa. Os principais objetivos desse sistema são aumentar o teor de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes e adicionar nitrogênio por meio da adubação verde (Vasconcelos et al., 2012).

Considerações finais

Atualmente, para se ter uma agricultura sustentável, é necessário o uso conjunto de diversas tecnologias, o que inclui a escolha da semente, o uso e manejo adequado dos solos, a adoção de práticas conservacionistas, o uso de produtos alternativos de controle de pragas e doenças e o uso de adubos orgânicos e biofertilizantes. No Semiárido, a água é um fator limitante ao desenvolvimento da agricultura. Sendo assim, é de extrema

importância o uso de práticas que visem à conservação do solo e da água, o que se refletirá diretamente na produtividade das culturas.

Por um lado, o conhecimento das potencialidades e limitações de um solo faz com que o agricultor possa adotar ações que visem à sustentabilidade dos sistemas produtivos. Por outro lado, a própria experiência e observação permitem ao agricultor adquirir conhecimentos sobre os efeitos causados no solo pelo sistema de produção adotado. Desse modo, o agricultor estará coletando subsídios importantes para preservação de seu maior patrimônio: o solo.

É relevante destacar também que o manejo adequado do solo visando a sua conservação proporciona importantes mecanismos para a convivência com as variações do clima, que tenderão a se tornar mais acentuadas e imprevisíveis.

Referências

- ABROL, I. P.; YADAV, J. S. P.; MASSOUD, F. I. **Salt-affected soils and their management**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1988. (FAO. Soil Bulletin, v. 39).
- ACCIOLY, L. J. O. Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil. **Portal Dia de Campo**. 9 fev. 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26830/1/DegradaAEo-do-Solo-e-DesertificaAEo-no-Nordeste-do-Brasil-Portal-Dia-de-Campo.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2016.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária: AS-PTA, 2002. 592 p.
- ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Métodos de captación de água de lluvia in situ e irrigación. In: FAO. **Manual de práticas integradas de manejo y conservación de suelos**. Roma, 2000. p. 139-150. (FAO. Boletín de Tierras y Águas, 8).
- ARAÚJO, F. P. de; PORTO, E. R.; SILVA, M. S. L. da. **Agricultura de vazante uma opção de cultivo para o período seco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, 56).
- BARBOSA, C. A. **Manual de adubação orgânica**. Viçosa: Agrojuris, 2009. 224 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. Campinas: Ícone, 1999. 355 p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca PAN-Brasil**. Brasília, DF, 2005. 214 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; ANJOS, J. B. dos; SILVA, A. de S.; PEREIRA, L. A. Perdas de solo e de água em diferentes sistemas de captação *in situ* no Semiárido brasileiro. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 507-515, 2008.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com uso de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 265-305.

CASTRO, C. N. **A agricultura no nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Ipea, 2012. 48 p. (IPEA. Texto para discussão, 1786). Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1011/1/TD_1786.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2a. aproximação**. 3 ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212 p.

COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A. S.; SOUZA, M. A. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 25-30, 2014.

DURET, T.; BARON, V.; ANJOS, J. B. dos. "Systemes de cultures" experimentes dans le Nordeste du Brezil. **Machinisme Agricole Tropicale**, n. 94, p. 6274, 1986.

FAO. **Cost of soil erosion**. Disponível em: <<http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/cost-of-soil-erosion/en/>>. Acesso em: 19 abr. 2016a.

FAO. **Desertification, drought and their consequences**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/x5317e/x5317e01.htm#1.%20Desertification,%20drought%20and%20their%20consequences>>. Acesso em: 7 abr. 2016.

FAO. **Management of salt affected soils**. Disponível em: <<http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/en/>>. Acesso em: 7 abr. 2016b.

FARIA, C. M. B. de; COSTA, N. D.; FARIA, A. F. Atributos químicos de um Argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31 p. 299-307, 2007.

FARIAS FILHO, M.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. L. A cultura do arroz em sistema de vazante na baixada Maranhense, periferia do sudeste da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 82-91, 2009.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudo básico e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472 p.

GIONGO, V.; BRANDÃO, S. da S.; SANTANA, M. da S.; COSTA, N. D.; MENDES, A. M. S.; YURI, J. E.; PETRERE, C. **Sistema plantio direto de meloeiro com coquetéis vegetais em Vertissolo no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. 26 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 117).

GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A.; TELES FILHO, S. C.; CAVALCANTI, T. F. M.; MENEZES, J. B. C.; COELHO, D. A. P.; FERNANDES, S. G. M.; MAIA, J. T. L. S. Utilização de coquetel de plantas usadas na adubação verde na melhoria das condições físicas e químicas do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1445-1448, 2007.

IBGE. **Censo agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da Federação**. Rio de Janeiro, 2006. 777 p.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 3. ed. Piracicaba: Edição do Autor, 2002. 171 p.

LANGUIDEY, P. H.; CARVALHO FILHO, O. M. Alternativas para o desenvolvimento da pequena produção de leite no semi-árido. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 5., 1994, Salvador. **Anais...** Salvador: SNPA, 1994. p. 87-105.

LIRA, R. B.; DIAS, N. S.; ALVES, S. M. C.; BRITO, R. F.; SOUSA NETO, O. N. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 18-24, 2012

MARINHO, A. C. da C. S.; PORTELA, J. C.; SILVA, E. F. da; DIAS, N. da S.; SOUSA JÚNIOR, F. S. de; SILVA, A. C. da; SILVA, J. F. da. Organic matter and physicochemical attributes of a cambisol under different agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. *Australian Journal of Crop Science*, v. 10, n. 1, p. 32-41, 2016.

MATIAS, J. R.; PEREIRA, A. L.; SILVA, R. de C. B. da; NASCIMENTO, M. A.; REIS, R. C. R.; DANTAS, B. F. Efeito de estresse salino no processo germinativo de sementes de angico (*Anadenanthera colubrina*). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 6., 2011, Petrolina. *Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido*, 2011. p. 297-302. (Embrapa Semiárido. Documentos, 238).

MELO, R. F. de; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; ANJOS, J. B. dos Avaliação do uso de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão caupi em barragem subterrânea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 6.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2., 2009, Curitiba. *Anais: agricultura familiar e camponesa: experiências passadas e presentes construindo um futuro sustentável*. Curitiba: ABA: Socla, 2009. 1 CD-ROM.

MEURER, E. J. *Fundamentos de química do solo*. 4. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2010. v. 1, 264 p.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob Caatinga no Semiárido Nordeste. *Revista Caatinga*, v. 19, n. 2, p. 200-208, 2006.

PEREIRA, P. S.; DRUMOND, M. A. Desmatamento e práticas agrícolas adotadas pelos produtores rurais dos municípios cearenses de Barbalha e Jardim. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA REALIDADE SEMIÁRIDA, 2.; SIMPÓSIO ALAGOANO SOBRE ECOSSISTEMAS DO SEMIÁRIDO, 3., 2014, Delmiro Gouveia. *Anais... Delmiro Gouveia: UFLA, Campus do Sertão*, 2014. 1 CD-ROM.

PORTO, E. R.; PAULINO, R. V.; MATOS, A. N. B. Comportamento da erva-sal (*Atriplex nummularia*) irrigada com água de alta salinidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM., 2003, Juazeiro. *Anais... Juazeiro: ABID: Governo da Bahia*, 2003. 1 CD-ROM.

PRIMAVESI, A. *Manejo ecológico do solo*. 18. ed. São Paulo: Nobel, 2006. 549 p.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E. de; VALÉRIO FILHO, W. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. *Revista Ceres*, v. 59, n. 3, p. 380-385, 2012.

SALAZAR, F. J.; CHADWICK, D.; PAIN, B. F.; HATCH, D.; OWEN, E. Nitrogen budgets for three cropping systems fertilised with cattle manure. *Bioresource Technology*, v. 96, n. 2, p. 235-245, 2005.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil: tecnologias de baixo custo.** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 14).

SILVA, A. F.; PINTO, J. M.; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; GOMES, T. C. de A.; SILVA, M. S. L. da; MATOS, A. N. B. **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 130).

SILVA, D. J.; MOUCO, M. A. do C.; GAVA, C. A. T.; GIONGO, V.; PINTO, J. M. Composto orgânico em mangueiras (*Mangifera indica* L.) cultivadas no Semiárido do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 875-882, 2013.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

TOMITA, C.; RESENDE, F. V.; CLEMENTE, F. M. V. T.; AMARO, G. B.; SOUZA, R. B. de. **Biofertilizante: aprenda como se faz.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 8 p. 1 Folder.

VASCONCELOS, M. da C. C. A.; SILVA, A. F. A. da; LIMA, R. da S. Cultivo em aléias: uma alternativa para pequenos agricultores. **Revista ACSA**, v. 8, n. 3, p. 18-21, 2012.

VENTURA, A. C.; ANDRADE, J. C. S. Policultura no semiárido brasileiro. **Field Actions Science Reports**, n. 3, 2011. Disponível: <<http://factsreports.revues.org/2558>>. Acesso em: 30 mar. 2016.