

Recuperação de Áreas Degradadas

Cláudio Lucas Capeche

Sílvio Roberto de Lucena Tavares

José Ronaldo de Macedo

Adoildo da Silva Melo

6.1 A degradação dos solos no mundo

6.2 Área degradada

6.3 Recuperação, reabilitação e restauração

6.4 Integração e evolução dos conceitos

6.5 Degradação ambiental

6.6 Manejo e conservação do solo, da água e da biodiversidade

6.7 Sistemas de produção

6.8 Recuperação de áreas degradadas com voçorocas

6.9 Convivência com a seca

RESUMO

A perda sistemática de áreas agricultáveis em todo o mundo exige medidas urgentes para evitar que a raça humana ingresse numa era de insegurança alimentar sem precedentes. Dentre as medidas a serem tomadas estão a recuperação, reabilitação e restauração dos solos degradados e a adoção de um planejamento adequado para o uso da terra e dos mananciais de água potável. Os cuidados com o manejo dos recursos naturais se reveste de especial relevância em ecossistemas frágeis e já bastante degradados, como o semiárido brasileiro. Daí a importância de programas de educação ambiental que promovam a sustentabilidade das atividades econômicas desenvolvidas na região através do manejo adequado dos recursos naturais.

6.1 A degradação dos solos no mundo

Segundo o Banco Mundial, os solos agrícolas do mundo vêm se degradando a uma taxa de 0,1% ao ano, dados que vão ao encontro dos estabelecidos pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), que aponta a perda de cinco milhões de hectares de terras aráveis por ano devido a más práticas agrícolas, secas e pressão populacional, além de inúmeras ações antrópicas de exploração inadequada dos recursos naturais englobando o compartimento solo.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUD), através do GLSOD (Global Assessment of Soil Degradation – Projeto de Avaliação Mundial da Degradação do Solo), registrou que 15% dos solos do planeta (aproximadamente 20 bilhões de ha), área correspondente aos territórios dos Estados Unidos e Canadá, juntos, estão classificados como degradados devido às atividades humanas. Do total desta área degradada, 5% encontram-se na América do Norte, 12% na Oceania, 14% na América do Sul, 17% na África, 18% na Ásia, 21% na América Central e 13% na Europa. Se considerarmos as áreas inabitadas do mundo, o percentual de solos degradados no planeta sobe de 15% para 24% (OLDEMAN, 1994).

O maior problema que reside nestas constatações é que a maioria destes solos degradados ou em processo de degradação está nos países menos desenvolvidos. Estima-se que 39% da população da Ásia (1,3 bilhão de pessoas) vivam em áreas com tendências à desertificação; na África, 65% dos solos agrícolas estão degradados; na América Latina e Caribe, o mau uso de produtos químicos e erosão degradaram 300 milhões de ha. Já na Europa, dados de 2002 publicados pela Comissão Europeia revelam que 52 milhões de ha (16% da área agrícola total) estão afetados por algum processo de degradação (salinização, erosão, desertificação, ou excesso de urbanização).

Essa degradação ameaça a fertilidade das terras e a qualidade das águas. O solo perde a sua funcionalidade e o equilíbrio ecológico em geral. O problema é potencializado quando se leva em conta que o processo de regeneração natural do solo é muito lento. Estima-se que, sob um clima úmido, sejam necessários cerca de 500 anos para que se forme uma camada de solo de 2,5 cm de espessura.

Segundo o projeto da avaliação mundial da degradação de solo do PNUD (OLDEMAN, 1994), os cinco principais fatores de degradação dos solos listados e seus respectivos percentuais de participações nas áreas mundiais degradadas são:

- a) Desmatamento ou remoção da vegetação natural para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização (29,4%);

- b) Superpastejo da vegetação (34,5%);
- c) Atividades agrícolas, incluindo ampla variedade de práticas agrícolas, como o uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso de água de irrigação de baixa qualidade, uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo (28,1%);
- d) Exploração intensiva da vegetação para fins domésticos, como combustíveis, cercas, etc., expondo o solo à ação dos agentes erosivos (6,8%); e
- e) Atividades industriais ou bioindustriais que causam poluição do solo (1,2%).

No continente Sul Americano, segundo o GLSOD, teríamos 244 milhões de ha de solo degradado, sendo o desmatamento responsável por 41%, o superpastejo por 27,9%, as atividades agrícolas por 26,2%, a exploração intensa da vegetação por 4,9%. Os dados relativos de solos degradados na América do Sul em decorrência das atividades industriais são ínfimos por dois motivos: falta de levantamento sistemático e global no continente de sites contaminados e/ou degradados pelos processos industriais e a baixíssima industrialização dos países do continente quando comparada à dos países desenvolvidos e industrializados. No Brasil não existe, até o momento, nenhum estudo conclusivo quanto à quantidade e distribuição dos solos degradados em escala nacional.

É importante ressaltar que, independentemente da ausência de avaliações exatas a respeito da extensão de áreas degradadas no Brasil, todas as estimativas apontam o desmatamento e as atividades agropecuárias como os principais fatores de degradação de nossos solos. O impacto causado por obras de engenharia (estradas, ferrovias, barragens, etc.), por atividades de mineração a céu aberto e por algumas atividades industriais, certamente sensibiliza a população de modo geral, que tende a atribuir a esses fatores a responsabilidade maior pela degradação dos solos.

Tal impressão é plenamente justificável, uma vez que são atividades altamente impactantes, pois devemos lembrar que a degradação não pode ser avaliada apenas pela extensão, mas também por sua intensidade. As atividades mineradoras podem impactar uma área maior do que a área de lavra por causa da degradação dos recursos hídricos, que vai se refletir em toda a bacia. Esse é o caso clássico de minerações de carvão a céu aberto, onde a oxidação de sulfetos metálicos que acompanham o minério promove a ocorrência de drenagem ácida e a solubilização de metais pesados, podendo trazer consequências danosas para uma área de influência muito além da área de lavra. No entanto, ao avaliar a extensão de degradação causada

por estas atividades, verifica-se que ela é mínima, principalmente comparando-a ao desmatamento e ao superpastejo nos solos nacionais.

Além da crescente quantidade de terras agrícolas que estão em processo degradativo, imprimindo perdas de áreas para produção agrícola, há que se considerar outros fatores que já levaram organismos como a FAO e o Fundo Monetário Internacional (FMI) a decretarem o início da era da comida cara, como: os baixos estoques mundiais; o alto preço do petróleo, que encarece os insumos e incentiva a produção de etanol à base de milho; a demanda crescente por alimentos, principalmente da China, maior importador de algodão e soja do mundo e que aumentou o seu consumo anual de cereais de 450 milhões de toneladas em 2001 para 513 milhões de toneladas em 2007 (STEFANO e SALGADO, 2008), além da expectativa de aumento da população mundial dos atuais 7,2 bilhões para 9,6 bilhões em 2050 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2013). Por essas e outras razões, é de se esperar que as políticas nacionais e internacionais de uso e manejo dos solos sejam direcionadas no caminho da sustentabilidade deste importante ecossistema chamado solo.

A complexidade dos processos de degradação e de recuperação de solos deve-se aos inúmeros fenômenos biológicos e físico-químicos envolvidos. Por este motivo, a recuperação de áreas degradadas pode ser conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das mais diferentes formações profissionais, que visam a proporcionar o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural. O caráter multidisciplinar das ações para proporcionar esse retorno deve ser tomado, fundamentalmente, como o ponto de partida do processo. Assim, o envolvimento direto e indireto de técnicos de diferentes especializações permite a abordagem holística que se faz necessária (DIAS e GRIFFITH, 1998). É importante que se padronize os termos, conceitos e definições empregados na descrição dos fenômenos de degradação e recuperação de áreas degradadas, com o objetivo de facilitar o entendimento do assunto para os leitores.

Este capítulo tem como objetivo mostrar um pouco do entendimento da Embrapa Solos sobre este assunto que norteia o seu Programa de RAD em centenas de áreas degradadas no Brasil, seja por atividades agrícolas e industriais, como pela construção civil (portos, aeroportos, estradas, represas, etc.). Como as áreas degradadas possuem um certo padrão, este capítulo mostra técnicas de RAD que podem ser utilizadas em todos os biomas brasileiros (incluindo a Caatinga), desde que respeitadas as suas particularidades climáticas, edáficas e a vegetação do bioma.

6.2 Área degradada

A avaliação da extensão de áreas degradadas passa a ser um processo complexo, na medida em que se faz necessário estabelecer claramente o conceito de solo degradado. Além do estabelecimento deste conceito, é necessário também o aprimoramento dos indicadores dos processos de degradação de solos, pois diferentes processos possuem diferentes dificuldades de diagnósticos. É o que acontece no diagnóstico dos fatores de degradação de solo pelas atividades agrícolas em relação aos fatores de degradação de solo oriundos de atividades industriais ou de engenharia: para atividades que causam grandes distúrbios, como as minerações, áreas de empréstimos para a construção de barragens e aterros ou grandes e médias obras da engenharia pesada, é muito fácil a caracterização, contrariamente àquelas onde a degradação ocorre de maneira lenta e gradual, como a observada por atividades agrícolas.

O conceito de degradação tem sido geralmente associado aos efeitos ambientais considerados negativos ou adversos e que decorrem principalmente de atividades ou intervenções humanas. Raramente o termo se aplica às alterações decorrentes de fenômenos ou processos naturais. O conceito tem variado segundo a atividade em que esses efeitos são gerados, bem como em função do campo do conhecimento humano em que são identificados e avaliados. De acordo com o uso atribuído ao solo, a definição de degradação pode variar como já comentado, dependendo da área profissional envolvida, como podemos verificar a seguir:

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da sua NBR 10703, a degradação do solo é apontada como sendo a “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos e os em planejamento como os potenciais”. O conceito contempla o entendimento do solo enquanto espaço geográfico, ou seja, extrapola o sentido de matéria ou componente predominante abiótico do ambiente. Além disso, ao citar a expressão “alteração adversa”, sugere a aproximação com o conceito de efeito ou impacto ambiental considerado negativo. Todavia, em outra norma, a NBR 13030 (específica para mineração), definem-se áreas degradadas como “áreas com diversos graus de alterações dos fatores bióticos e abióticos, causados pelas atividades de mineração”, mantendo a noção de alteração, porém sem vinculação com o uso do solo.

Já o Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração do IBAMA define que a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou

enterrada; e a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico forem alterados. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento socioeconômico.

Nas áreas das ciências biológicas e nos campos geomorfológico e paisagístico, é considerado o conceito de perturbação ou distúrbio (*disturbance*). No caso da área biológica, esse conceito está mais ligado aos aspectos relacionados à evolução de ecossistemas, onde as alterações são resultantes de atividades humanas, impossíveis de serem corrigidas rapidamente e podendo ser divididas de acordo com três situações influenciadas pelo caráter temporal: os distúrbios súbitos e inesperados, como os decorrentes de acidentes ou falhas de origem tecnológica em processos industriais; os distúrbios que ocorrem em período de tempo significativo, mesmo tendo sido detectados apenas recentemente, como os derivados de descargas de efluentes industriais; e os distúrbios planejados, como os de mineração em superfície.

Já nos campos geomorfológico e paisagístico, esse conceito assume uma perspectiva espacial (*land disturbance*), correlacionando-o com os efeitos geomorfológicos produzidos na paisagem por diferentes atividades humanas como mineração em superfície, urbanização, pastagem, agricultura, usos recreativos e construção civil. Muitos desses distúrbios têm importância menor ou são transitórios e a paisagem pré-existente pode ser recuperada para uma forma aceitável de produtividade e em conformidade com um plano de uso prévio.

Fundamentados em observações do campo agrônomo, Law & Miller (1989), diferenciam processos e fatores de degradação do solo, em que os primeiros correspondem às ações e interações químicas, físicas e biológicas que afetam a capacidade de autodepuração do solo (*soil*) e a sua produtividade; os segundos compreendem os agentes e catalisadores naturais ou induzidos pelo homem, que colocam em movimento os processos e causam alterações nas propriedades do solo e nos seus atributos de sustentação da vida.

Entre os processos de degradação induzidos pelo homem, Law & Miller (1989) citam a compactação, a erosão acelerada, desertificação, salinização, lixiviação e acidificação; entre os fatores causadores da degradação, os autores mencionam a agricultura, indústria e urbanização. Segundo eles, as alterações produzidas pelos processos geram, entre outros aspectos, efeitos negativos sobre a qualidade ambiental, estabelecendo, então, a relação com o conceito de solo enquanto espaço geográfico (*land*) e, assim, o sentido amplo de degradação do solo (*land degradation*).

Ainda no campo agrônômico, além dos processos de degradação citados acima, a degradação de terras agrícolas deve enfocar também os aspectos econômicos, uma vez que a perda de produtividade pode estar relacionada com a degradação do solo. Desta maneira, Power & Myers, citado por Diase Graffith (1998), definem a qualidade de um solo como a sua capacidade de manter o crescimento vegetal, o que inclui fatores como agregação, conteúdo de matéria orgânica, profundidade, capacidade de retenção de água, taxa de infiltração, capacidade tampão de pH, disponibilidade de nutrientes, etc.

Do ponto de vista da Engenharia Civil, certamente o conceito de solo degradado deve estar relacionado com a alteração da sua capacidade de se manter coeso e como meio físico de suporte para edificações, estradas, etc. Ou seja, a densidade do solo é um bom critério para se avaliar a existência ou não de degradação. Em termos agrônômicos, solos adensados ou compactados podem caracterizar um processo de degradação (redução de sua taxa de infiltração, limitação na circulação de oxigênio, impedimento físico para o crescimento das raízes, menor disponibilidade de nutrientes, etc.). Por outro lado, essa característica é desejável como meio de suporte para edificações, ferrovias, rodovias, etc.

Os exemplos citados anteriormente evidenciam o fato de que o conceito de degradação e qualidade de solo pode ser relativo, dependendo da finalidade do uso atribuído a ele. No entanto, na medida em que se possa caracterizar a degradação como qualquer alteração das condições naturais de equilíbrio, o ponto de vista da Engenharia Civil estaria descartado, visto que o uso do solo para as obras de engenharia estaria promovendo essas alterações. Portanto, o conceito de qualidade do solo como indicador da degradação deve ser utilizado a partir de uma visão mais ampla. O único limitante do uso da qualidade do solo como indicador da degradação é a sua operacionalização, ou seja, quais atributos ou características do solo devem ser avaliados e monitorados para definir a manutenção, o ganho ou a perda de qualidade.

De maneira geral, as definições e conceitos contidos na legislação ambiental brasileira não são claros e geram confusão quando o objetivo é comparar o uso específico a ser dado ao site degradado que se deseja recuperar. Enfim, embora controverso e não consensual, o conceito de degradação do solo parece estar sempre associado à noção de alteração ambiental adversa gerada por atividades humanas.

6.3 Recuperação, reabilitação e restauração

De maneira similar às conceituações de áreas degradadas e degradação do tópico anterior, a literatura técnica e os textos da legislação ambiental brasileira em vários níveis também deixam dúvidas e contradições sobre as definições exatas dos termos recuperação, reabilitação e restauração, que em muitos casos são apontados como diferentes e em outros como sinônimos. Novamente a literatura é relativamente vasta e podem ser encontradas referências nas diferentes áreas do conhecimento. Observa-se que os termos recuperação, reabilitação e restauração têm sido geralmente apresentados e discutidos não apenas nos aspectos que caracterizam suas execuções, mas principalmente em função dos seus objetivos e metas. De modo geral, os termos se referem ao caminho inverso à degradação e são importantes para facilitar a comunicação entre os interessados na escolha do processo a ser adotado na área degradada.

6.3.1 Recuperação

A legislação federal brasileira menciona que o objetivo da recuperação é o “retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio-ambiente” (DECRETO FEDERAL 97.632/89). Esse decreto vai de encontro ao estabelecido pelo IBAMA, que indica que a *recuperação* significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com o plano pré-estabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estáticos e sociais da circunvizinhança. Significa também que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem. Griffith (1986) definiu recuperação como a reparação dos recursos ao ponto que seja suficiente para restabelecer a composição e a frequência das espécies encontradas originalmente no local. Neste caso, ele procura sintetizar a definição do processo quando utilizado em unidades de conservação.

6.3.2 Reabilitação

Segundo Majer (1989), a reabilitação é o retorno da área degradada a um estado biológico apropriado. Esse retorno pode não significar o uso produtivo da área a longo prazo, como a implantação de uma atividade que renderá lucro, mas sim a utilização da área com objetivos menos tangíveis em termos monetários, visando, por exemplo, à recreação ou à valorização estético-ecológica. Exemplos de reabilitação

para fins recreativos é a raia olímpica da Cidade Universitária da USP, instalada em uma antiga área de extração de areia em planície aluvionar do Rio Pinheiros, a construção do parque esportivo Cidade de Toronto, instalado em área de antiga extração de areia, e do Centro Educacional e Recreativo do Butantã, instalado em área de antiga pedreira, além do lago do parque Ibirapuera, instalado em antiga cava de extração de areia. Todas essas são da cidade de São Paulo-SP.

6.3.3 Restauração

O termo restauração refere-se à obrigatoriedade do retorno ao estado original da área, antes da degradação. Esse termo é o mais impróprio a ser utilizado para os processos que normalmente são executados. Por retorno ao estado original entende-se que todos os aspectos relacionados com topografia, vegetação, fauna, solo, hidrologia, etc. apresentem as mesmas características de antes da degradação. Ou seja, trata-se de um objetivo praticamente inatingível, uma vez que restaurar um ecossistema para fazê-lo recuperar sua função é técnica e economicamente questionável. Embora alguns profissionais que atuam na área ambiental tenham equivocadamente essa meta, torna-se necessária uma nova conscientização deles sobre a inviabilidade deste processo.

6.4 Integração e evolução dos conceitos

Os conceitos de degradação, recuperação e congêneres geralmente são considerados de modo integrado. A perspectiva de classificação das condições de um ecossistema face às reflexões sobre o desenvolvimento sustentável, segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o Fundo Mundial para a Natureza (WWF), traz uma análise conceitual ampla, identificando primeiramente os sistemas naturais como os ecossistemas onde, desde a revolução industrial em 1750, o impacto do homem não foi maior do que o de quaisquer outras espécies nativas, e não afetou a estrutura do mesmo. Neste caso, a mudança climática foi excluída da definição, porque as mudanças climáticas causadas pelo homem deveriam afetar todos os ecossistemas e eliminar todos os ecossistemas naturais como definidos aqui (BITTAR, 1997).

A partir deste ponto, a abordagem da UICN classifica os ecossistemas em quatro tipos: modificados, cultivados, construídos e degradados, sendo que esses últimos são definidos como os ecossistemas cuja diversidade, produtividade e condição para habitação foram enormemente reduzidas. A degradação dos ecossistemas da terra

é caracterizada por perda de vegetação e de solo; a dos ecossistemas aquáticos é frequentemente caracterizada por águas poluídas que podem ser toleradas por poucas espécies.

Assim, de acordo com esse conceito, os sistemas degradados são considerados insustentáveis, sendo que somente a sua recuperação ou reabilitação permitiria levá-los à condição de potencialmente sustentáveis, situando-os, em sequência invertida, nas categorias de sistemas construídos, cultivados ou modificados. Negligenciar ou abandonar a área pode levar tanto à recuperação espontânea do ambiente quanto à continuidade e a intensificação do processo de degradação. Ao considerar a associação em relação ao futuro, a abordagem incorpora o conceito de sustentabilidade ambiental à questão da recuperação de áreas degradadas.

Finalmente, é importante ressaltar que, apesar de haver distinção por muitos autores e profissionais envolvidos na área ambiental dos conceitos anteriormente discutidos, quando realizamos uma breve análise comparativa entre as diferentes abordagens do tema e suas aplicações às áreas degradadas, é possível verificar uma evolução dos conceitos ao longo das últimas décadas. De maneira geral, observa-se uma passagem do objetivo amplamente difundido de procurar restabelecer as condições originais do sítio degradado para a busca de situações em que a estabilidade do ambiente e a sua sustentabilidade sejam garantidas. Além disso, é notável a crescente abordagem de recuperação de áreas degradadas como um processo que deve ser realizado mediante um plano previamente elaborado e com objetivos bem estabelecidos e explicitados

6.5 Degradação ambiental

Pode ser considerada como a perda total ou parcial da potencialidade ambiental de uma determinada área, se refletindo na descaracterização de sua biodiversidade, de seus solos e dos seus recursos hídricos. A referida área apresenta limitações para sustentar a “vida” com qualidade afetando direta e indiretamente a biodiversidade terrestre, marinha (rios, lagos e oceanos), a sustentabilidade dos solos (produção, geração de renda e êxodo rural) e dos recursos hídricos quanto ao seu volume e potabilidade (PRADO et al., 2005).

A degradação pode ocorrer por processos naturais geológicos e/ou exploração inadequada dos recursos naturais, em diversas atividades como, por exemplo, agricultura, indústrias e construção civil (TAVARES et al., 2008).

A qualidade do solo, que é definida por valores relativos à sua capacidade de cumprir uma função específica, é afetada diretamente pelos processos erosivos e pode ser

determinada para diferentes escalas: campo, propriedade agrícola, ecossistema e região. Vários são os tipos de degradação dos solos. Como exemplo pode-se citar:

- a) Erosão hídrica: perda de horizontes superficiais, deformação do terreno, movimento de massa, deposição.
- b) Erosão eólica: perda de horizontes superficiais, deformação do terreno, movimento de massa, deposição.
- c) Química: perda de nutrientes e/ou matéria orgânica, desbalanço de nutrientes, salinização, acidificação, poluição.
- d) Física: compactação, selamento ou encrostamento superficial, inundação, aeração deficiente, excesso ou falta de água.
- e) Biológica: redução da biomassa, redução da biodiversidade (HERNANI et al., 2002).

Vale ressaltar que, em ambientes tropicais e subtropicais, a principal causa da degradação do solo é a erosão hídrica e as atividades que contribuem para o aumento das perdas do solo. De acordo com estudos do ISRIC/UNEP, em parceria com a Embrapa Solos, 15% das terras do planeta já foram severamente degradados por atividades humanas. Dentre as formas mais comuns de degradação, destacam-se a perda da camada superficial (70%), a deformação do terreno (13%), a perda de nutrientes (6,9%) e a salinização (3,9%) (HERNANI et al., 2002).

6.5.1 Degradação da vegetação

A derrubada e/ou queima dos diferentes tipos de vegetação nos diversos biomas como a Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Campos etc, visando ao uso seja pela atividade agropecuária, à exploração madeireira (movelaria, carvão, engenharia civil) ou à exploração mineral, têm sido apontadas como as principais causas de destruição da vegetação. Essas práticas deixam o solo exposto à ação da chuva e do vento, além de destruir a matéria orgânica, principal responsável pela fertilidade e vida do solo (CAPECHE et al., 2004). Nas figuras 6.1 a 6.4 são mostrados exemplos de ações que levam à degradação da biodiversidade vegetal.



Figuras 6.1 e 6.2 — Desmatamento em área de floresta (esq.) e da queimada em pastagem (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.3 e 6.4 — Corte e transporte de madeira florestal (esq.) e fornos de carvão (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.5.2 Degradação dos recursos hídricos

6.5.2.1 Distribuição da água no planeta Terra

A água doce é o bem mais precioso da humanidade, pois nenhum ser vivo consegue sobreviver sem ela. Entretanto, sua quantidade no planeta Terra é limitada e bem inferior à da água salgada dos mares e oceanos. A água doce disponível para o ser humano, plantas e animais é mais restrita ainda, conforme observado na figura 6.5, que representa a distribuição da quantidade de água no planeta Terra.

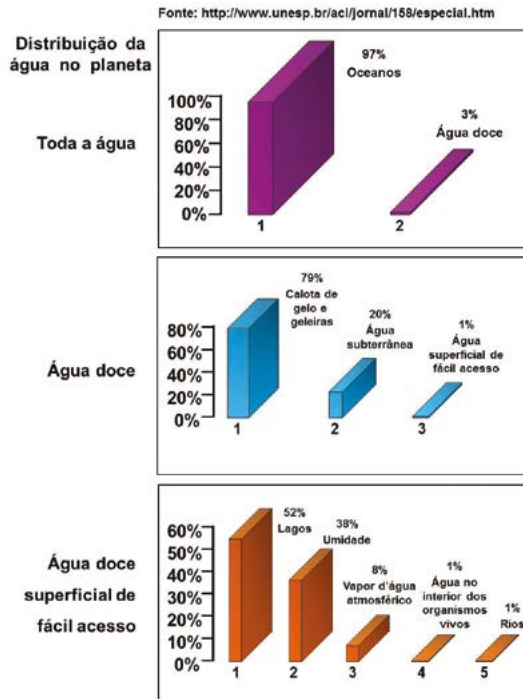


Figura 6.5 — Distribuição do percentual da água no planeta Terra.

Fonte: adaptado de Unesp (2013).

Os recursos hídricos (nascentes, córregos, rios, lagos, aquíferos, lagoas, glaciares, manguezais e mares) são fundamentais para a sobrevivência do ser humano e da biodiversidade animal e vegetal, por fornecerem água, alimentos, matéria-prima para diversos produtos, abrigo, ambientes de reprodução, lazer e qualidade de vida (Figuras 6.6 a 6.9).



Figuras 6.6 e 6.7 — Água pura para o homem e os animais.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.8 e 6.9 – Água para cultivo e irrigação das lavouras.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Segundo Prado (2004), diante da escassez mundial de água doce, o Brasil encontra-se em situação confortável, pois detém aproximadamente 14% do total disponível para atender às demandas da humanidade e manutenção da vida no planeta. Entretanto, a distribuição da água no país não é homogênea, tanto naturalmente (a Região Norte possui abundância de água enquanto a Região Nordeste sofre com as secas), como socialmente (muitas pessoas não têm acesso à água doce existente, principalmente, tratada). Além disso, em regiões onde o contingente populacional é maior, grande parte dos recursos hídricos enfrenta problemas de qualidade da água e já não pode ser usada para abastecimento doméstico e de lazer (Figuras 6.10 e 6.11).



Figuras 6.10 e 6.11 – Ocupação desordenada por construções nas margens de um rio (esq.) e detalhe de lixo acumulado nas margens da Baía da Guanabara (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Quando a utilização dos recursos naturais (solos, água e vegetação) é feita de forma inadequada, a qualidade e quantidade de água doce disponível para os mais diversos usos na área rural e nas cidades pode ser prejudicada. (TAVARES et al., 2008).

Entre os usos da água doce no Brasil, a agricultura é quem mais consome depois da indústria e o uso pela população em geral (residências, escolas, comércio, lazer,

etc) (PRADO et al., 2005). Essa distribuição pode ser vista de forma esquemática na figura 6.12.

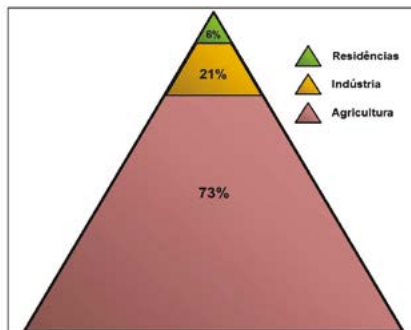


Figura 6.12 – Detalhe da distribuição da quantidade de água utilizada no Brasil.

Fonte: adaptado de Prado et al., (2005).

Diversos são os fatores que levam à deterioração da água, podendo ser classificados, quanto à origem, como fatores de fonte pontual ou de fonte difusa. As fontes pontuais de poluição se caracterizam, essencialmente, pelos resíduos domésticos e industriais; já as fontes difusas são caracterizadas pelos resíduos provenientes das atividades agropecuárias (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, entre outros) e, ainda, pelo escoamento superficial que na área urbana transporta resíduos de pátios de instalações industriais, postos de gasolina e outros (PRADO, 2004).

6.5.2.2 Processo de eutrofização

Uma das principais causas de redução da qualidade da água é a eutrofização, que significa o processo de enriquecimento dos corpos hídricos por nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio), podendo ocorrer sob condições naturais ou artificiais (aplicação de fertilizantes, dejetos orgânicos, efluentes industriais).

Este incremento de nutrientes propicia o desenvolvimento de algumas espécies de algas e a diminuição do oxigênio na água, favorecendo o aumento de bactérias anaeróbias, podendo atribuir sabor e cheiro desagradável ao líquido, restringindo o seu uso. A redução do oxigênio muitas vezes causa a morte da ictiofauna – peixes (PRADO, 2004).

Pensando na proteção e manutenção da qualidade dos mananciais d'água, esses devem ter uma faixa de vegetação ao redor, que varia em largura em função da área a ser protegida (nascentes, córregos e rios), evitando que a erosão carregue solos e outros resíduos para dentro delas. Essa faixa de vegetação é denominada de

“mata ciliar” (Figuras 6.13 e 6.14), por ter a mesma função de proteção dos rios de nossos olhos (CAPECHE et al., 2004). As figuras 6.15 e 6.16 mostram exemplos de margens desprotegidas.



Figuras 6.13 e 6.14 — Imagens de mata ciliar nas margens de rios.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.15 e 6.16 — Imagens de um córrego na área rural (esq.) e de rio na cidade sem mata ciliar (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.5.3 Degradação dos solos

Como degradação do solo, entende-se a deterioração ou desgaste de suas características químicas, físicas, morfológicas e biológicas, como por exemplo, a perda da quantidade de solo e de seus nutrientes, a destruição da matéria orgânica, a compactação, a poluição causada por adubos químicos e pesticidas etc.

Ela é causada, por exemplo, pelo desmatamento, queimadas, preparo excessivo do solo agrícola principalmente quando realizado no sentido morro abaixo, monocultivo, adubação em doses erradas e sem a recomendação da análise química, uso indiscriminado de agrotóxicos, pastagens mal manejadas, irrigação inadequada, construção de residências e prédios em áreas sujeitas a desmoronamento, despejo de lixo e rejeitos industriais em locais impróprios, entre outros (Figuras 6.17 a 6.24).



Figuras 6.17 e 6.18 – Detalhes do preparo excessivo do solo – aração e gradagem (esq.) e do preparo no sentido “morro abaixo” (dir.).

Fotos: Sérgio Gomes Tosto (esq.) e Cláudio Lucas Capeche (dir.).



Figuras 6.19 e 6.20 – Visão de lixo despejado em local inadequado.

Fotos: Sérgio Gomes Tosto (esq.) e Cláudio Lucas Capeche (dir.).



Figuras 6.21 e 6.22 – Detalhes de áreas de pastagens degradadas com intensa erosão.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.23 e 6.24 – Detalhes do desperdício de água pelo uso de irrigação inadequada.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.5.3.1 Erosão

Um dos principais agentes causadores da degradação ambiental é a erosão. Ela traz consequências negativas para o agricultor e sua família, pois destrói sua terra e mananciais hídricos, além de reduzir a produtividade agropecuária levando o agricultor à pobreza e mudança para as cidades, agravando os problemas socioeconômicos e ambientais dos municípios e cidades.

A erosão dos solos pode ser um processo geológico, também chamado de natural, ou um processo antrópico, isto é, causado pela ação do ser humano (CURI et al., 1993; BAHIA et al., 1992). Esta última forma é uma das maiores ameaças à agricultura e ao meio ambiente, devido à utilização inadequada do recurso solo (Figuras 6.25 e 6.26).



Figuras 6.25 e 6.26 – Detalhe de erosão geológica modelando a superfície do terreno (esq.) e erosão antrópica em área de pastagem (dir.), ambas em relevo montanhoso.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

A velocidade do processo erosivo está diretamente associada aos fatores extrínsecos e intrínsecos do solo. Os seus efeitos negativos são sentidos, progressivamente, devido à perda das camadas mais férteis do solo, podendo ter como consequência a redução de produtividade das culturas e o aumento dos custos de produção, com a demanda por mais insumos para poder manter a produtividade. Finalmente, tem-se o esgotamento total do solo e seu posterior abandono. O problema da erosão assume proporções alarmantes em muitas regiões do País e tende a se agravar, sendo observadas variadas formas, desde a erosão laminar, em sulcos e as voçorocas (MACEDO et al., 2009). As figuras 6.27 a 6.30 mostram situações graves de erosão.



Figuras 6.27 e 6.28 – Detalhes da degradação ambiental causada pela erosão (voçorocas).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.29 e 6.30 – Detalhes da degradação ambiental causada pela erosão – voçoroca na margem de uma estrada (esq.) e erosão laminar com deslizamento em uma área recém-preparada para plantio (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Na Tabela 6.1 pode ser observada a estimativa de perda de solo e água no Brasil ao longo de um ano provocada pela erosão.

Tabela 6.1 – Estimativa de perda de solo e de água por erosão hídrica no Brasil em função do uso do solo.

ESTIMATIVA DE PERDA ANUAL DE SOLO E DE ÁGUA POR EROSÃO HÍDRICA NO BRASIL EM FUNÇÃO DE OCUPAÇÃO DO SOLO					
TIPO DE OCUPAÇÃO	ÁREA OCUPADA	PERDA DO SOLO		PERDA DE ÁGUA	
		MÉDIA	TOTAL	MÉDIA	TOTAL
		t/ha/ano	t/ano	m³/ha/ano	bilhões m³/ano
Lavouras	50.104.483	15,0	751.567.248	2.519	126.213
Pastagens	177.700.471	0,4	71.080.189	252	44.781
TOTAL	227.804.955	—	822.647.436	—	170.994

Fonte: adaptado de Manzatto et al. (2002).

6.5.3.2 Principais tipos de erosão nas regiões tropicais

- a) Hídrica — é a erosão provocada pela ação da água. Ela faz parte do ecossistema e está relacionada com o escoamento superficial, que é uma das fases do ciclo hidrológico. Correspondente ao conjunto de águas que, sob a ação da gravidade, movimenta-se na superfície do solo no sentido da sua pendente. A forma e a intensidade da erosão hídrica, embora estejam relacionadas com atributos intrínsecos do solo, são mais influenciadas pelas características das chuvas, da topografia, da cobertura vegetal e do manejo da terra, ocorrendo a interação de todos esses fatores. As características das chuvas determinam o seu potencial erosivo, isto é, a capacidade de causar erosão. O potencial erosivo é avaliado em termos de erosividade, que é a medida dos efeitos de impacto, salpico e turbulência provocados pela queda das gotas de chuva sobre o solo, combinados com os da enxurrada, que transportam as partículas do solo (EMBRAPA, 1980). As principais formas de expressão da erosão hídrica são a laminar, em sulcos e em voçorocas.
- b) Eólica — é a erosão provocada pela ação dos ventos. No Brasil, não é a forma mais grave, porém, em algumas regiões específicas do País ela promove processos acelerados de desertificação, principalmente nas regiões Nordeste e Sul.

A erosão eólica será mais intensa quanto maior a velocidade do vento e a área livre de vegetação ou obstáculos naturais. A erosão eólica está mais relacionada às grandes planícies sem cobertura vegetal. Nessas regiões, a energia cinética do vento desloca partículas do solo, desde as mais finas (argila e silte) até as mais grosseiras (areia). A distância de deposição está diretamente relacionada à intensidade e à duração do processo (EMBRAPA, 1980).

6.5.3.3 Etapas do processo de erosão hídrica

Segundo Bahia et al. (1992), a erosão hídrica é um processo complexo que ocorre em quatro fases: impacto das gotas de chuva; desagregação de partículas do solo; transporte e deposição.

- a) Impacto — as gotas de chuva que golpeiam o solo desprendem suas partículas no local do impacto; transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas e imprimem energia em forma de turbulência à água da superfície.

- b) Desagregação – a precipitação que atinge a superfície do solo inicialmente provoca o umedecimento dos agregados, reduzindo suas forças coesivas. Com a continuidade da chuva e o impacto das gotas, os agregados são desintegrados em partículas menores e ocorre o processo de salpicamento. A quantidade de agregados desintegrados em partículas menores e salpicados cresce com o aumento da energia cinética da precipitação, que é função da intensidade, da velocidade e do tamanho das gotas da chuva.
- c) Transporte – só ocorre a partir do momento em que a intensidade da precipitação excede a taxa de infiltração, que tende a decrescer com o tempo, tanto pelo umedecimento do solo como pelo efeito decorrente do selamento ou encrostamento superficial. Uma vez estabelecido o escoamento, a enxurrada se move no sentido da declividade (morro abaixo), podendo concentrar-se em pequenas depressões, mas sempre ganhará velocidade à medida que o volume da suspensão e a declividade do terreno aumentarem. Com isso, a sua capacidade de gerar atrito e desagregação se amplia.
- d) Deposição – ocorre quando a carga de sedimentos é maior do que a capacidade de transporte da enxurrada.

Na erosão eólica ocorrem os mesmos processos de desagregação (impacto de pequenas partículas carregadas pelo vento sobre rochas e solo), de transporte pelo vento e de deposição do solo/sedimentos transportados (TAVARES et al., 2008).

6.5.3.4 Compactação do solo

Outra característica que aponta para a degradação ambiental é a compactação do solo que ocorre, normalmente, numa profundidade de 20 a 40 cm, devido a vários fatores. Pode ser uma característica natural do solo (horizonte subsuperficial B textural) ou antrópica, com o tráfego intenso de máquinas e implementos agrícolas; preparo do solo com excesso de umidade - principalmente os mais argilosos; o uso de arado e grade para preparar o terreno (conhecido por pé de arado); o impacto da gota da chuva sobre o solo (neste caso a compactação ocorre bem na superfície, entre 2 cm e 3 cm, também conhecido por “selamento”); ausência de adubação ou quando esta é feita de forma errada sem considerar a análise de fertilidade; manejo da pastagem com número excessivo de animais por área e/ou capim inadequado nas pastagens; queimada, entre outros.

A figura 6.31 mostra uma representação da situação de compactação no solo, tendo como destaque a camada compacta no lado esquerdo com o pequeno

desenvolvimento do sistema radicular e consequentemente da planta. O lado direito representa uma situação oposta, um solo sem compactação, refletindo no perfeito crescimento das raízes e da planta. Nas figuras 6.32 e 6.33 é mostrada uma comparação da compactação em profundidade no solo.

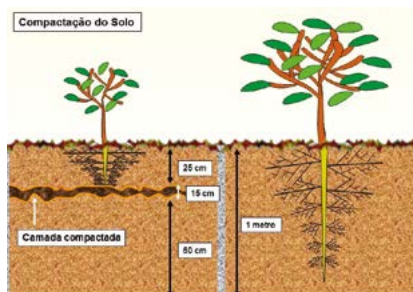


Figura 6.31 – Representação da compactação do solo e do crescimento vegetal.

Ilustração: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.32 e 6.33 – Detalhe da camada compactada no solo (em cima) e de um solo com boa penetração de raízes – sem compactação (embaixo).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Na figura 6.34 pode ser observado o efeito da compactação e da erosão em sulco causada pelo “pé de arado” numa área recém-plantada com soja.



Figura 6.34 – Erosão em sulco causada pela compactação do solo.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.6 Manejo e conservação do solo, da água e da biodiversidade

O homem com sua capacidade de pensar e decidir, associada à responsabilidade de seus atos, tem o dever, como cidadão e “gestor” da natureza, de praticar ações dignas, que assegurem sustentabilidade ambiental, no espaço territorial em que vive, gerando benefícios permanentes para si e para a sociedade.

Particularizando-se o produtor rural, sua sublime missão de produzir alimentos e outros bens (para o campo e cidade) exige permanente zelo e conhecimento para que seja garantida a exploração harmônica dos recursos naturais, de modo a assegurar sua sustentabilidade ambiental, econômica e social. (NOBRE, 2007).

Portanto, para se proteger o solo, os recursos hídricos e a vida animal e vegetal, é importante criar uma mentalidade conservacionista. Por isso, torna-se vital ter em mente os princípios conservacionistas básicos: planejamento de uso da propriedade agrícola; manutenção da fertilidade do solo (correção e adubação); cobertura do solo (vegetação verde ou morta); água no solo (infiltração e armazenamento superficial ou interno); sistemas de produção adequados e solo sem erosão.

Para que esses princípios básicos possam ser seguidos, uma série de técnicas agrícolas deve ser utilizada por todos que lidam com as atividades rurais a fim de se alcançar a sustentabilidade agrícola (BERTOLINE et al., 1994).

6.6.1 Planejamento conservacionista

O planejamento conservacionista da propriedade nada mais é do que o planejar toda a atividade agropecuária, florestal, de preservação e turismo rural, de acordo com a vocação ou aptidão agrícola dos solos (SANTA CATARINA, 1994).

Embora possa parecer que as terras possuam características pedológicas semelhantes, é certo que essas características podem variar de área para área, dentro da mesma propriedade. O planejamento determinará as áreas mais apropriadas para o plantio de culturas anuais, perenes, pastagem e reflorestamento, entre outras e determinará as medidas de controle à erosão a serem adotadas (Figura 6.35). Cada tipo de solo tem sua aptidão (RAMALHO & BEEK, 1994), isto é, os solos devem ser usados com culturas mais adequadas a sua capacidade de uso.



Figura 6.35 – Vista geral de uma propriedade bem manejada com planejamento conservacionista – relevo mais elevado com cultura perene (café) e reflorestamentos e as áreas baixadas e de relevo menos inclinado, com pastagem.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

Por exemplo, existem solos arenosos, argilosos ou de textura média, rasos ou profundos, com diferentes quantidades de matéria orgânica, com ou sem pedras, solos de áreas secas ou encharcadas e que estão associados a diferentes relevos, como as planícies, topo-de-morro, meia encosta e fundo de vales (baixadão).

No planejamento conservacionista devem ser observadas as seguintes características:

- a) Do solo – textura: argiloso/barrento ou arenoso; profundidade: profundo ou raso; pedregosidade: presença ou ausência de pedras/rochas; teor de matéria orgânica: se apresenta muito ou pouco material vegetal/animal em decomposição; atividade biológica: presença de organismos da meso e micro fauna/flora; etc.
- b) Do relevo – plano; com pequenas colinas ou com morros; ou montanhoso.

- c) Da vegetação — capoeira, matas, florestas, culturas ou pastagem, ou sem vegetação.
- d) De excesso de água — ocorrência de afloramento de umidade ou susceptível a alagamento (solos de várzea).

Elas indicarão as áreas adequadas para culturas anuais (que são plantadas e colhidas uma ou duas vezes no ano, como o milho, arroz, hortaliças e olerícolas); culturas perenes (demoram mais de um ano para serem colhidas, como o café, laranja, banana, cana de açúcar); reflorestamento; preservação da vegetação e da fauna; construção civil, entre outros.

Por exemplo, os solos arenosos são mais fáceis de sofrerem erosão do que os argilosos. Isso acontece porque nos solo arenosos as partículas que formam a sua estrutura estão muito soltas, o que favorece a ação do vento e da água da chuva — destruição e arraste das partículas e dos agregados do solo. Já nos solos argilosos, existe uma ligação muito forte das suas partículas ou agregados, dificultando seu arraste pela água ou vento. Mas isso não quer dizer que não ocorra erosão nesses solos. A erosão ataca qualquer tipo de solo quando mal manejado e sem práticas de conservação, causando grandes prejuízos.

6.6.1.1 Classificação das práticas conservacionistas

O planejamento de uso da propriedade inclui ainda a utilização de técnicas conservacionistas que visam reduzir e/ou impedir o impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície do solo, melhorar a fertilidade do solo e favorecer a infiltração da água da chuva e da irrigação (SANTA CATARINA, 1994).

6.6.2 Práticas vegetativas

A vegetação promove uma proteção direta, amenizando o impacto das gotas de chuva pela interceptação, dispersão, evaporação, aumento do atrito e diminuição da velocidade do escoamento superficial. A vegetação atua ainda fornecendo matéria orgânica e nutrientes, incorporando carbono e favorecendo a atividade biológica do solo (Figura 6.36).



Figura 6.36 – Visão geral do importante papel da vegetação no ambiente, tendo-se ao fundo uma exuberante mata e, mais abaixo, uma parte da área de plantio com gramíneas (verde e amarelada) e ao lado uma parte do terreno sendo preparado para plantio, com a incorporação da vegetação seca (palhada).

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.1 Cobertura do solo com vegetação viva

Nas terras que não forem adequadas para plantar culturas anuais (áreas muito inclinadas ou com ocorrência de pedras/rochas, por exemplo) ou quando já estiverem desmatadas é recomendado o reflorestamento (Figura 6.37). Nas terras degradadas podem ser plantadas árvores nativas ou com algum valor comercial, como: eucalipto (*Eucalyptus sp*), pinus (*Pinus sp*), teca (*Tectona grandis*), nim (*Azadirachta indica*), entre outras, com o objetivo de formar uma cobertura vegetal densa, sem deixar o solo exposto e ainda fornecer algum retorno econômico para o agricultor como a produção de madeira ou mel.

Outra solução é plantar pastagem que deve ser bem manejada, caso contrário ela também poderá sofrer erosão. Nas terras com aptidão para a silvicultura, seguir sempre as recomendações técnicas (Figura 6.38). Em qualquer das situações acima, o plantio e manejo das árvores devem seguir as práticas conservacionistas.



Figuras 6.37 e 6.38 – Visão geral de área declivosa e com afloramento de rochas, plantada com eucalipto em fase inicial de crescimento (esq.) e detalhe de reflorestamento com plantio de teca em Mato Grosso (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

As áreas com pastagem também devem seguir as recomendações conservacionistas como na figura 6.39, que apresenta capim bem desenvolvido, plantio em nível, ausência de erosão e ruas de circulação bem locadas.



Figura 6.39 – Exemplo de pastagem bem manejada.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.2 Cordão vegetado

É uma prática simples, recomendada para a pequena e média propriedade, em áreas que não possibilitam a construção de terraços devido à declividade, ou nas quais a mecanização é realizada por tração animal (SANTA CATARINA, 1994).

Consiste no plantio de espécies que apresentem rápido crescimento do sistema radicular e da parte aérea, possibilitando segurar a terra e não deixar que a água da chuva, correndo morro abaixo, provoque erosão (Figuras 6.40 e 6.41).

Algumas espécies usadas são a cana-de-açúcar, capim camerun-anão (elefante-anão), capim-cidreira, capim-vetiver, feijão-guandu, feijão-de-porco, entre outras, que podem ser plantadas em nível ou desnível, dependendo das características do solo.

O cordão vegetal funciona como barreira física, evitando que a água da chuva que não se infiltre, ganhe velocidade e provoque erosão. Portanto, é considerada uma prática conservacionista complementar. Além disso, é bom salientar que algumas espécies utilizadas para formar o cordão vegetal podem ser usadas na alimentação animal, humana ou na industrialização caseira, aumentando a renda familiar.



Figuras 6.40 e 6.41 – Cordões vegetados de feijão-de-porco (esq.) e capim-elefante (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.3 Quebra-ventos ou cortinas vegetais

Existe uma forma de erosão, muitas vezes pouco perceptível ou valorizada, que é a erosão eólica (ação dos ventos). Além da erosão, os ventos fortes são extremamente prejudiciais às culturas, desidratando, queimando e acamando as plantas (MACEDO et al., 2009).

Uma das principais técnicas utilizadas para minimizar os efeitos nocivos dos ventos sobre os solos e culturas é o uso de cortinas vegetais. Elas podem ser plantadas sobre a crista dos camalhões ou mesmo em linhas, demarcando os talhões que estarão protegidos (Figuras 6.42 e 6.43).

A regra básica a ser observada na instalação de quebra-ventos é a proporção entre a altura da cortina vegetal e a área protegida. Normalmente, considera-se 1 metro de altura de quebra-vento para 10 m de proteção.

Os vegetais usados para esse fim são capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), eucalipto (*Eucalyptus sp*), grevilea (*Grevillea robusta*), cedrinho (*Cupressus lusitânica*), leucena (*Leucaena spp*), sansão-do-campo (*Mimosa caesalpineafolia*), entre outras.



Figuras 6.42 e 6.43 – Quebra-ventos implantados com espécies arbóreas – leucena (esq.) e herbáceas – capim-elefante) (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.4 Plantio em faixas

Também pode ser utilizado o plantio em faixas, que consiste em plantar faixas com duas ou mais culturas diferentes na mesma área e ao mesmo tempo, como por exemplo, milho e feijão, arroz e feijão, milho e mandioca e fruticultura (Figura 6.44).



Figura 6.44 – Fruticultura conduzida em faixas (coco, banana e manga).

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.5 Consórcio de culturas

Ocorre quando são plantadas na mesma área culturas que se complementam, seja para aproveitar o sistema de irrigação, adubação verde, controle de pragas e doenças e recuperação de pastagens degradadas (Figuras 6.45 a 6.48).



Figuras 6.45 e 6.46 – Consórcios de milho com feijão guandu (esq.) e milho com capim braquiária para recuperação de pastagem degradada (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.47 e 6.48 – Consórcios de banana com inhame (esq.) e banana com café (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.6 Capina reduzida

Outra prática é não fazer a capina e apenas roçar o mato. Mas se a capina tiver que ser feita, pode-se alternar as linhas ou entrelinhas de plantio, deixando sempre uma cobertura no solo.

6.6.2.7 Cobertura morta

Muito importante também é a cobertura morta composta pela vegetação herbácea seca ou pelos resíduos de culturas colhidas deixados na superfície do solo, em vez de serem enterrados com o arado, a grade ou enxada. Essa palhada ajuda a proteger o solo do impacto das gotas de chuva e do sol. Por exemplo, em solos desnudos a temperatura na superfícies do solo pode facilmente atingir 60 a 65°C durante o dia. Nessas condições, as bactérias que fixam nitrogênio no sistema radicular das leguminosas, como o feijoeiro e a soja, têm sua sobrevivência comprometida. A palhada ainda reduz a incidência de ervas daninhas, diminuindo a necessidade das capinas e, conseqüentemente, a exposição do solo à ação dos agentes erosivos (SATURNINO & LANDERS, 1997). Nas figuras 6.49 e 6.50 pode ser observada a prática de cobertura morta.



Figuras 6.49 e 6.50 – Cobertura morta em plantio direto de feijão sobre pastagem dessecada (esq.) e plantio de milho em palhada de capineira (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3 Práticas edáficas

Tecnologias utilizadas para melhorar a fertilidade do solo e as condições morfológicas do solo na fase de plantio e condução da lavoura, possibilitando um crescimento rápido e sadio das plantas que promovem uma maior cobertura e proteção do solo contra a chuva (BERTOLINI & LOMBARDI NETO, 1994; SANTA CATARINA, 1994).

6.6.3.1 Fertilidade do solo

Os solos possuem uma determinada quantidade de nutrientes armazenada em seu interior. À medida que as plantas crescem e utilizam os nutrientes do solo, a reserva natural fica cada vez menor e, caso os nutrientes não sejam devolvidos ao solo, este fica cada vez mais fraco. A reposição desses nutrientes é feita através da calagem, que também melhora o pH, e pela adubação mineral e/ou orgânica (MACEDO et al., 2009).

A adubação mineral é feita com fertilizantes conhecidos como superfosfato, cloreto e sulfato de potássio, ureia, calcário, micronutrientes, entre outros. Ela também pode ser usada na forma composta NPK (N – nitrogênio, P – fósforo e K – potássio). Na adubação orgânica é usada a torta de mamona, a farinha de osso, esterco de animais (boi, cavalo, porco, suínos e aves), composto orgânico, húmus de minhoca, entre outras.

Antes da aplicação do calcário e dos fertilizantes, deve ser feita a análise química do solo para saber a quantidade correta de adubo a ser aplicada, evitando o desperdício de dinheiro e a poluição do solo, a qual ocorre quando o adubo é aplicado sem necessidade.

Como foi mencionado anteriormente, é muito importante se conhecer a quantidade de nutrientes que existe em um solo antes de se fazer o plantio. Para isso, é necessário fazer a análise de fertilidade do solo em laboratórios especializados.

A seguir é mostrado na Figura 6.51 o procedimento para a coleta de amostras de solo.

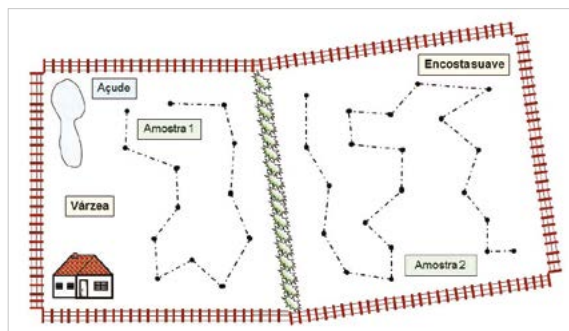


Figura 6.51 – Procedimento de coleta de amostras de solo para análises de fertilidade

Ilustração: Cláudio Lucas Capeche.

- a) Local de amostragem – a área deve ser a mais homogênea possível conforme o tipo de solo (mesma cor, arenoso/argiloso, com muita matéria orgânica ou não); relevo (topo de morro, alto, meio ou baixa encosta, baixada, várzea); condição de umidade (área que encharca periodicamente, área irrigada, área seca); tipo de cultivo – culturas anuais (milho, feijão, hortaliças), culturas perenes (fruticultura, reflorestamento, café) ou pastagem etc;
- b) Evitar as áreas mal drenadas (com acúmulo de água) e aquelas muito próximas a formigueiros, depósitos de adubos, de rodovias, estradas, cercas ou depósitos em geral ou com acúmulo de esterco. Um exemplo prático pode ser visualizado na Figura 6.52;

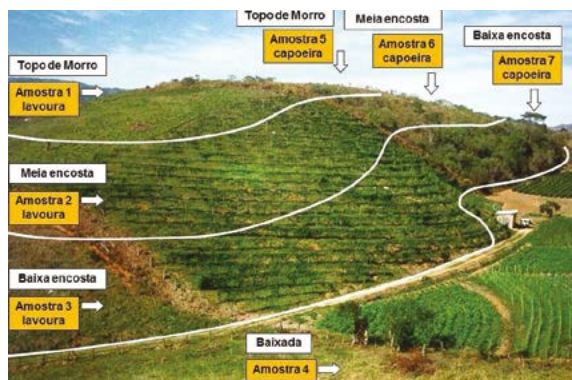


Figura 6.52 – Representação esquemática da localização das áreas para coleta de amostras de solos visando à identificação da fertilidade do solo.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

- c) Época de coleta – a amostragem deve ser feita, pelo menos, dois a três meses antes do plantio, para dar tempo, quando for necessário se utilizar calcário para alterar o pH, deste corretivo reagir com o solo;
- d) Tamanho da área – a amostra pode ser coletada em espaços pequenos, como os canteiros para hortas e jardinagem, até em áreas com grandes dimensões (10.000m² ou maior);
- e) Tipo de amostra – primeiramente são coletadas as amostras simples que, depois de reunidas em um recipiente limpo, são misturadas para resultarem na amostra composta que será enviada para a análise;

- f) Quantidade de amostras simples — é recomendado a retirada de 10 a 15 amostras simples para formar uma composta, em uma área homogênea de até 2 hectares (1 hectare é igual a 10.000 m² ou, aproximadamente, um campo oficial de futebol);
- g) Modo de coleta da amostra simples — caminhar em ziguezague pelo terreno colocando o solo num recipiente limpo (balde de 5 L –10 L ou saco plástico resistente) para evitar contaminação por outros produtos. Não utilizar sacos de adubo ou de ração, vasilhames enferrujados, bem como outros que possam contaminar a amostra e mascarar o resultado da análise. Posteriormente essas amostras serão misturadas para se retirar apenas uma (composta) que será enviada ao laboratório. A amostra composta dever ter aproximadamente de 200 g a 400 g;
- h) Profundidade de coleta da amostra simples — para plantas anuais ou de pequeno porte como milho, feijão, soja, hortaliças, pastagem, ornamentais de pequeno porte e afins, a coleta deve ser feita nos primeiros 20 cm (0 cm – 20 cm). Nos locais escolhidos devem-se remover as folhas, ramos ou galhos da superfície antes da coleta. Para plantas perenes (fruticultura, café, reflorestamento, ornamentais de grande porte) coletar nas profundidades de 0 cm - 20 cm, 20 cm - 40 cm e 40 cm - 60 cm, pois o sistema radicular destas plantas explora um volume maior de solo, alcançando grandes profundidades.
- i) Não se devem misturar as diferentes profundidades. Quando a cultura/planta perene já estiver plantada, a amostragem deve ser feita na área da projeção da copa, isto é, a área da sombra da copa que se forma ao meio dia. Também coletar entre as linhas de plantio;
- j) Identificação da amostra — as seguintes informações devem ser anotadas: nome do proprietário; data e local da amostragem: (estado, município, nome da propriedade, gleba, canteiro, etc); número da amostra; profundidade de coleta; tamanho da área amostrada (m², hectare); relevo (encosta, terra plana, alto do morro, várzea ou baixada);
- k) Frequência de análise — as análises podem ser feitas uma vez por ano, sempre com pelo menos dois a três meses antes do plantio.

As Figuras 6.53 e 6.54 mostram detalhes da coleta de solo e algumas ferramentas utilizadas (enxada, trado holandês, pá, colher de pedreiro e de jardinagem).



Figuras 6.53 e 6.54 – Detalhe da coleta de amostras de solo em área rural para análise da fertilidade (esq.) e algumas ferramentas – enxada, trado holandês, pá, colher de pedreiro e de jardinagem (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3.2 Preparo do solo e plantio

A forma como o solo é preparado para o plantio é muito importante para o controle da erosão. Quando o preparo e plantio são feitos no sentido morro abaixo, a erosão é muito maior, pois, desse jeito, a água da chuva, ao “descer” o morro pelos canais e sulcos que surgem no terreno, ganha velocidade e forma a enxurrada que arrasta o solo, os adubos, as sementes e mudas (Figuras 6.55 e 6.56).



Figuras 6.55 e 6.56 – Detalhes do preparo do solo e plantio no sentido “morro abaixo” expondo o solo à ação da enxurrada e erosão.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

A maneira correta, ou o sentido certo, de preparar o solo, fazer o plantio e realizar os tratos culturais na lavoura é seguir as curvas de nível no terreno, ou seja, mais ou menos horizontalmente, e não de cima para baixo.

Curva de nível em um terreno declivoso corresponde às linhas imaginárias que podem ser traçadas aproximadamente paralelas ao topo ou base de uma encosta.

É como se fossem os caminhos que os bois e vacas percorrem quando estão andando lateralmente em um morro.

Caso o terreno seja muito inclinado e o trator não possa trafegar de lado, pois pode tombar, deve-se utilizar a tração animal (uso de bois e cavalos para puxar os implementos agrícolas). Sempre que possível, utilizar o sistema de plantio direto das mudas ou sementes em sulcos ou covas sobre a palhada da cultura anterior, ou do mato seco, em vez de revolver o solo com trator e enxada (Figuras 6.57 a 6.62).



Figuras 6.57 e 6.58 – Preparo do solo (aração) com tração mecânica seguindo as curvas de nível.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.59 e 6.60 – Detalhes do preparo de solo (esq.) e construção de terraço em curva de nível utilizando tração animal – junta de bois (dir.).

Fotos: José Ronaldo Macedo.



Figuras 6.61 e 6.62 – Lavoura sem nível de cana-de-açúcar (esq.) e de café (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3.3 Adubação verde

A adubação verde pode ser conceituada como o manejo de plantas visando à melhoria ou à manutenção da capacidade produtiva do solo. Esse conceito abrange a tradicional prática de incorporação de leguminosas, como também a utilização de outras espécies vegetais, em rotação ou não, para cobertura do solo ou incorporação. Quando a rotação é feita utilizando-se leguminosas como cultura principal ou na forma de adubo verde, consegue-se, ainda, incorporar nitrogênio ao sistema de plantio, reduzindo os custos com fertilizantes nitrogenados. As gramíneas, com seu sistema radicular abundante, contribuem para estruturar o solo ao mesmo tempo em que aumenta o aporte de matéria orgânica abaixo da superfície (SANTA CATARINA, 1994).

Atualmente, o conceito de adubação verde não se resume, apenas, à incorporação da massa produzida, já que é considerada também como participante do processo de conservação de solo através da prática de rotação de cultura, sucessão ou consorciação, sendo deixada na superfície do solo sem incorporação. Desse modo visa-se proteger o solo contra as variações de temperatura, impacto direto da gota da chuva e ação dos ventos. Nesse contexto, a adubação verde entra no planejamento conservacionista da propriedade.

Como exemplo de plantas tem-se: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), mucuna-cinza (*Mucuna cinerium*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *ochroleuca*, *paulina* e *spectabilis*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-de-porco (*C. ensiformis*), estilosantes (*Stylosanthes guianensis*), ervilhaca (*Vicia sativa*), tremçoço branco (*Lupinus albus*) e aveia preta (*Avena strigosa*). Nas figuras 6.63 a 6.66 são mostradas detalhes da prática de adubação verde.



Figuras 6.63 e 6.64 – Área no Rio Grande do Norte plantada com leguminosas para adubação verde: antes (esq.) e após a incorporação (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.65 e 6.66 – Área em Santa Catarina plantada com gramíneas (aveia preta) para adubação verde. Foto da direita mostra o início da incorporação.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3.4 Rotação de culturas

Corresponde à alternância do plantio de culturas diferentes, uma após a outra na mesma área, fazendo com que o solo não esgote facilmente, ajudando na proteção contra a erosão e reduzindo a incidência de pragas e doenças (Figuras 6.67 e 6.68). De forma contrária (quando se costuma plantar a mesma cultura, durante muito tempo na mesma área), a prática conhecida como monocultura pode causar um desequilíbrio biológico, ocasionando o surgimento de pragas e doenças.



Figuras 6.67 e 6.68 – Rotações de culturas de soja com algodão (esq.) e de soja com milho (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3.5 Compostagem

Os resíduos de origem vegetal e animal contêm apreciáveis quantidades de nutrientes, que podem ser aproveitados através de processamento simples, como a compostagem, possível de ser realizada pelo produtor na propriedade.

A compostagem é o processo de decomposição aeróbia dos resíduos orgânicos, produzindo húmus. Os dejetos animais, ricos em nitrogênio, podem ser compostados

de forma exclusiva ou combinada com outros materiais de elevada relação carbono/nitrogênio, como palhadas, bagaços de frutas, serragem etc.

As principais condições para a decomposição efetiva são a qualidade e o tamanho das partículas do material usado, o teor de umidade, a temperatura, a presença de oxigênio, nitrogênio e carbono em proporções adequadas e pH. Aprofundamento do conhecimento em compostagem pode ser obtido em Inácio & Miller(2009).

6.6.3.6 Controle de queimadas

A queima da vegetação é uma prática utilizada a milhares de anos e, infelizmente, ainda bastante usada por grande parte dos produtores rurais. Esse tipo de prática é prejudicial ao solo, pois destrói a matéria orgânica, mata a flora microbiana, dificulta a infiltração da água nas áreas cobertas pelas cinzas e concorre para diminuir a porosidade do solo, provocando a erosão (NEVES, 2012). Recomendações tecnológicas mais detalhadas para reduzir o uso do fogo na área rural podem ser obtidas em Embrapa (2013) e Neves (2012). A seguir é apresentado um resumo das principais:

- a) Fazer a análise do solo para nortear a correção do pH e adubação;
- b) Uso de práticas conservacionistas;
- c) Recuperação de pastagens degradadas;
- d) Diversificação de forrageiras;
- e) Sistema Plantio Direto;
- f) Controle de pragas e doenças (plantas e animais);
- g) Sistemas agroflorestais;
- h) Sistema Integração Lavoura-Pecuária- Floresta;
- i) Zoneamentos;

Segundo Embrapa (2013) e Neves (2012), caso seja necessário realizar uma queimada na agricultura, são necessários os seguintes passos para que sua realização seja menos prejudicial ao solo;

- a) Adquirir autorização prévia do IBAMA;
- b) Fazer aceiros entre pastos e fazendas (com 2 m a 3 m de largura);
- c) Fazer aceiros junto às matas ciliares, às margens dos rios, dos açudes e dos riachos;

- d) Usar fogo de forma branda, com sol frio ou à noite, quando o vento estiver calmo;
- e) Avisar aos vizinhos sobre a queimada que vai realizar.

6.6.4 Práticas mecânicas

Tem como objetivo evitar o escoamento da água da chuva pelo terreno, chamado de enxurrada, conduzindo o excesso de água por meio de terraços ou valetas, para locais protegidos com vegetação, como as bacias de retenção, onde será armazenada até sua infiltração, evaporação ou, ainda, ser utilizada por animais. É importante que os sulcos do terreno sejam eliminados através do processo de sistematização, para a regularização da superfície do solo (Figuras 6.69 e 6.70).



Figuras 6.69 e 6.70 – Detalhes da sistematização do terreno eliminando os sulcos no solo.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.4.1 Terraço

É uma estrutura de terra construída em nível ou com pequeno caimento, constituída de camalhão ou murundu e uma valeta na sua parte anterior. Ele serve para reduzir a velocidade da água que escorre no terreno e direcioná-la para canais escoadouros e as bacias de contenção. Os terraços são construídos ao longo do terreno em espaçamento que depende do tipo de solo, declividade, tipo de uso, entre outros fatores (Figuras 6.71 e 6.72).



Figuras 6.71 e 6.72 – Detalhes de terraços para redução da água da chuva que escorre pelo terreno.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Os terraços e os cordões vegetados são utilizados justamente para reduzir a distância que a enxurrada percorre numa encosta e, portanto, a ocorrência da erosão no terreno, conforme mostrado na figura 6.73, onde as três linhas verticais no centro da figura corresponderiam ao local onde os terraços e/ou cordões vegetados seriam implantados. Observa-se que as perdas de solo são reduzidas significativamente à medida que se reduz o espaço percorrido pela enxurrada ao descer a rampa.

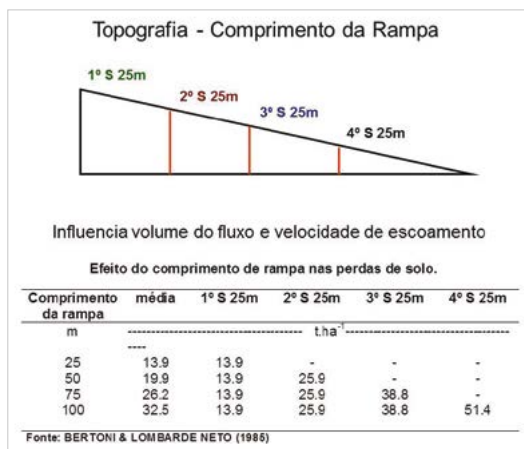


Figura 6.73 — Influência de barreiras nas encostas visando evitar/reduzir a enxurrada e consequente redução de perda de solo.

Fonte: adaptado de Bertoni e Lombarde Neto (1985).

6.6.4.2 Valetas

São estruturas cavadas na terra e instaladas em locais mais declivosos, onde não é possível construir os terraços, para “segurar” a água que escorre pelo terreno (Figuras 6.74, 6.75 e 6.76).



Figura 6.74 — Valeta aberta na terra para reduzir a velocidade da água da chuva.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.75 e 6.76 — Valetas abertas na terra para reduzir a velocidade da água da chuva que escorre pelo terreno. Cafezal (esq.) e lavoura de tomate de mesa (dir.), no Rio de Janeiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.4.3 Cordão de pedra

É também uma prática adaptada à pequena propriedade com pedras soltas aflorando à superfície, onde as pedras vão sendo empilhadas em nível. Além de ajudar no controle da erosão, reduz a velocidade de escoamento das águas das chuvas e possibilita o aproveitamento da área, antes cheia de pedras.

6.6.4.4 Bacias de retenção

São estruturas de terra, cavadas no chão, no formato circular ou de “meia lua”, com a finalidade de armazenar a água da chuva que não infiltra no solo e escorre pelo terreno e/ou é conduzida pelos terraços. Funcionam como açudes temporários, isto é, normalmente a água fica armazenada por pouco tempo até infiltrar no solo ou evaporar. As bacias de retenção são construídas de forma a receber a água proveniente dos terraços e por isso estão localizadas comumente no final deles (Figuras 6.77 e 6.78).



Figuras 6.77 e 6.78 — Bacias de retenção da água da chuva que escorre pelo terreno ou são conduzidas pelos terraços.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.4.5 Barraginhas

O Sistema Barraginhas consiste em dotar as áreas de pastagens, as lavouras e as beiras de estradas, onde ocorram enxurradas, de vários miniaçudes distribuídos na propriedade, de modo que cada uma retenha a água, evitando erosões e amenizando as enchentes. Ao reter a água de uma chuva intensa, as barraginhas darão tempo para que haja a infiltração no solo, recarregando o lençol freático local (BARROS, 2000). As Figuras 6.79 e 6.80 mostram detalhes de barraginhas em área de pastagem.



Figuras 6.79 e 6.80 – Visão geral das barraginhas instaladas e distribuídas ao longo do terreno em área de pastagem (esq.) e em detalhe (dir.).

Fotos: Maria Sônia Lopes da Silva.

6.6.4.6 Paliçadas

São estruturas que visam reduzir a velocidade de escoamento da água da chuva no interior de sulcos e voçorocas, assim como na superfície do terreno. Podem ser construídas com madeira (bambu, ripas de madeira, galhos de árvores), pneus, sacos de terra, ou pedras (Figuras 6.81 a 6.84).



Figuras 6.81 e 6.82 – Paliçada de bambu em voçorocas retendo a enxurrada (esq.) e de saco de terra associado com bambu em início de revegetação (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche (esq.) e Adoildo da Silva Melo (dir.).



Figuras 6.83 e 6.84 – Paliçadas de bambu em encostas íngremes que apresentam voçorocas.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche (esq.) e Adoildo da Silva Melo (dir.).

6.6.4.7 Escadas ou canaletas de dissipação

São estruturas de alvenaria, sacos com solo/cimento ou bambu que servem para conduzir, com pouca velocidade, a água da enxurrada da parte alta dos taludes para baixo, sem causar erosão (Figuras 6.85, 6.86 e 6.87).



Figuras 6.85 e 6.86 – Canaleta de cimento (esq.) e de bambu (dir.) para desviar a água em taludes.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche (esq.) e Adoildo da Silva Melo (dir.).



Figura 6.87 – Canaleta na parte de cima do talude de contenção e escada de dissipação de cimento nas laterais para desviar e conduzir a água da chuva e reduzir sua velocidade.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

Recomendação importante: as práticas conservacionistas devem ser empregadas sempre em conjunto e nunca separadamente, pois uma complementa a ação da outra.

Especificações técnicas e metodologia para a determinação da declividade de um terreno e a locação das curvas de nível e terraços, bem como o espaçamento entre eles, estão descritos em detalhes em Macedo et al. (2009).

6.6.4.8 Locação de estradas e caminhos

Um dos principais fatores causadores de erosão nas áreas agrícolas são as estradas vicinais, tão importantes no escoamento da produção. A má locação dessas estradas é responsável, muitas vezes, pelos mais graves problemas de erosão, pois faz com que a água da enxurrada acumule em determinados pontos e em grande volume, ganhando velocidade, o que aumenta o seu potencial erosivo, conforme observado nas Figuras 6.88 e 6.89.



Figuras 6.88 e 6.89 — Detalhes da erosão em estrada rural ocasionada pela drenagem superficial deficiente.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

As estradas devem ser localizadas procurando acompanhar os espigões ou ser construídas de maneira a ficarem com declives suaves. No caso de construção perpendicular aos espigões, os terraços (quando existirem) devem ser respeitados, acompanhando as elevações dos camalhões (Figura 6.90).



Figura 6.90 — Detalhe de terraço acompanhando o declive, desviando a água da estrada para a área do lado direito, de forma que a enxurrada seja distribuída pela superfície do terreno que apresenta pequena declividade.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

Em terrenos com declividade mais acentuada ou em grandes pendentes, recomenda-se, ainda, a construção de bacias de retenção laterais, que têm a função de segurar a água que escorre na estrada, conforme mostrado na Figura 6.91. A associação de ambas tecnologias numa mesma área pode ser vista na Figura 6.92, com os terraços acompanhando a estrada e associados com a bacia de retenção lateral.



Figura 6.91 — Bacia de retenção em área de pastagem para captar a água da enxurrada desviada da estrada.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.



Figura 6.92 — Bacia de retenção em área de lavoura para captar a água da enxurrada desviada da estrada e conduzida pelo terraço.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.7 Sistemas de produção

Sistema de produção pode ser definido como uma prática agrícola que emprega os conceitos conservacionistas na condução da atividade agropecuária (agricultura, pecuária e/ou silvicultura). Ele tem por base a produção agropecuária e florestal sustentável. Como exemplo citam-se os seguintes sistemas:

- a) Sistema Integração Lavoura / Pecuária / Floresta (ILPF) — integra o cultivo de lavouras anuais ou perenes com a criação de animais (bovino, equino, ovino, caprino, entre outros) e a silvicultura. A integração pode ocorrer

abrangendo todas as 3 atividades (cultivos/criação/floresta), ou entre apenas duas delas;

- b) Sistema Agroflorestal (SAF) – também integram todas as atividades, mas com um caráter mais voltado para atender a agricultura familiar;
- c) Sistema Plantio Direto (SPD) – pode ser utilizado para a produção de grãos, oleaginosas, fibras, hortaliças e olerícolas, em rotação de culturas ou em conjunto com pastagens, fruticultura, hortaliças e silvicultura;
- d) Sistema Tomatec (Sistema de Produção de Tomate de Mesa Ecologicamente Cultivado) – utiliza um conjunto de práticas de manejo do solo, irrigação, adubação, condução das plantas, controle de pragas e doenças, manejo adequado de agrotóxicos e proteção física dos frutos (ensacamento), visando produzi-los sem resíduos de agrotóxicos.

Nas Figuras 6.93 a 6.102 são exemplificados os sistemas citados:



Figuras 6.93 e 6.94 – Sistema ILP – lavoura/pecuária, onde se observa a integração do plantio de milho e pastagem (esq.) e fruticultura e pastagem (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.95 e 6.96 – Sistema IPF – pecuária/floresta, onde se observa a integração do plantio de espécies arbóreas com pastagem.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.97 e 6.98 – Sistema SAF, onde se observa a integração do plantio de espécies arbóreas com culturas perenes e anuais (palmito, banana, coco, mandioca, café).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.99 e 6.100 – Sistema Plantio Direto, onde se observa, à esquerda, imagem do plantio de soja sobre palhada de pastagem e, à direita, plantio de milho sobre restos de cultura anterior de milheto.

Fotos: Sérgio Gomes Tosto (esq.) e Cláudio Lucas Capeche (dir.).



Figuras 6.101 e 6.102 – Sistema Tomatec, mostrando as plantas conduzidas na vertical com o ensacamento das pencas.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche (esq.) e Adoildo da Silva Melo (dir.).

6.8 Recuperação de áreas degradadas com voçorocas

A voçoroca é um tipo de erosão que provoca grande perda de solo. Ela é causada, em geral, pela concentração de um grande volume de água em determinado ponto do terreno, que serve de ponto de escoamento da água (Figura 6.103).

O grau de formação e o tamanho da voçoroca variam conforme vários fatores locais: tipo de solo, relevo (declividade da área), vegetação, manejo que é dado ao solo (sistema de plantio e condução da área) etc. Sua evolução pode variar de meses a anos.



Figura 6.103 — Vista geral de uma voçoroca no Estado de Mato Grosso.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.8.1 Tecnologias para a Recuperação e Controle

Existem muitas técnicas para controlar a evolução do processo erosivo de voçorocamento e recuperar algumas funcionalidades do ambiente degradado. Essas práticas devem ser realizadas no seu conjunto, pois o uso reduzido ou simplificado delas também leva a efeitos benéficos reduzidos.

6.8.1.1 Isolamento da voçoroca

O isolamento deve ser feito cercando o seu entorno para evitar o acesso de animais que poderiam pisotear o local e comer as plantas utilizadas na revegetação e também para evitar acidentes com pessoas e animais.

6.8.1.2 Ordenamento do escoamento da água da chuva no solo

O mais importante na recuperação de uma voçoroca é evitar que a água da chuva, que escorre sobre o solo, continue sendo direcionada para o interior da voçoroca, provocando o processo de desbarrancamento das suas paredes. Isso é feito

construindo ao redor da voçoroca barreiras físicas para desviar a enxurrada, como terraços, valetas, paliçadas etc.

Essas barreiras retiram a água que seria direcionada para a voçoroca, desviando-a para outras áreas protegidas (grotas vegetadas, áreas de capineira, bacias de retenção). O desnível dos terraços e valetas para o escoamento da enxurrada não pode ser forte e deve ser vegetado (Figuras 6.104 e 6.105).

Caso o volume de água desviada pelos terraços e valetas seja muito grande, devem-se construir bacias de captação ao longo do terraço ou em seu final, para retenção dessa água, até ela infiltrar no solo ou evaporar (Figuras 6.106 e 6.107). O número de terraços e bacias, bem como seus espaçamentos, irá depender do tamanho e declividade do terreno a ser protegido.



Figuras 6.104 e 6.105 – Detalhe de terraço recém-construído (esq.) e vegetado com capim-vetiver (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.106 e 6.107 – Bacias de retenção para armazenamento da água da chuva que escorre pelo terraço.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Na Figura 6.198 (imagem de satélite) pode ser observada a localização de terraços e bacias de retenção numa área agrícola no Estado do Mato Grosso.



Figura 6.108 — Imagem de satélite onde aparecem terraços e bacias de retenção ao redor de uma voçoroca e ao longo da estrada (parte inferior da imagem) em área de plantio no Estado do Mato Grosso.

Fonte: adaptado de Google Earth (2010).

6.8.1.3 Suavização da inclinação das bordas

Deve ser feita também uma adequação da inclinação das paredes da voçoroca de modo que elas fiquem com uma conformação de talude. Isso permite o plantio da vegetação recomendada e, dessa forma, a voçoroca pode ser revegetada (Figuras 6.109 e 6.110).



Figuras 6.109 e 6.110 — Detalhes da suavização das paredes da voçoroca.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.8.1.4 Paliçadas e drenos

Dentro da voçoroca podem ser colocados obstáculos, chamados de paliçadas, nos caminhos preferenciais da enxurrada, de maneira a reduzir sua velocidade de escoamento. Aos poucos a paliçada irá acumulando terra trazida pela enxurrada

dentro da voçoroca, mantendo-a no próprio local, ao invés de o solo ir parar em rios, açudes, etc (Figuras 6.111 e 6.112).



Figuras 6.111 e 6.112 – Paliçadas no interior de voçoroca para reduzir a velocidade da enxurrada e reter sedimentos.

Fotos: Adoildo da Silva Melo.

Pode ser utilizado qualquer tipo de material na confecção das paliçadas, desde que não provoque danos ambientais (lixo e resíduos tóxicos), além dos já causados pela erosão. Por exemplo, não jogar lixo urbano, o que causaria contaminação de mananciais d'água. Podem-se colocar, entretanto, entulho de obras, pneus, sacos de terra, galhos de árvore, pedras etc, aproveitando o que estiver mais próximo. Pode-se, também, de preferência, combinar o uso desses materiais.

Caso ocorra o aparecimento do lençol freático (surgência da água que parece uma nascente), no interior e base da voçoroca deve ser implantado um dreno para facilitar o escoamento dessa água e evitar que ocorra o solapamento ou desmoronamento da parede da voçoroca. A opção de se colocar manilhas e aterrar também é possível, mas necessita de um acompanhamento técnico e levantamento dos custos.

6.8.1.5 Revegetação da voçoroca

As práticas citadas anteriormente ajudam a combater apenas um dos fatores que causam a erosão: o escoamento superficial da água da chuva. Outro fator muito importante é o impacto da gota da chuva na superfície do solo, que provoca a desagregação e redução do tamanho dos torrões do solo, facilitando, assim, o carregamento pela enxurrada. O solo deve, portanto, estar coberto com algum tipo de vegetação que impeça o impacto da gota na superfície.

É recomendado fazer a análise de fertilidade do solo ao redor da voçoroca para determinar o nível de nutrientes disponível para as plantas. Dentro da voçoroca não há necessidade da análise do solo, pois, normalmente já é conhecido que o solo apresenta péssimas características de fertilidade.

Uma recomendação básica para a adubação das covas dentro da voçoroca é aplicar os adubos no fundo da cova, que deve ter pelo menos 40 cm x 40 cm x 40 cm, e misturá-los ao substrato (solo) local. A composição da mistura deverá ser a seguinte:

- 3 kg de esterco de curral ($\pm$ uma pá cheia) ou 1kg de cama de aviário bem curtido;
- 100 g de calcário dolomítico (100% PRNT);
- 80 g de P205;
- 40 g de K20;
- 10 g de micronutrientes (FTE BR 12).

Na revegetação da área ao redor e dentro da voçoroca poderão ser utilizadas espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, preferencialmente as conhecidas como leguminosas, que formam uma simbiose em suas raízes com bactérias e fungos, permitindo que obtenham nutrientes do solo e do ar, independentemente de aplicação contínua de fertilizantes, pelo processo conhecido como *fixação biológica de nitrogênio*. Outras espécies vegetais também poderão ser utilizadas, como as gramíneas, principalmente o capim-vetiver. Dependendo do estado de degradação do solo, o crescimento vegetal terá maior ou menor velocidade. A Figura 6.113 mostra detalhe da vegetação arbórea crescendo no interior de uma voçoroca em MG.



Figura 6.113 — Vegetação arbórea dentro de voçoroca em recuperação, em MG.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

A Figura 6.114 apresenta o modelo esquemático dos procedimentos recomendados, citados anteriormente, para a recuperação de uma voçoroca.



Figura 6.114 – Esquema representativo dos procedimentos para a recuperação de voçoroca.

Ilustração: Cláudio Lucas Capeche.

6.9 Convivência com a seca

O semiárido brasileiro é uma região específica, diferente das outras regiões do Brasil, exigindo conhecimentos e tecnologias que atendam às suas especificidades, para chegar a uma situação social, política e economicamente segura que garanta a sustentabilidade da agricultura familiar. Segundo dados oficiais do Ministério da Integração, esta região abrange uma área de 969.589,4 km² e compreende 1.133 municípios de nove estados do Brasil: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. A Figura 6.115 mostra os limites geográficos do Semiárido Nordestino (IBGE, 2013).



Figura 6.115 – Limites geográficos do semiárido nordestino.

Fonte: IBGE (2013).

Com chuvas irregulares – no tempo e no espaço – o ambiente exige do produtor rural conhecimentos e cuidados especiais no manejo correto do solo, da água, dos rebanhos e dos vegetais. O solo deve ser protegido contra a erosão e a salinização, provocadas naturalmente ou por práticas rurais incorretas. A água, escassa, deve ser armazenada de várias formas, na superfície e no interior do solo, protegida contra a poluição e usada com parcimônia por homens, plantas e animais. Estes, associando rusticidade e produtividade, devem ser criados na quantidade adequada à disponibilidade de recursos da propriedade rural. Os vegetais devem ser explorados corretamente, de forma a atenderem às necessidades dos animais e do próprio homem.

No semiárido, as estiagens são inevitáveis, um fenômeno antigo. A cobertura vegetal do solo, denominada de Caatinga pelos primeiros habitantes, que significa “mata branca”, comprova que os índios já observavam que, devido à falta de água, as plantas perdiam o verde em determinadas épocas do ano. Saber como manejar com equilíbrio os recursos locais, principalmente durante as maiores adversidades, é o grande desafio (NEVES *et al.*, 2012).

Devido à irregularidade das chuvas, os agricultores do semiárido estão sempre enfrentando riscos de perdas totais ou parciais de suas lavouras. Para vencer essas limitações, é imprescindível que se aumente a eficiência do aproveitamento das chuvas que caem nos agroecossistemas. Este aumento da eficiência pode ser conseguido pela combinação do uso de técnicas de captação de água de chuva com a escolha de cultivos apropriados de baixa exigência hídrica (PORTO *et al.*, 2006).

Estudos desenvolvidos em regiões áridas e semiáridas do mundo enfatizam a necessidade de se armazenar água, principalmente no subsolo, aproveitando as técnicas antigas usadas por pequenos agricultores e, atualmente, avaliadas e adaptadas para outras regiões agroecológicas, visando ao suprimento de água no meio rural (SILVA & PORTO, 1982).

6.9.1 Alternativas mecânicas

Entre as alternativas conservacionistas mecânicas recomendadas para esse fim cita-se, além das anteriormente referidas (terraços, bacias e barraginhas, sistematização do solo), o uso do barramento com pedras em curvas de nível, o barramento assoreador e a barragem subterrânea.

6.9.1.1 Barramento com pedras

O barramento com pedras consiste na disposição ordenadas de pedras (rochas) soltas espalhadas pelo terreno em declive, seguindo as curvas de nível, principalmente nas áreas de ocorrência da Caatinga, visando formar barreiras naturais que impeçam o escoamento desordenado da enxurrada, durante o período chuvoso. Esses cordões de pedra, na forma de camalhão ou renques, têm a mesma função dos terraços e cordões vegetados. Com o passar do tempo, os sedimentos retidos por estes “cordões” formam patamares naturais. Dessa forma se reduz a erosão e se possibilita maior infiltração de água no solo (Figuras 6.116 e 6.117).



Figuras 6.116 e 6.117 – Imagens do barramento com pedras distribuídas em nível no terreno (esq.) e detalhe dos sedimentos retidos junto ao renque de pedras (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche

O espaçamento entre os renques em nível varia conforme o declive, tipo de solo, sistema de produção e tipo de uso – culturas anuais, perenes ou pastagem/reflorestamento, sendo comum variar de 15 m – culturas anuais, terreno declivoso e solos mais arenosos e textura média até 50 m (pastagem, reflorestamento e solos mais argilosos e bem estruturados) (NEVES et al., 2012).

6.9.1.2 Barramento assoreador

A tecnologia consiste na construção de barramentos horizontais (em forma de “arco-romano”) construídos em pedras soltas e mantendo sua curvatura contra a vazão das águas, em períodos de chuva. Localizados ao longo de rios ou riachos temporários, bem como locais com concentração de enxurrada, esses barramentos são capazes de reduzir o impacto gerado pela velocidade do escoamento, possibilitando a retenção de grande parte de material que desce das vertentes nas enxurradas, como cascalhos, material orgânico, silte, entre outros (Figuras 6.118 e 6.119) (NEVES et al., 2012).



Figuras 6.118 e 6.119 — Detalhes da retenção de sedimentos por um barramento assoreador, em um local de concentração de enxurrada no Rio Grande do Norte.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Essas duas tecnologias, se bem adotadas, além de controlar o assoreamento, poderão servir para acumular água (na superfície e no subsolo), durante períodos variáveis, para uso de culturas, animais e população; além de manter mais elevado o lençol freático, alimentando, por mais tempo, poços, cacimbões, cacimbas e bebedouros na área (Figuras 6. 120 e 6.121).



Figuras 6.120 e 6.121 — Detalhes dos cordões/renques de pedra em nível associados ao barramento assoreador.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.9.1.3 Barragem subterrânea

Com grande importância para a agricultura familiar, a barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica que contribui para a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem. Ela tem a função de barrar (interceptar) a água da chuva que escoar na superfície e dentro do solo por meio de uma parede construída transversalmente à direção das águas (SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2007). Ou seja, trata-se de uma técnica para incrementar a disponibilidade de água no solo,

reduzindo os riscos da exploração agrícola, viabilizando a agricultura em pequenas e médias propriedades rurais.

A Figura 6.122 ilustra o esquema de funcionamento da barragem subterrânea. A água proveniente da chuva se infiltra lentamente, criando e/ou elevando o lençol freático, que será utilizado posteriormente pelas plantas. Esse barramento armazena água dentro do solo com perdas mínimas de umidade (evaporação lenta), mantendo o solo úmido por um período maior de tempo, até quase fim do período seco.

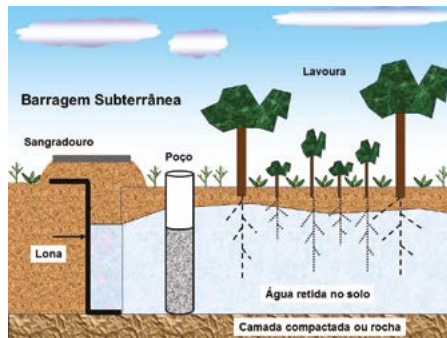


Figura 6.122 – Esquema representativo do funcionamento da barragem subterrânea.

Ilustração: Cláudio Lucas Capeche.

Nas figuras 6.123 a 6.128, imagens de barragens subterrâneas em fase de construção e em pleno uso com lavouras familiares.



Figuras 6.123 e 6.124 – Construção da BS com abertura da valeta cortando o leito do rio temporário (esq.); aplicação da lona plástica barradora do fluxo subsuperficial (dir.).

Fonte: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.125 e 6.126 – Aplicação da lona plástica barradora do fluxo subsuperficial (esq.); construção da cacimba e da BS com o sangradouro ao centro (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.127 e 6.128 – Detalhe da água represada superficialmente próximo ao sangradouro com a área de plantio mais à frente (esq.). Vista geral do plantio aproveitando a umidade da barragem subterrânea (dir.).

Fotos: Maria Sônia Lopes da Silva.

6.9.2 Alternativas vegetativas

As práticas vegetativas citadas anteriormente (cobertura viva e morta, cordões vegetados, quebra vento etc) devem respeitar as características climáticas e de solo da região. Segundo Neves et al. (2012) a vegetação do semiárido nordestino é rica em espécies forrageiras adaptadas às mais diversas condições de clima e solo. Estudos têm revelado que mais de 70% das espécies botânicas da Caatinga participam, significativamente, da composição da dieta dos ruminantes domésticos bovinos, caprinos e ovinos.

As plantas xerófilas (resistentes à seca), tais como palma forrageira, algarobeira, maniçoba, jureminha, flor-de-seda e feijão-bravo, entre outras, são consideradas como forrageiras de grande potencial para a pecuária. Araújo (2010) indica manejos

específicos de espécies florestais para o Rio Grande do Norte. Cactos nativos, macambira, catingueira, juazeiro e juazeiro, palma, entre outros, são grandes reservas estratégicas, por ocasião das secas. Nas Figuras 6.129 a 6.134 estão os detalhes de paisagens e vegetação características da região semiárida nordestina.



Figuras 6.129 e 6.130 – Detalhes da vegetação característica do semiárido brasileiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.131 e 6.132 – Detalhes da vegetação característica do semiárido brasileiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.133 e 6.134 – Detalhes da vegetação característica do semiárido brasileiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Em Lima et al. (2010), são apresentadas indicações de reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido como palma, feno e silagem. Essas reservas poderiam atender também à demanda de atividades relacionadas a fontes energéticas (lenha e carvão para setores caieiro, salineiro, cerâmico,

padarias etc), à construção civil (estacas, moirões, escoras), à recuperação de áreas degradadas, fonte de forragens, entre outras.

Segundo Neves et al. (2012), importância redobrada deve ser dada à conservação ou recuperação das matas ciliares, que representam o grupamento de árvores encontradas às margens de córregos, rios, açudes, lagoas, cacimbas, nascentes, entre outras fontes de água. A preservação da vegetação (e, se necessário, o reflorestamento) é de fundamental importância para proteger os solos localizados nas margens, por aumentar a sustentação mecânica dos barrancos pela presença das raízes.

As funções das matas ciliares são: controlar a erosão nas margens das fontes d'água, evitando o assoreamento dos mananciais; minimizar os efeitos das enchentes; manter o volume e a qualidade das águas e auxiliar na proteção da fauna e flora, entre outros.

Considerando-se as condições de solo e clima do Nordeste brasileiro, recomendam-se algumas espécies vegetais que poderiam ser utilizadas para restaurar ou reflorestar as margens, entre outros espaços desmatados, no todo ou em parte:

- a) Árvores e arbustos – canafístula cearense, aroeira, craibeira, ipê (pau d'arco), quixabeira, umbuzeiro, cajarana, cajá-umbu, catingueira, juazeiro, juazeiro, algarobeira, sabiá, mororó, jurema, feijão bravo, leucena, gliricídia, entre outras (preferencialmente vegetais xerófilos);
- b) Herbáceas – macambira, grama (capim) de burro, gramão, pangolão, paturá (patural), cunhã, capim touceira (do Ceará), e outros (preferencialmente vegetais xerófilos).

6.9.3 Alternativas edáficas

As alternativas edáficas (análise de fertilidade do solo, adubação verde, rotação de culturas, preparo do solo e plantio, controle de queimadas e compostagem) seguem as recomendações citadas no item relativo às Práticas Edáficas Conservacionistas.

Importante citar que, independentemente do uso do solo que se deseja fazer, o conhecimento da ocorrência dos diferentes tipos de solos e suas características edáficas é fundamental para nortear as atividades agropecuárias e florestais. Em Cunha et al. (2008), têm-se informações diversificadas das classes dos solos e suas distribuições na região do submédio do Vale do Rio São Francisco.

O entendimento dos tipos de solos que ocorrem na área a ser usada é importante para escolher o sistema de produção agropecuário e florestal e prevenir a salinização

das áreas agricultáveis causada pela precipitação dos sais solúveis na superfície ou no interior do solo. Para evitar que os sais se concentrem no solo, o uso da água de irrigação deve ser feito com base em critérios técnicos que englobem o conhecimento dos tipos de solos, das culturas e sistemas de irrigação. Visando orientar o uso e manejo sustentado da irrigação na Região Nordeste brasileira, a Embrapa Solos desenvolveu o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação – SiBCTI (AMARAL, 2011).

6.9.3.1 Resíduos orgânicos

Segundo o Projeto Caatinga Viva, no Estado do Rio Grande do Norte a biomassa oriunda, na sua maior parte de matas nativas, fornece energia para 35% do parque industrial do estado e é a sua segunda fonte de energia, com uma participação de 30% na matriz energética. Contudo, o desmatamento acelerado da Caatinga, feito com técnicas, rudimentares tem colocado em risco a sua biodiversidade e a sobrevivência de camadas da população que dependem do potencial de seus recursos naturais para sobreviverem.

A gestão do uso dos resíduos orgânicos vegetais e animais, sejam provenientes da lavoura ou dos processos agroindustriais, também tem sua relevância como boa prática agrícola, principalmente quando funciona como fonte de nutrientes e energia. Como exemplo, entre os diversos usos destes resíduos está a compostagem, geradora de fertilizantes orgânicos com amplo uso agrícola, principalmente junto à agricultura familiar. Nas Figuras 6.135 e 6.136 estão o exemplo de reaproveitamento dos resíduos orgânicos usando a compostagem para a produção de fertilizante orgânico.



Figuras 6.135 e 6.136 – Detalhes do processo de compostagem – formação da leira com resíduos vegetais e animais e composto pronto (esq.) e pilhas de compostagem a céu aberto (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Ainda, a produção de briquetes oriundos do aproveitamento de resíduos vegetais teria importante papel na redução da pressão sobre o corte e comercialização de vegetação nativa, que no caso da Região Nordeste tem atingido o Bioma Caatinga. Um bom exemplo, de aproveitamento energético dos resíduos vegetais para geração de energia sobretudo para as indústrias de cerâmica vermelha, seria produzir briquetes à base das folhas e talos secos da carnaubeira (*Copernicia prunifera*), conforme Tavares (2013).



Figuras 6.137 e 6.138 – Área de carnaubal com folhas colhidas para fabricação de cera (esq.) e detalhe de briquete produzido com resíduos de casca de arroz (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Benefícios ambientais e produtivos também são obtidos no reuso da água residuária das estações de tratamento de esgoto na irrigação, fornecendo umidade e nutrientes para espécies herbáceas (capim-elefante) e arbóreas (reflorestamento) destinadas ao uso energético. Nas Figuras 6.139 e 6.140, veem-se detalhes do aproveitamento da água residuária na produção de capim-elefante para uso na fabricação de briquetes na região do Baixo-Açu potiguar.



Figuras 6.139 e 6.140 – Imagens da estação de tratamento de esgotos da cidade de Pendências, RN (esq.), cuja água residuária é aproveitada para o cultivo agrícola de capim-elefante em área adjacente (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Outro bom exemplo de reuso da água em escala familiar no semiárido nordestino é a ação desenvolvida pelo Projeto Dom Hélder Câmara, com recursos do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) – a água que sai das torneiras e do chuveiro segue para uma caixa coletora (semelhante a uma caixa de gordura). Após um tratamento simples e natural, um cano conduz a água filtrada e fertilizada para ser armazenada no reservatório e usada na irrigação, com um sistema de gotejamento, em diversas culturas (NEVES et al., 2012).

O emprego das tecnologias de convivência com a seca se completa com o aproveitamento (captação, uso e descarte) da água da chuva por meio de sua coleta no telhado das casas, nos terreiros (de cimento ou lona) ou área vegetada (grama ou capim) e armazenamento em cisternas aéreas ou enterradas. Ou ainda, em condições emergenciais de seca extrema, abastecimento por caminhões-pipa. Nas Figuras 6.141 e 6.142, imagens dessas tecnologias.



Figuras 6.141 e 6.142 – Imagens da tecnologia de captação de água da chuva pelo telhado e armazenamento em cisternas de alvenaria.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.143 e 6.144 – Imagens da tecnologia de captação de água da chuva por terreiro cimentado e armazenamento em cisternas de alvenaria. À direita, detalhe de fornecimento emergencial de água por caminhão-pipa.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.9.4 Educação ambiental

A educação ambiental (EA) se baseia em processos nos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, atitudes, habilidades, interesse ativo e competência para a conservação do meio ambiente e a sustentabilidade rural e urbana (HAMMES, 2004). Ela tem se mostrado fundamental na sensibilização da população quanto aos impactos ambientais negativos constatados em nosso cotidiano como: poluição atmosférica e dos recursos hídricos, erosão do solo, queimadas, desmatamentos, perda da biodiversidade, enchentes e inundações, problemas sociais etc.

Segundo Capeche (2008), a sensibilização do público-alvo (agricultores, alunos, professores, educadores ambientais e/ou extensionistas) pode ser feita pelas instituições de pesquisa, de ensino ou por ONGs, utilizando ações de transferência de tecnologias (cursos, palestras, treinamentos, dias de campo) e atividades lúdicas e educativas em sala de aula e no campo. Também, por meio de eventos institucionais e de confraternização como feiras científicas, feiras de tecnologias agropecuárias, ações sociais e de cidadania, além de comemoração de datas comemorativas (Dias do Meio Ambiente, da Terra, da Água, da Árvore, do Índio, etc.).

É fundamental conseguir a motivação e o compromisso do público-alvo nas ações transformadoras que visam à produção agropecuária sustentável, à recuperação das áreas degradadas e à preservação ambiental. Capeche (2010) mostra que, através da construção e uso de um simulador de erosão portátil, a demonstração da dinâmica dos processos erosivos pode ser abordada de forma criativa e motivacional pelos professores e educadores ambientais. Nas Figuras 6.145 a 6.148 são mostradas algumas ações de educação ambiental e transferência de tecnologias.



Figuras 6.145 e 6.146 – Atividades de educação ambiental com alunos de escolas públicas (esq.) e dia de campo sobre plantio direto em hortaliças (dir.) – Rio de Janeiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.147 e 6.148 — Visitas de escola técnica agropecuária em Unidade Demonstrativa da Embrapa sobre recuperação de áreas degradadas no aeroporto do Galeão, RJ (esq.) e curso sobre manejo e conservação do solo e água no Município de Assú, RN (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, F. C. S. do. **Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação**: enfoque na região semiárida. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 164p.: il.

ARAUJO, M. de S. **Manejo de espécies florestais para produção de madeira, forragem e restauração de áreas degradadas**. Natal: EMPARN, 2010. 63 p. (Série circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, 5).

BAHIA, V. G.; CURI, N.; CARMO, D. N.; MARQUES, J. J. G. S. M. Fundamentos de erosão do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25–39. 1992.

BARROS, L. C. **Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 2).**

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**: embasamento técnico do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas. Campinas: CATI, 1994. v. 1. (CATI. Manual, 38).

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. de; DRUGOWICH, M.I.; ANDRADE, N. de O.; GALETI, P. A.; BELLINAZI JUNIOR, R.; DECHEN, S. C. F. **Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo**. In: CATI (Campinas, SP). Manual técnico de manejo e conservação do solo e água. Campinas, 1994. v.4 p. 1–65 (CATI. Manual, 41).

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990, 355p.

CAATINGA VIVA. **Projeto Caatinga Viva**. Disponível em: <<http://www.projetoCaatingaviva.com.br/index.php/o-projeto>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

CAPECHE, C. L. **Confecção de um simulador de erosão portátil para fins de educação ambiental**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 6p. (Embrapa Solo. Documentos, 116).

CAPECHE, C. L. **Educação ambiental tendo o solo como material didático: pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superfícies**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 6 p. (Embrapa Solos. Documentos, 123).

CAPECHE, C. L. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 6 p. il. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 51).

CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R. de; MELO, A. da S.; ANJOS, L. H. C. dos **Parâmetros técnicos relacionados ao manejo e conservação do solo, água e vegetação. perguntas e respostas**. Rio de Janeiro: CNPS, 2004. 16 p. (EMBRAPA-CNPS. Comunicado Técnico, 28).

CONSERVAÇÃO de solos e meio ambiente. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n. 176, 1992.

CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; CAVALCANTI, A. C. **Solos do submédio do vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2008. 60 p. ; 21 cm . (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 211).

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L. E.F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.

EDUCAÇÃO ambiental: como elaborar um projeto de educação ambiental: Rio de Janeiro: ALERI, [2000]. 20 p.

EMBRAPA. **Recomendações Tecnológicas para o uso do fogo na área rural**. Disponível em: <http://www.queimadas.cnpemembrapa.br/qmd_2000/cartilha.htm> Acesso em 14 de abr. 2013.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Práticas de conservação de solos**. Rio de Janeiro: 1980. 88 p. (SNLCS. Miscelânea, 3).

HAMMES, V. S. (Ed.). **Construção da proposta pedagógica**. 2. ed. São Paulo: Globo, 2004. v. 1 300 p. (Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável, 1).

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C. de; CASTRO FILHO, C. de; LANDERS, J. N. Erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 5, p. 47–60.

IBGE. **Semi-árido brasileiro**. [Rio de Janeiro], 2013. Disponível em: <<http://www.semiarido.org.br/UserFiles/20100312160234.pdf>> Acesso em: 10 abr. 2013.

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

LIMA, G. F. da C.; SILVA, J. G. M. da.; AGUIAR, E. M. de.; TELES, M. M. **Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, feno e silagem**. Natal: EMPARN, 2010. 53 p. (Série circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, 8).

MACEDO, J. R. de; CAPECHE, C. L.; MELO, A. da S. **Recomendações de manejo e conservação de solo e água**. Niterói: Programa Rio Rural, 2009. 45 p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico 20). Disponível em: <<http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/20%20Conservacao%20de%20solo.pdf>>.

MANZATTO, C. W.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 174 p.

NEVES, A. M. B.; NOBRE, F. V.; FONSECA, J. R.R.; BELCHIOR FILHO, V. (Org.) **O produtor rural e o Rio Grande do Norte semiárido**: sugestões para conviver melhor com as secas. Natal: Sebrae, 2012. 170 p.

NOBRE, F. V. **Meio ambiente**: problemas e soluções. Natal: EMPARN, 2007. 18 p. il. (Circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, 4; Negócios rurais em harmonia com o ambiente, 1).

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, [2008]. 35 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World Population Prospects**: The 2012 Revision, Key Findings and Advance Tables. [Nova Iorque], Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Working Paper No. ESA/P/WP.227, 2013.

PORTO, E. R.; BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. dos; SILVA, M. S. L. da; MOURA, M. S. B. de. **Formas de garantir água na seca**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. 48 p. il. (ABC da agricultura familiar, 13). Edição especial.

PRADO, R. B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de recursos hídricos**. 2004. 172. f. Tese (Doutorado) – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PRADO, R. B.; CAPECHE, C. L.; PIMENTA, T. S. **Capacitação para o programa de educação ambiental**: monitoramento da qualidade da água utilizando kits, na bacia hidrográfica do rio São Domingos–RJ. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. (Embrapa Solos. Documentos, 74).

CAATINGA VIVA. **Projeto Caatinga Viva**. Disponível em: <<http://www.projetoCaatingaviva.com.br/index.php/o-projeto>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65 p.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**: Projeto de Recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2. ed. rev. atual. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384 p.

SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa-SPI, 1997. 116 p.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1982. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 14).

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. L. de; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. **Barragem Subterrânea**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. 4 p. (Embrapa Semi-árido. Instruções Técnicas, 75).

SILVA, M. S. L. da; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B. dos; FERREIRA, G. B.; SANTOS, J. C. P. dos; OLIVEIRA NETO, M. B. de. **Barragem subterrânea: uma opção de sustentabilidade para a agricultura familiar do Semi-Árido do Brasil**. Recife: Embrapa Solos – UEP Recife, 2007. (Embrapa Solos. Circular Técnica 36).

TAVARES M. A. M. E. **Estudo da viabilidade da produção de briquete e seus possíveis impactos sobre o meio ambiente e o mercado de trabalho da região do Baixo-Açu, RN**. 245 f. Dissertação de Mestrado em Economia da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, fevereiro de 2013.

TAVARES, S. R. de L.; MELO, A. da S.; ANDRADE, A. G. de ; ROSSI, C. Q.; CAPECHE, C. L.; BALIEIRO, F. de C.; DONAGEMMA, G. K.; CHAER, G. M.; POLIDORO, J. C.; MACEDO, J. R. de; PRADO, R. B.; FERRAZ, R. P. D.; PIMENTA, T. S. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.: il. (Embrapa Solos. Documentos, 103).

O PLANETA pede água. **Jornal da UNESP**, v. 16. n. 158, 2001. Disponível em: <<http://www.unesp.br/aci/jornal/158/especial.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2013.