



# Documentos

ISSN 1518-4277 **30**  
Dezembro, 2003

Documentos 30

## Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas





**Embrapa**

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1518-4277

Dezembro, 2003

# **Documentos 30**

## **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**

Derli Prudente Santana

Sete Lagoas, MG  
2003



Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 km 45  
Caixa Postal 151  
35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31) 3779 1000  
Fax: (31) 3779 1088  
Home page: [www.cnpms.embrapa.br](http://www.cnpms.embrapa.br)  
E-mail: [sac@cnpms.embrapa.br](mailto:sac@cnpms.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Embrapa Milho e Sorgo**

Presidente: Ivan Cruz  
Secretário-Executivo: Frederico O.M. Durães  
Membros: Antônio Carlos de Oliveira, Arnaldo Ferreira da Silva, Carlos Roberto Casela, Fernando Tavares Fernandes e Paulo Afonso Viana

Supervisor editorial: José Heitor Vasconcellos  
Revisor de texto: Dilermando Lúcio de Oliveira  
Normalização bibliográfica: Maria Tereza Rocha Ferreira  
Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa  
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

**1ª edição**

1ª impressão (2003): 300 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Derli Prudente Santana  
Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas

Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.  
63p. (Embrapa Milho e Sorgo.Documentos, 30)

1. Bacias Hidrográficas - Manejo. I. Título. II. Série.

---

© Embrapa 2004



# Autor

Derli Prudente Santana

Rod. MG 424 km 65 - Cx. Postal 151  
35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31) 3779-1004 Fax: (31) 3779-1088







## Apresentação

As características da agricultura como atividade econômica são definidas por condicionantes de ordem ambiental e socioeconômica, que interagem no espaço agrícola. Por outro lado, as atividades do agricultor não são isoladas, ele trabalha com sistemas de produção e sua propriedade está inserida num contexto mais amplo, que são as bacias hidrográficas. Uma bacia hidrográfica é uma porção geográfica delimitada por divisores de água, englobando toda a área de drenagem de um curso d'água. É uma unidade geográfica natural e seus limites foram estabelecidos pelo escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo. É, portanto, o resultado da interação da água com outros recursos naturais.

Significativo percentual das áreas das bacias hidrográficas é constituído por espaço rural, pois as atividades agropecuárias são aquelas que ocupam maiores extensões de espaço geográfico. Os impactos gerados por essas atividades são de natureza tipicamente difusa, mas a utilização de uma bacia hidrográfica como unidade de estudo permite a pontualização desses problemas, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada. Assim, a bacia hidrográfica torna-se a unidade de trabalho ideal para o planejamento de exploração



que contemple a integração de recursos naturais e aspectos socioeconômicos, dentro de uma perspectiva de renda para o agricultor e de preservação ambiental.

Trata-se, portanto, de uma visão concreta para o desenvolvimento sustentado, aqui entendido como o uso dos recursos naturais para fins múltiplos e ocupação dos ecossistemas, observados seus respectivos limites de aptidão, atentando para a prevenção, correção e mitigação de prováveis impactos ambientais indesejáveis sob o ponto de vista econômico, social e ecológico. As medidas de manejo integrado de bacias hidrográficas devem transcender o enfoque puramente agrícola, refletindo uma visão de uso múltiplo do espaço rural.

Dentro dessa perspectiva, a abordagem aqui adotada procura integrar os aspectos ambientais, sociais, econômicos, políticos e culturais, com ênfase no primeiro pois a capacidade ambiental de dar suporte ao desenvolvimento é de primordial importância, uma vez que há sempre um limite a partir do qual todos os outros aspectos são inevitavelmente afetados. Em outras palavras, o planejamento do uso e a ocupação são condicionados pelas características de cada bacia.

Ivan Cruz  
Chefe Geral da Embrapa Milho e Sorgo



# Sumário

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>09</b>
<b>I. CONCEITOS BÁSICOS</b> .....	<b>10</b>
1. A água na natureza .....	10
2. O solo em perspectiva .....	15
3. A evolução da paisagem .....	23
4. Bacia de drenagem .....	25
<b>II. BACIAS HIDROGRÁFICAS</b> .....	<b>26</b>
1. Conceito .....	26
2. Hierarquia fluvial .....	30
3. Manejo integrado de bacias hidrográficas .....	33
4. Planejamento: elaboração de projeto técnico .....	39
5. Plano diretor .....	43
<b>III. ESTRATÉGIAS DE SUSTENTABILIDADE</b> .....	<b>44</b>
1. Adequação ambiental e econômica .....	44
2. Conservar solo e água .....	45
3. Agrodiversidade .....	47
4. Reduzir o uso de insumos .....	51
5. Uso racional da água .....	53
6. Adequação de estradas .....	57
7. Tratamento de esgotos .....	57
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>59</b>



# Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas

---

Derli Prudente Santana

## Introdução

As características da agricultura como atividade econômica são definidas por condicionantes de ordem ambiental e socioeconômica, que interagem no espaço agrícola. Por outro lado, as atividades do agricultor não são isoladas, ele trabalha com sistemas de produção e sua propriedade está inserida num contexto mais amplo, que são as bacias hidrográficas. Uma bacia hidrográfica é uma porção geográfica delimitada por divisores de água, englobando toda a área de drenagem de um curso d'água. É uma unidade geográfica natural e seus limites foram estabelecidos pelo escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo. É, portanto, o resultado da interação da água com outros recursos naturais.

Significativo percentual das áreas das bacias hidrográficas é constituído por espaço rural, pois as atividades agropecuárias são aquelas que ocupam maiores extensões de espaço geográfico. Os impactos gerados por essas atividades são de natureza tipicamente difusa, mas a utilização de uma bacia hidrográfica como unidade de estudo permite a pontualização desses problemas, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da



produção sustentada. Assim, a bacia hidrográfica torna-se a unidade de trabalho ideal para o planejamento de exploração que contemple a integração de recursos naturais e aspectos socioeconômicos, dentro de uma perspectiva de renda para o agricultor e de preservação ambiental.

Trata-se, portanto, de uma visão concreta para o desenvolvimento sustentado, aqui entendido como o uso dos recursos naturais para fins múltiplos e ocupação dos ecossistemas, observados seus respectivos limites de aptidão, atentando para a prevenção, correção e mitigação de prováveis impactos ambientais indesejáveis sob o ponto de vista econômico, social e ecológico. As medidas de manejo integrado de bacias hidrográficas devem transcender o enfoque puramente agrícola, refletindo uma visão de uso múltiplo do espaço rural.

Dentro dessa perspectiva, a abordagem aqui adotada procura integrar os aspectos ambientais, sociais, econômicos, políticos e culturais, com ênfase no primeiro pois a capacidade ambiental de dar suporte ao desenvolvimento é de primordial importância, uma vez que há sempre um limite a partir do qual todos os outros aspectos são inevitavelmente afetados. Em outras palavras, o planejamento do uso e a ocupação são condicionados pelas características de cada bacia.

Ivan Cruz - Chefe Geral Embrapa Milho e Sorgo

## I - CONCEITOS BÁSICOS

### 1 - A Água na Natureza

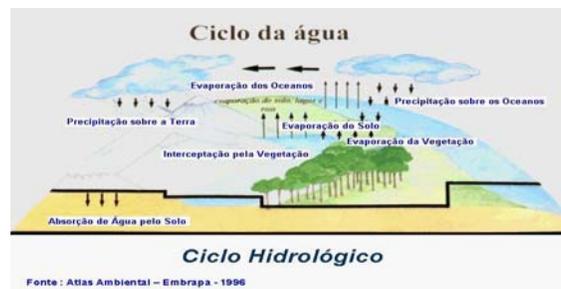
A água, nas formas líquida e sólida, cobre mais de dois terços de nosso planeta e, na forma gasosa, é constituinte da atmosfera terrestre. Sem água, não seria possível a vida como a conhecemos.

Ao observarmos uma suculenta laranja, a garapa de uma cana, uma melancia ou a água de um coco, temos exemplos da

participação da água na constituição e produção dos vegetais. Deve, entretanto, ser visto que, ao contrário dos açúcares, vitaminas, proteínas, gorduras e demais componentes químicos, resultantes das sínteses orgânicas realizadas pelos vegetais a partir da fotossíntese, a água e os sais minerais não são produzidos pelas plantas e sim retirados do meio ambiente onde elas vivem.

A água do solo é a principal fonte utilizada pelos vegetais, mas o solo, por sua vez, também não produz a água que cede às plantas. Fica, então, a pergunta: como ela foi obtida? As chuvas e a irrigação constituem as formas comuns de o solo receber a água que depois será cedida aos vegetais; mas aqui também comporta outra questão: de onde vem essa água?

É essencial ver a água na natureza como um todo, ou seja, todo o seu ciclo – o ciclo hidrológico (Figura 1). Tomando os mares como os receptores da água proveniente das geleiras e rios dos continentes, verifica-se que os mesmos cedem, através da evaporação, a água que irá dar origem a nuvens. O volume cedido pela evaporação, aproximadamente igual ao volume recebido dos rios e geleiras, explica o nível praticamente constante dos oceanos. As nuvens formadas, sujeitas à ação dos ventos, são levadas ao interior dos continentes e vão dar origem a chuvas que irrigam o solo, provendo a umidade necessária ao desenvolvimento dos vegetais.



**Figura 1.** O ciclo da água ou ciclo hidrológico (Atlas Ambiental – Embrapa, 1996).



Uma parte da água infiltrada no solo atravessa a região das raízes e vai mais fundo, até encontrar camadas impermeáveis, saturando os poros do solo e dando origem ao lençol freático. Tem início um lento movimento de água, através dos poros do solo, em direção às partes mais baixas, até que venha à superfície, dando origem às fontes. A água cristalina de uma nascente é, portanto, a chuva de meses, anos ou mesmo séculos passados que vem do solo para surgir na superfície. Os maiores rios nada mais são que a junção de afluentes formados por rios menores, advindos de ribeirões, provenientes de pequenos córregos, resultantes de regatos formados pela água de milhares de pequenas nascentes. Em resumo, os maiores rios são o somatório de milhões de fontes resultantes do movimento infundável da água no planeta.

Plantas, animais e mesmo o homem são partes integrantes do ciclo hidrológico: o uísque da Escócia, o champanhe francês, a água mineral do Circuito das Águas, de Minas Gerais, consumidos em uma festa, o que são no outro dia? Volume de esgoto, a caminho do mar, o eterno movimento da água. Portanto, não se fabrica água na natureza. Existe um volume constante em circulação através dos tempos, de um lugar para outro.

### **A Água e o Solo**

Há um momento de extrema importância na disponibilidade das águas para as plantas, animais e o homem: o que ocorre no instante da queda das chuvas.

Se a precipitação cai sobre solos possuidores de características favoráveis à infiltração (boa cobertura vegetal, com restos orgânicos na superfície, com altos teores de matéria orgânica, bem estruturados), os mesmos terão um reabastecimento na zona radicular adequado ao desenvolvimento das plantas (Antunes, 1992). O excesso de água não retido na zona radicular vai para as camadas profundas do solo, até atingir a região do lençol freático, reabastecendo-o.

A água do lençol freático, locomovendo-se sempre em direção às partes mais baixas, vai dar origem às fontes d'água e aos minadores dos brejos. A soma das vazões de milhares dessas nascentes, de águas límpidas e de qualidade superior, dá origem aos rios. Assim, o freático representa uma represa natural, invisível, com imensa superfície, comparável à da própria bacia hidrográfica, capaz de reter e liberar água sem ação erosiva, em vazões relativamente estáveis, quando devidamente reabastecido

Por outro lado, a situação é bem diferente quando as chuvas caem em solo desprovido de cobertura vegetal, como aqueles que sofrem queimadas e têm a superfície desnuda. Por ter prejudicada a sua capacidade de reter água na superfície e apresentar menor permeabilidade, parte da chuva escoar sobre o solo, dando origem às enxurradas. Portanto, se a superfície do solo perdeu a cobertura vegetal (desmatamento, queimadas, uso agrícola indevido), a chuva tem tendência ao escoamento superficial, em vez da infiltração.

As áreas desmatadas, as que sofreram terraplenagem, perdendo a cobertura vegetal protetora, e as que tiveram a proteção natural perdida por qualquer motivo estão sujeitas à ação devastadora da terrível dupla enxurrada-erosão, em que a primeira é a causa e a Segunda, o efeito. Ao contrário do movimento lento das águas infiltradas, de longa duração e movimentando águas límpidas, as enxurradas são de duração curta, mas de alta erosividade, com vazões caudalosas e águas barrentas, portadora dos sedimentos erodidos, causando enchentes que, embora de curta duração, deixam a terra ferida pela erosão nas partes altas e sedimentos e estragos, por onde ocorre sua passagem. Além da perda causada pela erosão e nas enchentes, o volume d'água escoado não contribui para as reservas do solo e, por consequência, as fontes vão ter a vazão comprometida, com reflexo na descarga dos cursos d'água por elas formados.



### Áreas de Recarga

Conforme mostrado, a água, ao se precipitar sob a forma de chuva, segue três caminhos: evapora-se, retornando à atmosfera; escorre superficialmente para os rios e lagos, infiltra-se no solo, nas camadas subsuperficiais ou nas camadas profundas. No primeiro caminho, incorpora-se à atmosfera, podendo formar novamente nuvens. No segundo caminho, aumenta as vazões dos rios, escoando pelos cursos até alcançar os oceanos. E, finalmente, seguindo o terceiro caminho, infiltra-se no solo, nas camadas subsuperficiais ou profundas, formando os lençóis superficiais e/ou subterrâneos.

As áreas de infiltração são conhecidas como áreas de recarga. O aumento da infiltração de água passa, fundamentalmente, pelas áreas de cobertura vegetal da bacia hidrográfica contribuinte. Portanto, é preciso ter uma boa cobertura vegetal nas partes mais altas do terreno, para que a água da chuva não escorra na forma de enxurrada, mas infiltre, emergindo nas minas ou nos olhos d'água, nas partes mais baixas do terreno. Vale ressaltar que nascentes não são apenas os conhecidos "olhos-d'água ou minas" distribuídos nas grotas das áreas rurais, mas, sim, todo um sistema constituído pela vegetação, pelo solo, pelas rochas, pelo relevo, etc. das áreas adjacentes e a montante (Figura 2). Não adianta preservar as matas ciliares e o arvoredo em volta das nascentes na expectativa de que só essas medidas garantam o abastecimento das fontes; deve ser levado em conta que a água que sai de uma nascente hoje é a chuva de ontem que infiltrou no solo.



Figura 2. O sistema de uma nascente ( Fonte: Emater, MG, 2002).

A degradação ambiental nas áreas de recarga, provocada por desmatamentos desordenados, compactação e erosão de solos, não só afeta o potencial de evapotranspiração (e conseqüente produção de água limpa para o ciclo hidrológico), como também provoca escorrimentos superficiais excessivos, que carreiam sedimentos e dejetos, os quais irão depositar-se nos grandes reservatórios, tendo como resultado o assoreamento e a poluição ambiental. Conseqüências de médio e longo prazos desses fenômenos são o comprometimento da capacidade produtiva e de conservação de água e solo nas propriedades rurais, além da redução na capacidade de armazenamento dos grandes reservatórios, comprometendo a produção de energia. O efeito conjunto desses vários fatores é a degradação das bacias hidrográficas, conforme já se pode atualmente observar na bacia do rio São Francisco.

## 2 - O Solo em Perspectiva

Ao longo da história, o solo tem sido um elemento bastante familiar ao homem, do qual ele sempre dependeu para satisfazer suas necessidades básicas de locomoção, abrigo e alimentação. Assim, os conceitos de solo são quase tão variados quanto as atividades humanas que nele se desenvolvem. Cada indivíduo tem uma concepção mais identificada com suas próprias atividades e interesse, mas, quase sempre, muito pouco relacionada com o conhecimento da natureza do próprio solo. Por exemplo, enquanto que para o agricultor o solo pode ser visto apenas como o meio para o desenvolvimento das plantas, para o engenheiro, o solo é o material de enchimento em aterros e barragens.

Os cientistas do solo preferem ver o solo como um "corpo natural da superfície da terra, alterada e biologicamente modelada, e suportando ou sendo capaz de suportar plantas". O solo faz a ligação entre litosfera, atmosfera e biosfera,



sofrendo muita influência de todos esses elementos, nas suas propriedades. A posição peculiar da pedosfera a torna uma das peças cruciais na estrutura dos ecossistemas terrestres.

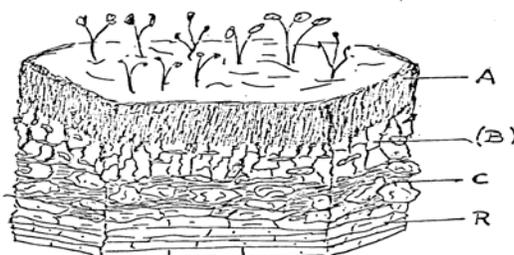
### **Gênese do Solo**

O solo é constituído direta ou indiretamente de produtos de intemperização das rochas. Junto à superfície, as rochas sofrem a ação contínua dos agentes atmosféricos e biológicos, os agentes de intemperismo. Nos primeiros estágios da alteração, tem lugar uma fragmentação através de processos físicos, bem como pela hidratação dos minerais, além da ação de outros processos químicos mais complexos. Entretanto, o começo real da gênese do solo só se dá quando for possível o acúmulo de matéria orgânica (Bigarella et al., 1996).

O desenvolvimento pleno do solo constitui um processo muito lento. Inicialmente, a parte superior da superfície terrestre, seja residual ou transportada, decompõe-se o suficiente para liberar alguns nutrientes às plantas, possibilitando o crescimento de vegetais pioneiros e de pequeno porte. Nesse estágio, o solo é incipiente e de má qualidade agrícola, contendo grande quantidade de rocha desagregada e pouco alterada. Trata-se de um solo imaturo. À medida que são incorporados detritos orgânicos e organismos mortos parcialmente decompostos, o solo passa a fornecer nutrientes, ou seja, húmus (colóides orgânicos), os quais contêm carbono extraído do ar durante o desenvolvimento das plantas.

A matéria vegetal em decomposição produz ácidos húmicos que auxiliam na alteração das partículas minerais, bem como na lixiviação de algumas substâncias, translocando-as para níveis inferiores. Com a continuidade do processo, a composição do solo muda de forma progressiva, embora muito lentamente. Gradualmente, o solo torna-se mais profundo, atingindo o estágio de maturidade, ao perder grande parte do material mineral.

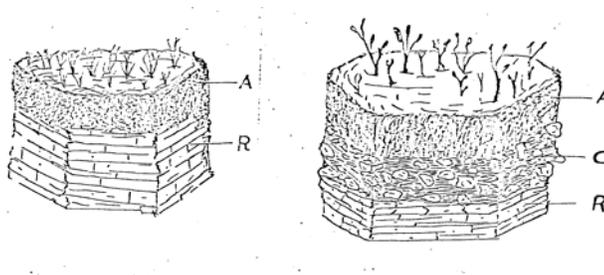
Os agentes de intemperismo atuam na rocha de cima para baixo. À medida que aumenta a intensidade de intemperismo, formam-se camadas mais ou menos paralelas à superfície, chamadas horizontes A, B, C e R (Figura 3).



**Figura 3.** Horizontes de um solo.

Descreve-se, a seguir, o processo de formação dos horizontes, utilizando-se Santana & Sans (2001) como principal referência. Horizonte A - A primeira camada "terrosa" que se forma é mais rica em matéria orgânica e, por estar na superfície, é a camada que é mais afetada por fatores externos. Essa primeira camada mais escura é chamada de horizonte A.

Horizonte C - Continuando o processo de intemperismo, pode haver, logo abaixo da camada mais influenciada pela matéria orgânica superficial (horizonte A), uma camada composta predominantemente de fragmentos de rochas e algum material "terroso. Dá-se o nome de horizonte C a essa camada. Solos com seqüência de horizontes tipos A, C e R são também chamados de neossolos litólicos (Figura 4).

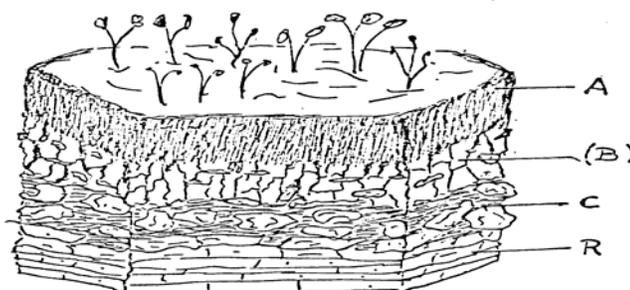


**Figura 4.** Seqüência de horizontes tipo AR e ACR, típica de Neossolos Litólicos.



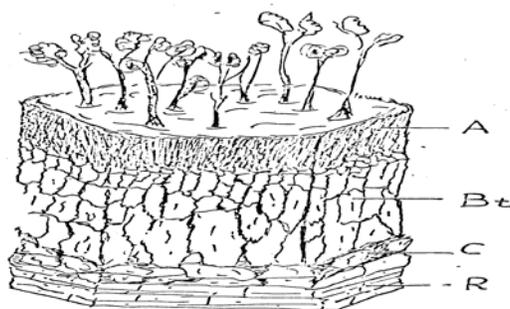
Horizonte B - Continuando o processo de pedogênese, a camada de intemperismo vai aumentando de espessura. Os fragmentos de rocha do horizonte C vão se decompondo até o ponto em que o material "terroso" predomina sobre o material que ainda guarda a estrutura da rocha. Ao se atingir o ponto em que o horizonte adquire uma estrutura típica do solo, embora ainda possa apresentar algum vestígio de estrutura da rocha, se diz que há um horizonte B.

**Horizonte B incipiente:** Quando o horizonte B apresenta certo grau de evolução, porém não suficiente para meteorizar completamente minerais primários de fácil intemperização, recebe o nome de **horizonte B incipiente**. Os solos que comumente apresentam um horizonte B incipiente são chamados de Cambissolos (Figura 5).



**Figura 5.** Horizonte B incipiente, típico de um Cambissolo.

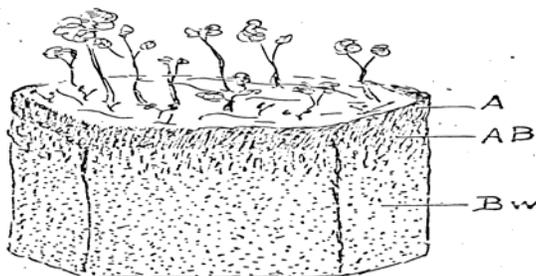
Horizonte B argílico: Com a evolução da pedogênese, pode ocorrer a translocação de argila (textura) do horizonte A para o horizonte B, criando um gradiente textural pronunciado, isto é, média dos teores de argila do horizonte B, dividida pela média do horizonte A, é o resultado. Cerosidade, isto é, películas de argila envolvendo os agregados, geralmente blocos subangulares, define essa translocação (Figura 6). O fato de o horizonte superficial ser menos argiloso do que o horizonte B quase sempre significa uma mudança (diminuição) na permeabilidade com a profundidade. É o horizonte típico dos argissolos (antigos podzólicos), entre outros.



**Figura 6.** Horizonte B argílico, típico de um Argissolo.

Horizonte B latossólico: À medida que o intemperismo atua, e se a taxa de pedogênese for maior do que a taxa de remoção (erosão), aumenta-se a espessura do manto de intemperismo. Nessas condições, o material tem mais tempo de exposição aos processos pedogenéticos e o solo torna-se mais "velho". Solos em avançado estágio de intemperismo apresentam um horizonte B que se caracteriza por uma concentração relativa de óxidos de ferro e de alumínio, argilas pouco ativas e totalmente floculadas e virtual ausência de minerais facilmente intemperizáveis. Esse tipo de horizonte é chamado de B latossólico (Figura 7).

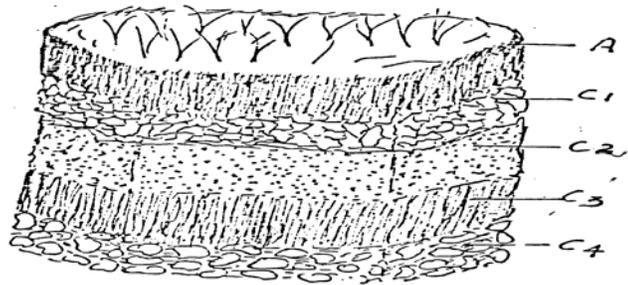
Solos B latossólicos são chamados de latossolos (lato = amplo). São solos muito profundos, muito friáveis, tendo a massa do solo um aspecto maciço e muito poroso. Apresentam seqüência de horizonte ABC com transição normalmente difusa e plana entre os subhorizontes do B.



**Figura 7.** Horizonte B latossólico, típico dos Latossolos.

Horizonte glei - Devido à posição na paisagem, há, na gênese de alguns solos, a atuação de um fator local – topografia – condicionando lençol freático elevado e conseqüentes condições de baixo potencial de oxirredução (deficiência de oxigênio). Nessas condições, há uma intensa redução do ferro, evidenciada nas cores cinzento-oliváceas, esverdeadas e azuladas, típicas do horizonte glei. Essas cores apresentam-se em colorido uniforme ou com modo mosqueamento (manchas) em quantidade comum ou abundante. Esse é o horizonte glei e sua presença, a menos de 50 cm de profundidade, é um dos critérios utilizados para identificar os gleissolos.

Nos Neossolos Flúvicos, aqueles formados em depósitos aluviais recentes e caracterizados por uma sucessão de camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si, é comum a presença de horizonte glei a maiores profundidades (Figura 8).



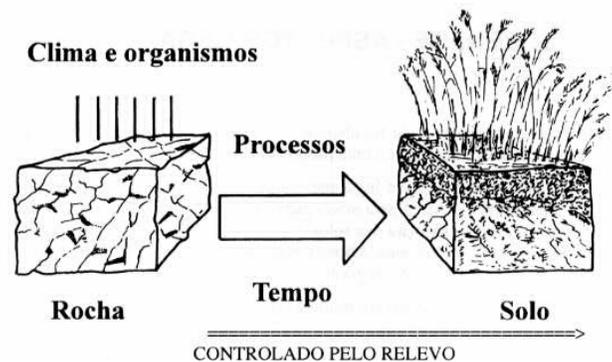
**Figura 8.** Sucessão de camadas sem relações pedogenéticas entre si, característica de Neossolos Flúvicos (Aluviais).

Estudos em diversas partes do mundo têm mostrado que os solos têm propriedades devido ao efeito integrado do clima e organismo no material de origem (rocha), durante um determinado período de tempo. Esses fatores de formação do solo determinam a gênese dos vários solos existentes na face da crosta terrestre. A resultante da ação de interdependência desses fatores é que determina as características de cada solo. Como os fatores de formação do solo variam pronunciadamente na face terrestre, há, necessariamente, uma

variação paralela das características dos solos.

**Solo = f (clima, organismos, material de origem e tempo)**

Os processos de pedogênese estão ligados ao tempo, que, por sua vez, é controlado pelo relevo. Os fatores ativos (clima e organismos) atuam de cima para baixo, isto é os solos são mais intemperizados (velhos) à superfície do que em camadas mais profundas. A Figura 9 ilustra a interdependência entre os fatores e os processos de formação do solo.



**Figura 9.** Fatores de formação do solo e pedogênese (Resende et al., 1999).

Junto à superfície, as rochas sofrem a ação contínua dos agentes atmosféricos e biológicos, levando à formação dos solos. O solo (incluindo o relevo) está relacionado com todas as qualidades ecológicas e o clima do solo relaciona-se com a radiação solar, água, temperatura e arejamento. Ele é, além disso, o substrato principal da produção de alimentos e uma das principais fontes de nutrientes e sedimentos que vão para os rios e mares.

Disponibilidade de água, nutrientes, estrutura, textura e teor de matéria orgânica variam bastante nos diferentes tipos de solos, condicionando uma produtividade diferente das culturas, quando outros fatores são considerados constantes.



### O Relevo

O relevo ou topografia denota a configuração da superfície da Terra e é um importante fator no processo evolutivo do solo. A sua influência na formação do solo e no desenvolvimento do perfil é marcante, facilitando a absorção e a retenção de água e influenciando o grau de remoção do solo pela erosão.

Como a água é essencial para as ações químicas e biológicas do processo de intemperização (conjuntamente com alguns processos físicos), é evidente que o conteúdo de umidade retido pelo material do solo possui influência no desenvolvimento do perfil. Diretamente, ele age facilitando o trabalho erosivo provocado pelas forças do intemperismo; indiretamente, promove variações de temperatura, de precipitação, drenagem, etc., o que trará diferenciação marcante entre terrenos declivosos e planos.

A profundidade dos solos aumenta quando diminui a declividade. Por outro lado, regiões de topografia com declives acentuados estão sujeitos a fenômenos mais intensos de erosão e formação mais ou menos equivalente. Há maior remoção de material e maior facilidade de movimentação da água, o que vem ocasionar menos infiltração, retardando, assim, o amadurecimento do perfil do solo. A erosão compromete a formação do solo, fazendo com que as perdas dos produtos do intemperismo ultrapassem as possibilidades de acúmulo e permanência, indispensáveis à gênese do solo (Bigarella et al., 1996). Desse modo, a formação do solo depende da taxa de formação/remoção ou pedogênese/erosão (Figura 10).

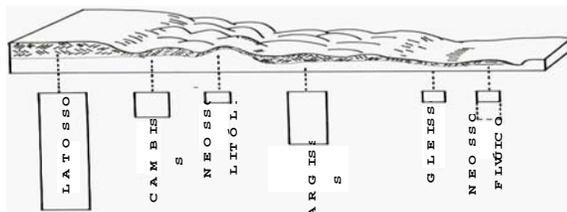


Figura 10. Posição preferencial dos principais tipos de solos na paisagem, mostrando a espessura de cada perfil, relacionada com a taxa pedogênese/erosão



A própria variação da topografia origina uma seqüência de perfis geneticamente ligados entre si, mas diferenciados por características morfológicas. Assim, os solos formados nas partes mais altas diferem daqueles formados nas encostas e estes, por sua vez, daqueles formados nas baixadas.

### 3 - A Evolução da Paisagem

A crosta terrestre sofreu transformações contínuas através dos tempos geológicos. A ação dos diferentes agentes atmosféricos (água, vento, gelo) desgastou a superfície do terreno, originando detritos, os quais foram transportados e acumulados nas bacias de sedimentação. Estas, sob ação posterior das forças orogênicas, internas e externas, originaram o relevo.

As forças internas são responsáveis pela criação do relevo. Originam-se da crosta ou do manto. Os agentes endógenos compreendem o tectonismo, o vulcanismo e os abalos sísmicos. Denominam-se tectonismo os movimentos lentos na crosta terrestre, que provocam o deslocamento dos continentes. São responsáveis pela formação das cadeias de montanhas. Os vulcões ocorrem quando o magma, material rochoso em estado líquido vindo do manto terrestre, atinge a superfície. Já os abalos sísmicos são tremores na superfície terrestre, provocados pela movimentação entre blocos de rochas situados na crosta. Se acontecem nos continentes, recebem o nome de terremotos e, quando ocorrem no fundo oceânico, maremotos.

As forças externas constituem um conjunto de elementos que modelam o relevo terrestre. O primeiro deles é o intemperismo, processo de degradação das rochas provocado pelo clima. Existe o intemperismo físico – as rochas sofrem mudanças no tamanho e no formato em função dos contrastes térmicos (entre o dia e a noite) - e o químico – a ação da água altera a composição química das rochas. O intemperismo é um



fenômeno estático, mas, nas encostas, o manto de intemperismo pode deslocar-se a favor da gravidade. O segundo conjunto modelador do relevo é a erosão, que é causada pela água da chuva e dos rios, pelo vento, pelo gelo e pelo mar, que transportam os sedimentos desagregados, depositando-os em outros lugares.

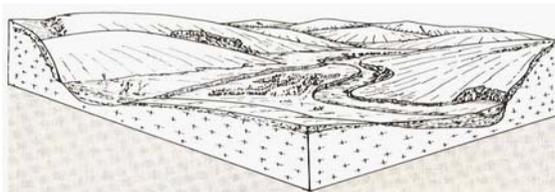
Os rios são os principais agentes de erosão (Cunha, 1995). Do seu trabalho, resulta um progressivo arrasamento das proeminências, dando origem a uma superfície plana, o peneplano. Os estágios principais através dos quais passa uma região antes de ser reduzida a um peneplano pela erosão fluvial são três: jovem, maduro e senil. No estágio jovem, a erosão fluvial é intensiva, aprofundando-se consideravelmente os vales, que apresentam, em seção, a forma de um V; os divisores são caracteristicamente largos. O estágio maduro inicia-se com a redução dos divisores, e conseqüente alargamento dos vales. No estágio senil, o relevo é suavizado, até a peneplanação. Chama-se a essa sucessão de estágios ciclo de erosão, o qual varia segundo o clima, a natureza e estrutura das rochas e o intervalo de tempo no qual opera. A erosão dos rios é dita remontante, porque progride no sentido da cabeceira. O limite além do qual os rios não podem mais rebaixar uma região é o seu nível de base, materializado pela altitude da sua desembocadura em outro rio, num lago ou no mar.

A curva que traduz a inclinação de um rio desde sua cabeceira até a desembocadura é o perfil longitudinal. Podem-se distinguir três partes principais nesse perfil. A primeira corresponde à zona das nascentes, onde a inclinação é maior, e predomina a erosão; a segunda, à parte média, onde o transporte do material pela erosão é predominante; finalmente, a parte correspondente ao baixo curso do rio, na qual se realiza a deposição. Quando a inclinação do leito corresponde ao mínimo necessário ao escoamento do material reunido pelo rio, diz-se que ele atingiu seu perfil de equilíbrio.

#### 4 - Bacia de Drenagem

O reconhecimento, a localização e a quantificação dos fluxos d'água nas encostas são de fundamental importância no entendimento dos processos geomorfológicos que governam as transformações do relevo, sob as mais diversas condições climáticas e geológicas. As rotas preferenciais dos fluxos superficiais ou subsuperficiais definem os mecanismos erosivo-depositivos preponderantes e resultam da interação dos diversos fatores bióticos (flora e fauna), abióticos (clima, rocha, solo e posição topográfica) e antrópicos (uso do solo), que compõem o respectivo ambiente de drenagem. Alterações na composição desses fatores podem induzir modificações significativas na dinâmica espaço-temporal dos processos hidrológicos atuantes nas encostas e, conseqüentemente, no trabalho geomorfológico.

Como encostas, entendem-se os espaços físicos situados entre os fundos dos vales e os topos ou cristas da superfície crustal, os quais, por sua vez, definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos (Guerra, 1995). Encostas, topos ou cristas e fundos de vales, canais, corpos de água subterrânea, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, entre outras unidades especiais, estão interligados como componentes de bacias de drenagem. A bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial (Figura 1). Uma determinada paisagem pode conter um certo número de bacias drenando para um reservatório terminal comum, como um rio, um lago ou os oceanos.



**Figura 11.** Bacia de drenagem mostrando a localização dos fluxos de água nas encostas (Resende e Rezende, 1983).



Analisando essa arquitetura de uma bacia de drenagem, pode-se observar que alterações significativas na composição ambiental de uma certa porção da bacia de drenagem poderão afetar outras áreas situadas a jusante. Significa, portanto, que os efeitos hidrológicos e geomorfológicos de processos naturais ou antrópicos vão se refletir num determinado ponto de saída de uma bacia de drenagem, podendo propagar-se a jusante, por meio de bacias de drenagem adjacentes. Tais aspectos devem ser levados em consideração no planejamento das formas de intervenção humana, mesmo que o interesse do planejador recaia sobre uma área restrita da bacia de drenagem.

Sem dúvida alguma, a bacia de drenagem revela-se como uma unidade conveniente ao entendimento da ação dos processos hidrológicos e geomorfológicos e das ligações espaciais entre áreas distintas, que podem afetar tanto o planejamento local como o planejamento regional.

## II - BACIAS HIDROGRÁFICAS

### Conceito

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Esse compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes (Figura 12).



**Figura 12.** Ilustração de uma bacia hidrográfica mostrando os divisores de água, as sub-bacias e a drenagem principal (ANA, 2002).

A bacia hidrográfica é também denominada de bacia de captação, quando se tem a visão de que atua como coletora de águas pluviais, ou bacia de drenagem, quando a visão é de atuar como uma área que está sendo drenada pelos cursos d'água.

Segundo Guerra & Cunha (1995), "Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos em uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como divisor de drenagem ou divisor de águas."

Esses autores, em outra publicação, falam a mesma coisa de outra maneira: "Bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, cuja delimitação é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Essas linhas ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada."

Christofoletti define bacia de drenagem como "a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial".

Black (1996) considera a bacia hidrográfica como "uma unidade de terra natural, ou perturbada, na qual toda a água que cai (ou emana de nascentes) é coletada por gravidade e a porção que não evapora escorre através de uma saída comum. A bacia é a unidade básica de suprimento de água".

De maneira geral, pode-se conceituar bacia hidrográfica como uma área geográfica natural, delimitada pelos pontos mais altos do relevo (espigões, divisores de água), dentro dos quais a água proveniente das chuvas é drenada superficialmente por um curso d'água principal até sua saída da bacia, no local mais baixo do relevo, que corresponde à foz desse curso d'água.

### **Caracterização de uma Bacia**

As bacias, geralmente, não podem ser delimitadas ou visualizadas através de um mapa ou no terreno. O primeiro passo na análise de uma bacia é identificar a sua saída (ponto



mais baixo, ou nível básico), no mapa. Uma vez identificada, alguns parâmetros podem ser calculados e ajudam na descrição e na quantificação das características dessa bacia. A determinação de vários parâmetros da bacia fornece informações que são úteis na tomada de decisão de como manejar essa bacia, além de simplesmente descrevê-la (Guerra, 1995).

A técnica para determinar o limite de uma bacia num mapa topográfico consiste em se iniciar no ponto do nível base e, trabalhando relevo acima, marcar a cumeeira de um lado ou do outro (divisor de águas). Os divisores de água são representados, nas cartas topográficas, por curvas de nível convexas para baixo, as quais indicam uma divergência dos fluxos d'água: a linha perpendicular ao eixo dessas curvas convexas delimita os divisores de drenagem internos da bacia. As curvas de nível côncavas para cima, por sua vez, indicam a zona de convergência dos fluxos d'água ou fundos de vales, onde fluem em direção ao eixo de drenagem da bacia e, daí, articulam-se com os eixos de bacias de drenagem imediatamente adjacentes. Os fundos de vales podem ser drenados por canais abertos, que constituem feições morfológicas incisivas, delimitadas por bordas bem definidas e mensuráveis. Seguramente, se esse processo for iniciado de cima para baixo (morro abaixo) a chance de ocorrer erros é muito grande.

A decisão de se incluir ou não uma gleba como pertencente à bacia é feita aplicando-se o seguinte teste (Black, 1999): "A água proveniente dessa gleba escoar para o curso d'água da linha base?" Se a afirmativa for positiva, a gleba pertence à bacia, caso contrário, não pertence.

Três regras simples ajudam nessa determinação:

- 1 - A água tende a escoar perpendicularmente, cruzando as curvas de níveis.
- 2 - As "cumeeiras" são indicadas por contornos em "V", na direção morro abaixo.



3 - As linhas de drenagem são indicadas por contornos em "V", na direção morro acima.

Uma vez encontrada a cumeeira principal, o analista deve iniciar novamente no nível de base, trabalhando o outro lado da bacia. Em áreas de topografia relativamente plana, pode ser necessário proceder à investigação de campo, para determinar com precisão a localização do limite (divisa) da bacia, estimada no mapa. Infelizmente, a divisa topográfica da bacia pode não ser, de fato, a divisa hidrológica. Muitas vezes, esta é determinada ao se fixar a localização do divisor freático. Em algumas situações, a configuração de rochas abaixo da superfície do terreno pode desviar a água que percola através do solo em outra direção, deixando de abastecer o curso d'água. O contrário pode também ocorrer, a bacia pode ser maior que o valor indicado através da divisa na topografia, isto porque a água pode ser desviada para o interior da bacia por um divisor freático fora do limite desta. Na maioria dos estudos, assume-se que o tamanho de área dentro da bacia, que não contribui para alimentar os cursos d'água, é aproximadamente o mesmo das áreas de contribuição externa para dentro dessa.

Uma vez estabelecidos os limites (divisas) da bacia, muitos parâmetros podem ser determinados, tais como: tamanho; elevação máxima, mínima e média; distribuição das elevações (cotas); aspecto; orientação, perímetro, forma e rede de drenagem. Juntamente com outras propriedades que devem ser determinadas no terreno ou em outras fontes, esses parâmetros físicos são de muita utilidade na avaliação das características hidrológicas, tais como, quantidades e padrões de precipitação e escoamento, numa análise temporal e espacial.

O tamanho e os limites da bacia são importantes para determinar parâmetros do recurso água, tais como rendimento total anual e potencial de enchente, para identificar a propriedade da terra sendo manejada, e para avaliar como, quando e onde aplicar medidas de manejo que controlem a qualidade de água, a quantidade, ou o regime. Mais



importante, o tamanho é uma consideração essencial na avaliação inicial do comportamento hidrológico. O tamanho é um dos parâmetros mais difíceis de se modelar numa bacia.

## 2 - Hierarquia Fluvial

A bacia hidrográfica pode desenvolver-se em diferentes tamanhos, que variam desde a bacia do rio Amazonas até bacias com pouco metros quadrados, que drenam para a cabeça de um pequeno canal erosivo ou, simplesmente, para o eixo de um fundo de vale não canalizado. Bacias de diferentes tamanhos articulam-se a partir dos divisores de drenagem principais e drenam em direção a um canal, tronco ou coletor principal, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado.

Um dos métodos utilizados para estabelecer a hierarquização fluvial propõe um sistema crescente de classificação (Bertoni e Lombardi Neto, 1999):

Bacias de primeira ordem: são aquelas que não possuem tributários, ou seja, aquelas ligados diretamente à nascente;

Bacias de segunda ordem: surgem da confluência de dois canais de segunda ordem e só recebem afluentes de primeira ordem;

Bacias de terceira ordem: surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de ordenação inferior e assim sucessivamente, conforme ilustra a figura 13.

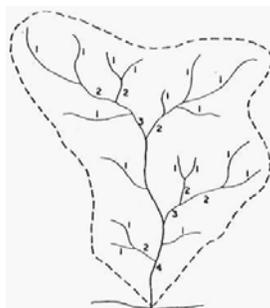


Figura 13 . Hierarquia fluvial em uma bacia hidrográfica hipotética

Do ponto de vista hidrológico, uma característica distinta das bacias de menor hierarquia é que o efeito do escoamento (fluxo superficial da água) é o fator dominante que afeta o escoamento de maior intensidade, comparado com o fluxo nos canais (calhas). Nessas situações, a sensibilidade a chuvas de alta intensidade, curta duração e uso da terra não é suprimida pelas características de armazenamento das calhas. Em grandes bacias, o efeito do escoamento em canais (calhas) ou o armazenamento no vale torna-se muito acentuado de maneira tal que essa sensibilidade é grandemente suprimida.

A classificação possibilita o entendimento da dinâmica global do sistema hidrográfico e a identificação das unidades que o compõem. As bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos.

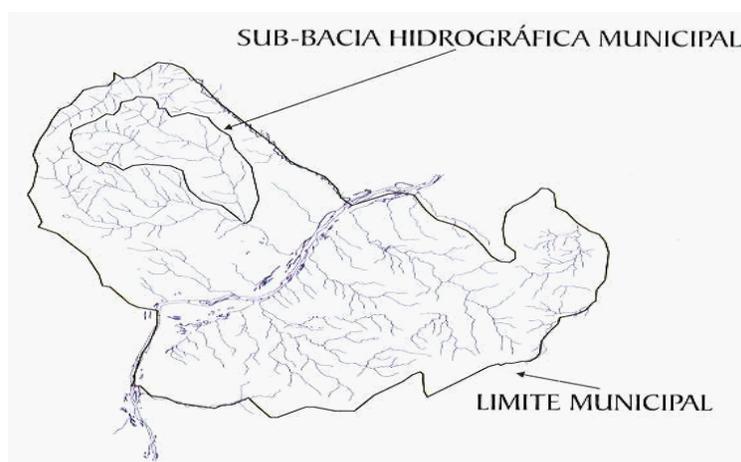
Para efeito político-administrativo, as bacias podem ser:

- a) Bacia hidrográfica federal: quando a sua rede de drenagem (desde as nascentes que a compõem, até sua foz) está inserida dentro do território de mais de um estado.
- b) bacia hidrográfica estadual: quando a sua rede de drenagem (desde as nascentes que a compõem, até sua foz) está inserida dentro do território do estado.
- c) bacia hidrográfica municipal: quando a sua rede de drenagem (desde as nascentes que a compõem, até sua foz) está inserida dentro do território do município.

Um aspecto de alta relevância é que as sub-bacias de menor ordem, na maioria das vezes, são restritas a um município. Isso é de transcendental importância para o sucesso de qualquer iniciativa, pois é no município que as coisas acontecem. Ignorar esse aspecto talvez seja uma das razões do insucesso de



muitos planejamentos de bacias, pois, em virtude de procurarem maior aporte político, olham apenas a bacia de maior porte, esquecendo-se que é precisamente nas pequenas bacias onde interagem as comunidades rurais com os componentes do meio físico. A abordagem deve ser integrada do regional com o local, de modo recíproco. Assim, a sub-bacia, restrita a um município (Figura 14), torna-se a unidade ideal para o planejamento (Souza & Fernandes, 2000).



**Figura 14.** A sub-bacia hidrográfica municipal constitui a unidade de planejamento ideal para os trabalhos de manejo integrado (Souza & Fernandes, 2000).

A utilização da sub-bacia municipal tem sua justificativa no fato de ser em nível local que os problemas se manifestam. As pessoas residentes nele são, ao mesmo tempo, causadoras e vítimas de partes dos problemas. São elas que convivem com eles e as que mais tem interesse em resolvê-los. Por outro lado, é no município que toda a estrutura administrativa é mais de perto sentida e sensível às reivindicações.

Com a estratificação do território municipal nos componentes sociofisiográficos (sub-bacias), têm-se a unidade celular política (município) e as unidades celulares fisiográficas (sub-bacias hidrográficas). As sub-bacias hidrográficas, dentro do territó-



rio municipal, são hierarquizáveis para o estabelecimento subprogramas municipais de curto, médio e longo prazos (Souza & Fernandes, 2000).

O termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica. Sugere-se a sua substituição por sub-bacia hidrográfica.

### 3. Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas

O manejo integrado de bacias hidrográficas visa tornar compatível produção com preservação ambiental, buscando adequar a intervenção antrópica às características biofísicas dessas unidades naturais (ordenamento do uso/ocupação da paisagem, observadas as aptidões de cada segmento e sua distribuição espacial na respectiva bacia hidrográfica), sob gestão integrativa e participativa, de forma que sejam minimizados impactos negativos e se garanta o desenvolvimento sustentado (Souza & Fernandes, 2000). Busca integrar esforços das diversas instituições presentes nas várias áreas de conhecimento, a fim de que todas as atividades econômicas dentro da bacia sejam desenvolvidas de forma sustentável e trabalhadas integradamente.

O manejo integrado de bacias hidrográficas pressupõe alguns princípios fundamentais, discutidos a seguir.

#### 3.1 Unidade de Planejamento

O conceito de manejo integrado de bacias hidrográficas pressupõe planejar e implantar as práticas conservacionistas considerando-se o contexto das bacias e não nas propriedades isoladas. A unidade de planejamento passa a ser a bacia hidrográfica.

Cada bacia hidrográfica se interliga a outra de maior tamanho, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. As bacias



hidrográficas maiores são resultantes do conjunto de pequenas bacias. Portanto, os trabalhos de manejo de bacias hidrográficas devem ser iniciados, preferencialmente, nas bacias de menor porte, inseridas no município.

### 3.2. Enfoque Hidro-Agrícola

O planejamento de bacias tem sido bastante unilateral: ora prioriza o aspecto hídrico, ora prioriza o uso agrícola. Evidentemente que o aspecto hídrico tem grande importância, mas não se pode esquecer o produtor rural que vive na bacia e necessita de renda para sua sobrevivência.

Assim, as medidas de manejo integrado de bacias hidrográficas devem transcender o enfoque puramente agrícola, refletindo em garantia de abastecimento hídrico, tanto em quantidade quanto em qualidade, para a população urbana, processamentos industriais e vida útil de reservatórios, para geração de energia e fonte de lazer. Dentro desse enfoque, o espaço rural assume relevância não só na produção de alimentos e fibras, mas também como “produtor” de água em quantidade e qualidade satisfatórias, para utilização múltipla por outros segmentos da sociedade (Santana et al. 2002).

O agricultor “produtor de água” seria aquele produtor que usa tecnologia e conceitos relacionados à agricultura sustentável que aumentam a infiltração de água no solo. Dentro de seu sistema de produção, esse “agricultor produtor de água” pode considerar a água como um de seus insumos, mas também como um de seus produtos, e seu manejo adequado não pode ser considerado uma etapa independente dentro do processo de produção agrícola, devendo ser analisado dentro do contexto de um sistema integrado. Essa visão sistêmica da gestão dos recursos hídricos poderia ser chamada de enfoque hidro-agrícola.

### 3.3. Capacidade de Suporte Ambiental

O uso e a ocupação do espaço são condicionados pelas características intrínsecas de cada bacia hidrográfica. Esta determina as potencialidades e limitações para as diversas modalidades de uso/ocupação e a visualização de possíveis conflitos de interesses.

Consiste na identificação do espaço geográfico e dos recursos naturais da bacia, tendo como base a integração dos componentes biofísicos, bioquímicos e minerais dos ecossistemas e suas respectivas potencialidades e limitações, determinando-se sua capacidade de suporte.

#### **Envolve:**

- Identificação dos ecossistemas, evidenciando suas potencialidades e limitações para as atividades econômicas, tais como: agropecuária, turismo e mineração.
- Identificação de mananciais para abastecimento público.
- Identificação de áreas para recuperação ambiental.
- Fundamentos para a elaboração do plano de uso do espaço rural.

Para garantir a conservação do solo e da água, cada gleba de terra da propriedade ou da sub-bacia hidrográfica deve ser explorada de acordo com sua capacidade de uso: mata, pastagens e lavouras, cada uma no seu devido lugar.

### 3.4. Sistemas Sustentáveis de Manejo

A agricultura sustentável se baseia no conceito de sustentabilidade, o qual diz que devemos produzir para o presente sem comprometer a habilidade de gerações futuras de seguir usando os recursos naturais. Assim, o manejo inteligente dos recursos naturais e sócioeconômicos é central na agricultura sustentável (Doran et al., 1998). Isto inclui ser sensível a problemas sociais, como as condições de vida do



trabalhador de campo, as necessidades das comunidades rurais e a saúde do consumidor presente e futuro. Atenção aos recursos naturais inclui o manejo da capacidade produtiva do sistema, mantendo a integridade da água, solo e biodiversidade.

Para praticar uma agricultura sustentável, se requer uma visão de sistema, interpretando sistema em seu sentido mais amplo. Para a agricultura sustentável, o sistema agrícola compreende a soma das explorações individuais, os ecossistemas locais e regionais e os consumidores do país inteiro (Santana & Bahia Filho, 1998). O enfoque sistêmico permite ver mais claramente as conseqüências que as práticas têm sobre o meio ambiente e as comunidades humanas. O enfoque sistêmico nos dá as ferramentas necessárias para explorar as interações entre a agricultura e outras atividades humanas, e entre a agricultura e o ecossistema natural. Requer não só as contribuições de pesquisadores, porém também dos produtores, consumidores, empresários agroindustriais, políticos e todos aqueles com interesse direto em uma agricultura mais produtiva e sustentável.

Além de considerar as interações entre os componentes agroecológicos e socioeconômicos, os sistemas de produção têm que envolver os potenciais usuários e beneficiários - produtores, agentes de assistência técnica e extensão rural e demais segmentos do negócio agrícola - na identificação de problemas e demandas, planejamento, execução e avaliação conjunta, com presença efetiva de produtores e técnicos, em diferentes etapas do processo. O objetivo é assegurar maior adequação das alternativas às circunstâncias que determinam a tomada de decisão dos produtores em aceitar ou rejeitar as ofertas tecnológicas preconizadas. Dentro desse prisma, pode-se afirmar que:

“Um sistema de produção sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do agricultor (competitividade) e preserva o meio

ambiente (preservação), enfatizando sempre a interação entre recursos naturais e aspectos socioeconômicos (cadeia agroalimentar), visando a sustentabilidade da agricultura e o bem-estar da sociedade em geral, para esta geração e as que se seguirem”.

### 3.5. Visão Multissetorial do Espaço Rural

Até o final dos anos 1970 , os agricultores eram os responsáveis pela gestão do espaço rural, com o objetivo de produzir alimentos em quantidade, de qualidade e baratos. Com exceção das áreas florestais, o uso do espaço rural submetia-se às necessidades da agricultura. Os agricultores eram vistos como os mediadores da relação entre a sociedade e a natureza.

No novo milênio, o espaço rural, que era dominado pela produção agrícola, vê sua dimensão ampliada, o que interfere diretamente nos seus modos de uso. O espaço rural agora é visto como um conjunto variado de bens públicos aos quais estão ligados valores que vão muito além da simples produção de alimentos, fibras e energia. O meio rural deve ser encarado não como uma simples sustentação geográfica de um setor (a agricultura), mas como a base de um conjunto diversificado de atividades e de atores (Abramovay, 2003).

Depositórios principais da biodiversidade, de um rico patrimônio paisagístico e de formas de vidas crescentemente valorizadas nos dias de hoje, os espaços rurais ganham dimensões promissoras para o processo de desenvolvimento. Deve ser encarado como o espaço de atividades variadas, reunindo uma multiplicidade de atores sociais e não apenas como o terreno de onde vão sair produtos agropecuários. Vão surgindo novas formas de relação entre o homem e o território, em que as necessidades da produção agrícola são apenas um componente - e cada vez menos importante- na utilização do espaço. Dentro dessa ótica, o desenvolvimento rural dentro de uma bacia hidrográfica deve ser um conceito espacial e



multissetorial e a agricultura, como parte dele. A unidade de análise não são os sistemas agrários nem os sistemas alimentares, mas economias regionais.

### 3.6. Gestão Participativa

É imprescindível que, em todas as etapas do planejamento e do gerenciamento de bacias hidrográficas, haja a participação e o envolvimento dos atores sociais, de maneira que esses usuários dos recursos naturais possam negociar e acatar as normas e diretrizes de uso, de apropriação, de conservação e desenvolvimento de seu território de forma sustentada. Nesse sentido, é fundamental que os usuários tenham conhecimento do ambiente que os envolve, suas potencialidades e fragilidades, compreendendo, assim, os mecanismos de regulação do uso do solo e dos demais recursos naturais (Souza & Fernandes, 2000).

Participação implica envolver, ativa e democraticamente, a população local em todas as fases do planejamento e gestão (diagnóstico, implementação das soluções, avaliação dos resultados, etc.). Via de regra, é eleito um Comitê de Gerenciamento, o Comitê da Bacia, composto por representantes de todos segmentos da bacia, para ser o gestor do Plano Diretor (Figura 15).



**Figura 15.** O Comitê da Bacia é composto por representantes de todos os segmentos da bacia e gerencia todas as atividades ( Fonte: Emater-MG, 2002).

Vale ressaltar que as atividades desenvolvidas no contexto das bacias hidrográficas, por serem unidades geográficas naturais, possuem características bio-geofísicas e sociais integradas, potencializam as parcerias interdisciplinares e interinstitucionais e estimulam a participação das comunidades locais.

#### 4. Planejamento de uma Bacia Hidrográfica

O gerenciamento eficaz de bacias hidrográficas requer, antes de tudo, um processo de planejamento sócioeconômico e ambiental dessas unidades, a fim de buscar soluções que se enquadrem dentro dos limites da capacidade de suporte ambiental delas. Dessa forma, são fundamentais a caracterização e o conhecimento da capacidade de suporte, dos riscos ambientais e dos objetivos de qualidade ambiental inerentes às unidades socioeconômicas (comunidades, produtores e famílias rurais) inseridas na unidade biogeofísica (Souza e Fernandes, 2000).

A metodologia recomendada para o planejamento do manejo integrado de bacias hidrográficas incorpora técnicas de análise integrada de recursos, envolvendo métodos participativos. Para a elaboração do projeto, pode-se adotar o roteiro preconizado pela Emater-MG (Fernandes, 2000), apresentado a seguir.

#### Roteiro Para Elaboração do Projeto Técnico Executivo de Caracterização e Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas

##### Apresentação

- Expor o porquê da elaboração do Projeto Técnico Executivo;
- Evidenciar a condição de projeto-piloto no município onde se insere e sua relação com as médias e grandes bacias hidrográficas;
- Evidenciar a integração interinstitucional, interdisciplinar e a participação comunitária;



- Evidenciar a participação do poder municipal na logística necessária à implantação do projeto.

### **Justificativa**

- Expor a importância do projeto na solução dos problemas da sub-bacia hidrográfica e do município;
- Destacar o papel catalisador do projeto na integração interinstitucional, interdisciplinar e dos usuários da sub-bacia hidrográfica;
- Evidenciar os principais reflexos do manejo integrado da sub-bacia hidrográfica, nos aspectos produtivos (manutenção e/ou melhoria da capacidade produtiva dos solos, etc.), ambientais (melhoria da qualidade/quantidade das águas, do saneamento básico, etc.) e socioeconômicos (melhoria da qualidade de vida da população, das áreas de lazer, dos fatores de produção, etc.).

### **Objetivos:**

- Geral

Descrever o que se espera atingir no final da execução do projeto.

### **Específicos**

- Descrever o que se espera atingir em cada área ou setor específico do projeto.

### **Procedimentos (Processos) Metodológicos:**

#### **Levantamentos:**

- Caracterização Física:
  - Delimitar a sub-bacia hidrográfica e a respectiva malha hídrica;
  - Calcular os parâmetros morfológicos pertinentes;
  - Elaborar mapa do uso/ocupação atual dos solos;
  - Elaborar mapa dos tipos de solo existentes na sub-bacia;
  - Determinar a declividade das glebas de terra homogêneas;
  - Elaborar mapa da capacidade de uso dos solos;
- Caracterização Socioeconômica:

- Cadastrar as famílias e as propriedades inseridas na sub-bacia, levantando aspectos relacionados às suas atividades produtivas (tipo de atividade, produção/productividade, sistemas de produção adotados, níveis de renda, etc.) e sociais (condições de vida, saúde, educação, lazer, etc.);
- Descrever infra-estrutura existente (saneamento básico, disponibilidade de energia, sistema viário, escolas, etc.);

#### **Caracterização Ambiental:**

- Descrever os resultados analíticos das águas e dos parâmetros relacionados com o uso/ocupações da sub-bacia;
- Descrever e mapear os principais aspectos/problemas ambientais (erosão, áreas degradadas, resíduos orgânicos ou químicos, carência de matas ciliares ou de topo, etc.).

#### **Diagnóstico**

- Interpretar as informações obtidas no item 3.1 e relacionar os principais problemas da sub-bacia hidrográfica;
- Hierarquizar os problemas e estabelecer seus efeitos principais e paralelos;
- Relacionar o mapa de uso atual do solo com o mapa da capacidade de uso do solo, determinando áreas/usos de conflito;
- Relacionar os efeitos atuais com as causas dos problemas.

#### **Exemplo:**

Turbidez	erosão
Coliformes	dejetos humanos e animais
Resíduos químicos de mineração	agroquímicos, resíduos industriais e

#### **Recomendações / Intervenções:**

As principais recomendações devem estar em estrita consonância com os principais problemas identificados no diagnóstico e de acordo com as condições fisiográficas da sub-bacia e socioeconômicas dos respectivos usuários



**Mapa de Uso Sustentado da Sub-bacia Hidrográfica:**

- Uso do solo de acordo com a sua capacidade de uso;
- Áreas para proteção das nascentes (P.N.);
- Áreas para recomposição das matas ciliares (M.C.);
- Locais para reflorestamento / matas de topo (R);
- Áreas degradadas para recuperação/recomposição paisagística (A.D.);
- Áreas e os tipos de práticas de manejo e conservação do solo e água – faixas vegetativas de retenção (F.V.); terraços (T); barragens galgáveis (B.G.); bacias de contenção/acumulação de sedimentos (B.C.); controle de erosão nas estradas rurais (E); fosso para descarte de lixo tóxico (F.T.); etc.;
- Obras de saneamento básico rural (S.R.);
- Áreas para preservação/proteção ambiental.

**Mobilização Comunitária**

Descrever as ações desenvolvidas no trabalho de organização comunitária (Comissão Municipal de Manejo de Sub-bacias Hidrográficas ou Codema e Associação Comunitária de Manejo de Sub-bacias Hidrográficas).

**Matriz Operacional**

Constitui instrumento básico e simples para a distribuição de funções, estabelecimento de cronogramas físicos e acompanhamento de todas as etapas de execução do projeto. A título de exemplo, modelo de matriz operacional:

Matriz operacional para manejo integrado de sub-bacias hidrográficas

ATIVIDADE	RESPONSÁVEL	CO-RESPONSÁVEL	PERÍODO		LOCAL	RECURSOS	OBSERVAÇÕES
			INÍCIO	TÉRMINO			

### **Orçamentação**

- As práticas recomendadas item devem ser orçadas e, se possível, discriminar aquelas despesas que possam ser assumidas localmente (produtores e município) e aquelas que demandem negociações externas (recurso estaduais, federais e internacionais).

### **Metas de Resultados:**

- As metas de resultados são estabelecidas tendo-se como perfil de entrada os parâmetros/indicadores identificados nos diagnósticos.

- Como exemplo, no caso de controle de erosão/sedimentos, determina-se como metas de resultado a redução da turbidez das águas X mg/L para Y mg/L de determinado período. Assim, quantificam-se os resultados das medidas de controle de erosão implantada na sub-bacia hidrográfica.

### **Monitoramento:**

- O monitoramento destina-se ao acompanhamento das metas parciais e de resultados, conforme item 7. A periodicidade do monitoramento é determinada conforme critérios técnicos de órgãos de saneamento.

## **5. Plano Diretor da Bacia**

O processo de planejamento socioeconômico-ambiental consiste em estabelecer objetivos e metas, definidos pelas caracterizações e diagnósticos participativos, que orientarão o gerenciamento da bacia hidrográfica. São definidas as questões prioritárias para a bacia e as principais intervenções propostas, geradas a partir das caracterizações, da integração das análises que envolvem as dimensões ambientais, sociais e econômicas. Para a implementação das ações, é necessária a elaboração de um Plano Diretor, que explicita as iniciativas a serem implementadas, os prazos de execução e os agentes



responsáveis pela coordenação e operacionalização desse Plano. O Plano Diretor é um instrumento gerencial e um termo de referência para a concepção, implementação, acompanhamento, avaliação e revisão de quaisquer atividades associadas ao manejo integrado da bacia.

### III. ESTRATÉGIAS DE SUSTENTABILIDADE

Deve-se enfatizar que a agricultura sustentável é um processo, uma maneira de pensar, e não uma técnica.

Muitas tecnologias contribuem para criar uma agricultura mais sustentável e as técnicas empregadas podem variar com as condições ambientais e socioeconômicas, com o tipo de exploração e também com o tempo.

A situação pessoal do produtor, as condições de sua exploração, a região em que produz e os sinais do mercado vão determinar, em cada caso, quais são os passos necessários para fazer a transição até uma agricultura mais sustentável, em que velocidade isso deve ocorrer.

Apresentam-se, a seguir, algumas estratégias de sustentabilidade dentre os quais, os envolvidos no planejamento poderão selecionar aquelas alternativas mais adequadas à situação ambiental e socioeconômica da bacia em questão.

#### 1 - Adequação ambiental e sócio-econômica

As características da agricultura como atividade econômica são definidas por condicionantes de ordem ambiental e socioeconômica, que interagem no espaço agrícola.

Por outro lado, as atividades do agricultor não são isoladas, ele trabalha com sistemas de produção e está inserido num contexto mais amplo, que são as chamadas cadeias produtivas.

Essas, por sua vez, com a globalização da economia, são pressionadas para que se tenha produtos de menor custo, melhor qualidade final e preservação ambiental

A escolha do negócio deve ser baseada na capacidade de suporte ambiental (clima e solo), na adaptabilidade da espécie ou cultivar e na viabilidade econômica, objetivando minimizar os riscos do investimento. Envolve linhas de ação complementares e interdependentes.

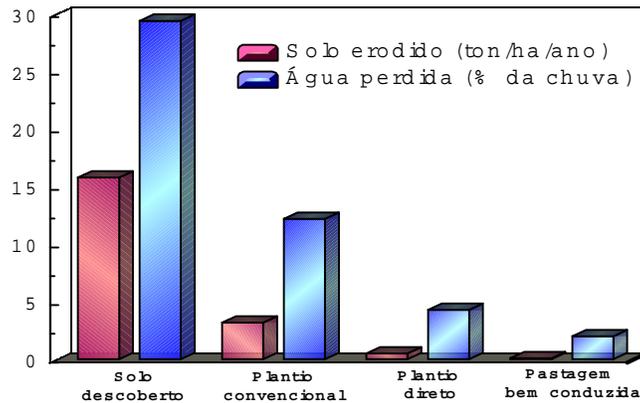
No que refere à questão ambiental, a ênfase deve ser na análise da capacidade de suporte ambiental (solo, clima, temperatura) em relação às demandas da cultura, estabelecendo um zoneamento de potencialidades e limitações (definição de unidades geoambientais), dentro de uma ótica de relação entre recursos naturais e aspectos socioeconômicos e sua integração no espaço agrícola.

## 2. Conservar Solo e Água

Existe grande variedade de métodos de conservação de solo e água. A decisão quanto à escolha cabe aos objetivos, que podem ser a redução da velocidade da enxurrada, o aumento da capacidade de armazenamento de água ou, ainda, a liberação do excesso de água no solo.

Normalmente, se usa uma combinação de métodos mecânicos em conjunto com medidas agronômicas, incluindo, por exemplo, cultivo em curva de nível, terraceamento, captação de águas e estruturas de estabilização.

Trabalho realizado por Alvarenga et al. (1998), com o objetivo de estudar o efeito de diferentes métodos de manejo de solo sobre as perdas de solo e água, sob condições de chuva natural, mostrou claramente que pastagem não degradada e plantio direto são os métodos de manejo de solo que maiores garantias oferecem do ponto de vista de conservação de solo e água no sistema (Figura 16).



**Figura 16.** Relação entre sistemas de produção e perdas de água das chuvas (Alvarenga et al., 1998).

Os resultados indicam a tremenda importância do sistema de produção em plantio direto, que hoje beira a casa de 20 milhões de hectares, e a da urgente necessidade de recuperação das grandes extensões de pastagens degradadas, como estratégias para aumentar a infiltração de água.

O plantio direto é definido como o processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato das sementes com a terra. É entendido como um sistema com os seguintes fundamentos que se interagem:

Eliminação/redução das operações de preparo do solo. Como resultado, há maior manutenção da estabilidade de agregados, melhorando a estrutura do solo, evitando compactação, com melhoria da taxa de infiltração da água de chuva e manutenção da umidade, melhorando o arejamento e a atividade biológica do solo e a manutenção da matéria orgânica do solo.

Uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas. O uso de herbicidas dessecantes significa substituir a energia mecânica

nica do preparo do solo (óleo diesel que é não renovável) pela energia química. É fundamental o uso de métodos integrados de controle de plantas daninhas, explorando o uso de culturas de cobertura, rotação de culturas e herbicidas específicos.

Formação da cobertura morta. Fornece proteção contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo o escoamento superficial e a erosão, protegendo o solo contra o efeito de raios solares, reduzindo a evaporação, a temperatura do solo e a amplitude térmica, protegendo o solo contra a ação de ventos, incorporando matéria orgânica ao solo, necessária a uma atividade microbiana mais rica, e permitindo maior reciclagem de nutrientes. Além disto, auxilia no controle de plantas daninhas, pela supressão ou efeito alelopático.

Rotação de culturas. A combinação de espécies com diferentes exigências nutricionais, produção de fitomassa e sistema radicular torna o sistema mais eficiente, além de facilitar o controle integrado de pragas, doenças e plantas daninhas.

Uso de semeadoras específicas. Requer substituição ou adaptação das semeadoras de plantio convencional.

### 3. Agrobiodiversidade

A agrobiodiversidade (diversidade de uso da terra) é o grau de diversificação de sistemas de produção na paisagem, incluindo pecuária e sistemas agroflorestais.

A grande maioria da superfície da terra já foi modificada pela intervenção humana e o impacto dessa intervenção nos sistemas naturais é um assunto cada vez mais crítico para o futuro.

A atividade agrícola leva a uma redução da biodiversidade, pois resulta da estruturação da área natural, com muitas espécies de plantas e animais convivendo em equilíbrio ecológico e dinâmico, para um sistema centralizado em uma ou um reduzido



número de espécies de plantas ou animais convivendo em desequilíbrio. Essa redução da biodiversidade em sistemas agrícolas é tradicionalmente considerada essencial para aumentar a produção de alimentos, forragens ou fibras.

A diversificação de cultivos tem uma relação com o controle biológico de pragas, pois favorece a abundância de inimigos naturais e sua efetividade, ao servir de hospedeiros/presas alternativos em momentos de escassez de pragas, serve de alimentação (pólen e néctar) para os parasitóides e predadores adultos de refúgios para a hibernação e nidificação de inimigos naturais e mantém populações aceitáveis da praga por períodos prolongados, de maneira a assegurar a sobrevivência continuada dos insetos benéficos (Altieri, 1992).

Manter uma base genética ampla na agricultura é essencial para garantir a elasticidade dos sistemas de manejo, porque possibilita maior número de opções para sistemas de produção alternativos e é a base para a melhoria no manejo de risco e resposta rápida.

### **Integração Lavoura/Pastagens**

Numa economia globalizada, a pecuária tem buscado alternativas para tornar-se mais competitiva. Nesse contexto, as pastagens ocupam lugar de destaque, por constituírem a parcela mais econômica na alimentação dos bovinos. Embora grande percentual das pastagens esteja degradada, a integração das atividades de agricultura e pecuária pode constituir-se numa solução técnica e economicamente viável para reformá-las.

A rotação de culturas anuais com pastagens é indicada como uma das alternativas para atingir esse propósito. A sustentabilidade econômica e ecológica dos sistemas de produção agropecuária poderá beneficiar-se mais da integração de culturas anuais com pastagens do que qualquer outra inovação; portanto, é necessário demonstrar o sinergismo

potencial entre pastagens e culturas anuais e compreender os princípios que o fundamentam.

Os benefícios da integração lavoura-pecuária podem ser sintetizados como: a) agronômicos, por meio da recuperação e manutenção das características produtivas do solo; b) econômicos, por meio da diversificação de oferta e obtenção de maiores rendimentos a menor custo e com qualidade superior; c) ecológicos, por meio da redução da erosão e da biota nociva às espécies cultivadas, com a conseqüente redução da necessidade de defensivos agrícolas; d) sociais, por meio da diluição da renda, já que as atividades pecuárias e agrícolas concentram e distribuem renda, respectivamente.

#### **Integração Suinocultura/Lavoura/Pastagens**

O avanço tecnológico na produção de suínos tem despertado interesse crescente em confinar animais em todas as fases do ciclo produtivo, culminando com elevados índices de produtividade por unidade de área e de tempo. Essa concentração de grande número de animais em pequenas áreas trouxe, como conseqüência, a produção de apreciáveis volume de dejetos no mesmo lugar. Problemas de ordem técnica, sanitária e econômica decorrentes do confinamento têm constituído um desafio para criadores, técnicos e pesquisadores. Para evitar ou minimizar tais problemas, faz-se necessária a reciclagem dos dejetos, dentro dos princípios de preservação ambiental.

Entre as alternativas de reciclagem para os dejetos, podem ser citadas a produção de gás metano (biogás) e outros tipos de energia, a transformação em adubos orgânicos processados, a alimentação de outras espécies, destacando-se bovinos e peixes, e a utilização como fertilizante. Essa última é que tem tido maior receptividade pelos agricultores, por ser de fácil operacionalização na propriedade e, principalmente, por minimizar os custos de produção dos alimentos destinados à criação.



Os dejetos de suínos podem ser benéficos como fonte primária de fornecimento de biofertilizantes para a produção de grãos e forragens. O aporte de resíduos orgânicos é uma excelente fonte de nutrientes, atendendo parcial ou totalmente as demandas das plantas, além de melhorar os atributos físicos e biológicos do solo. Por outro lado, quando o manejo não é adequado, existe a possibilidade de contaminação ambiental, como, por exemplo, a poluição dos mananciais de água com nitrato, do solo com metais pesados e antibióticos, podendo repetir experiências desastrosas, como as que ocorreram na Europa, nos Estados Unidos e mesmo no Brasil, em Santa Catarina.

A utilização de dejetos de suínos na produção de grãos e de pastagens, do ponto de vista agrônomo, econômico e ambiental, dentro de uma perspectiva que contemple a sustentabilidade agrícola regional, vem sendo feita com bastante sucesso na região dos cerrados (Konzen, 1997).

### **Sistemas Agrossilvopastoris**

Sistemas agrossilvopastoris ou agroflorestais (SAFs) são formas de uso e manejo dos recursos naturais, nos quais as espécies lenhosas (árvores, arbustos e palmeiras) são utilizadas em associação com cultivos agrícolas ou com animais, no mesmo terreno, de maneira simultânea ou em uma seqüência temporal.

De maneira geral, e por definição, sistemas agroflorestais são meios de produção que tendem a uma diversidade maior do que as monoculturas, o que lhes confere algumas vantagens. A simples existência de um componente arbóreo no sistema traz inúmeros efeitos positivos sobre a fertilidade do solo, controle de erosão e reciclagem dos nutrientes.

A essência do uso da terra pelos sistemas agroflorestais é que uma mesma diversidade de bens pode ser produzida numa área menor do que em outros sistemas de produção. De maneira

geral, as vantagens ecológicas da interação entre os componentes também são vantagens em termos de uso de mão-de-obra para a produção da mesma quantidade de produtos animais e/ou vegetais, em comparação com os sistemas de monocultura (Vaz, 2000).

#### 4 - Reduzir o Uso de Insumos

A aplicação de insumos agrícolas nos solos e nas culturas é prática comum na agricultura. Os principais objetivos do uso desses insumos são o aumento do suprimento de nutrientes, correção do pH e a proteção das lavouras contra patógenos e pragas. Essas práticas, além de aumentarem o custo de produção, podem causar degradação ambiental, quando não são adequadamente utilizadas. Assim, tem crescido o interesse em alternativas que possibilitem a redução do uso de insumos, como, por exemplo, a agricultura orgânica, o controle biológico e o manejo integrado de pragas e doenças.

##### Agricultura Orgânica

A Agricultura Orgânica vem se tornando uma opção cada vez mais importante, atendendo a uma clara e crescente demanda dos mercados consumidores, tanto em nível nacional como internacional. É um sistema de manejo sustentável da unidade de produção com enfoque sistêmico, que privilegia a preservação ambiental, a agrobiodiversidade, os ciclos biológicos e a qualidade de vida do homem.

Sistema de produção orgânico é todo aquele em que se adotam tecnologias que otimizam o uso de recursos naturais e socioeconômicos, respeitando a integridade cultural e tendo por objetivo a autosustentação, no tempo e no espaço. Um sistema de produção orgânica visa também maximizar os benefícios sociais e, ao mesmo tempo, minimizar a dependência de energias não renováveis. Da mesma forma, visa eliminar o emprego de agrotóxicos e de outros insumos industriais tóxicos,



organismos geneticamente modificados em qualquer fase do processo de produção, armazenamento e consumo.

### **Controle Biológico**

Essa prática, que se vale do uso de predadores ou patógenos, pode controlar muitas pragas e doenças de maneira mais barata e segura, comparativamente ao uso de quantidades maciças de pesticidas. O bacillus thuringiensis ou Bt, por exemplo, é uma bactéria natural que mata larvas de lepidópteros (borboletas e traças), mas que é inofensiva aos mamíferos. Grandes espécies animais, como aves, podem também ser utilizadas no controle de pragas e plantas daninhas em campos de cultivo. Plantas repelentes para controle de insetos e insetos herbívoros para controlar plantas daninhas são também alternativas importantes de controle biológico.

### **Manejo Integrado de Pragas**

O manejo integrado de pragas (MIP) é uma estratégia flexível e ecológica de controle de pragas, com base numa combinação de técnicas aplicadas em épocas específicas, culturas específicas e para pragas específicas.

Usam-se freqüentemente técnicas mecânicas como alternativa à aplicação química. O MIP não abdica integralmente do uso de pesticidas, mas, sim, usa-se a quantidade mínima necessária, junto com algumas práticas mecânicas, para efetuar o controle. Onde não há nenhuma alternativa ao controle químico, a dose única de um pesticida não persistente pode ser aplicada no momento em que os insetos ou as plantas daninhas estão mais vulneráveis.

O monitoramento cuidadoso e científico das populações dos organismos indesejáveis, para determinar o ponto ótimo econômico, bem como a melhor época, tipo e método de aplicação do pesticida, é crítico no MIP.

Na busca de uma agricultura sustentável, deve-se usar os

agroquímicos como uma segunda alternativa, usando, em primeiro lugar, todos os mecanismos de controle oferecidos naturalmente pelo sistema (o que é mais uma razão para aumentar a biodiversidade), o que se denomina controle integrado de pragas (CIP ou CID). Os princípios que devem orientar o produtor são:

- Usar a rotação de culturas para interromper o ciclo de vida dos insetos e patógenos.
- Ajustar a data de plantio e a densidade de plantio, para reduzir a emergência de ervas daninhas.
- Usar variedades resistentes.
- Dar ênfase à análise econômica do efeito nocivo, em lugar de inspeções visuais.
- Fazer uso do controle integrado de ervas daninhas, pragas e doenças, utilizando o máximo de informações, gerenciamento e técnicas de controle.

## 5 - Uso Racional da Água

O cenário atual aponta para a necessidade de focar a água como insumo estratégico e recurso natural limitado, com ênfase em dois aspectos principais: racionalização do uso e “produção” de água de boa qualidade (Figura 17).

### ÁGUA : INSUMO ESTRATÉGICO E RECURSO NATURAL FINITO



**Figura 17.** Diagrama ilustrativo da água como insumo estratégico e recurso natural finito (Santana et al., 2001).



Do ponto de vista da “produção” de água de boa qualidade, algumas estratégias e tecnologias diferenciadas são necessárias, enfocando tanto a dimensão da propriedade rural quanto a bacia e a região.

Para alcançar esses objetivos, as estratégias a serem desenvolvidas devem adotar alguns enfoques principais:

- Desenvolvimento e/ou adaptação de técnicas de contenção do escoamento superficial das águas de chuva para recarga do lençol freático, recuperação da vegetação (produção de fitomassa) e estabilização dos mananciais.
- Identificação e análise de zonas preferenciais de recarga de aquíferos, com vistas à conservação da quantidade da água e à sustentação e/ou incremento da infiltração nessas zonas .
- Manejo integrado de recursos naturais na bacia hidrográfica, buscando adequar a interveniência antrópica às características biofísicas dessas unidades naturais (ordenamento do uso/ocupação da paisagem.

observadas as aptidões de cada segmento e sua distribuição espacial na respectiva bacia hidrográfica, dentro de um enfoque hidroagrícola), sob gestão integrativa e participativa, de forma que sejam minimizados impactos negativos e se garanta o desenvolvimento sustentado.

Uma tecnologia adequada para captação de águas de chuva é o uso do sistema de barraginhas. Essa tecnologia consiste em dotar cada propriedade e, no conjunto, toda a bacia, de pequenas barragens ou miniaçudes, nos locais em que ocorram enxurradas volumosas e erosivas, barrando-as e amenizando seus efeitos desastrosos (Figura 18).



**Figura 18.** Barragem para captação de água de chuvas (Barros, 2000).

Acreditando no potencial dessa técnica para preservar o potencial hídrico de uma propriedade, foi desenvolvido, pela Embrapa Milho e Sorgo, um projeto denominado “Captação de Águas Superficiais de Chuvas em Barragens” (Barros, 2000).

A experiência, iniciada em pequenas propriedades, demonstrou que, através da construção de microbarragens de captação, é possível retornar ao lençol freático e mananciais um volume médio de 1.000 m<sup>3</sup>/ha/ano, após a ocorrência de dez a doze chuvas. A distribuição de barragens em uma microbacia forma uma verdadeira rede de captação de água, conservando-a no sistema. Além de contribuírem para a perenização de mananciais, com água de boa qualidade, as barragens possibilitam a recuperação de áreas degradadas pela chuva; retêm, junto com a água, materiais assoreadores e poluentes, como terra, adubo, agrotóxicos em geral, esterco com antibióticos etc., que iriam diretamente para os córregos e mananciais, provocando contaminação.

Do ponto de vista da racionalização do uso, a elevação na eficiência do uso de água para a agricultura constitui um desafio complexo, uma vez que abrange diferentes estratégias, em diferentes linhas de ação e escalas de atuação, a saber:



- Melhor aproveitamento da água de chuva, através de harmonização entre potencialidades ambientais (solo e água) de regiões, com as características genéticas e fisiológicas das culturas, na forma de um zoneamento agroecológico, com ênfase para as relações solo-água-planta-ambiente, em escala regional.
- Tecnologia de manejo e racionalização no uso da água e outros insumos para agricultura irrigada, em escala parcelar ou de propriedade, com o objetivo de aumentar o retorno (físico e econômico) da produção, por unidade de água utilizada, dentro de um contexto sustentável.

Vale mencionar que a Embrapa vem conduzindo projetos de pesquisa, alguns já com resultados positivos, no sentido de atender a essas demandas, como o projeto de zoneamento agrícola, cujos resultados propiciaram uma economia significativa de recursos em função da redução de riscos e perdas na produção agrícola.

Os estudos de manejo e racionalização da irrigação apresentam resultados que permitem o aumento de produtividade com o uso de menores volumes de água e insumos na produção irrigada.

Os sistemas agrossilvopastoris combinam as atividades agrícolas, pecuárias e florestais e constituem uma alternativa bastante promissora para que o produtor possa preservar áreas de recarga e de proteção e conseguir renda para o seu sustento.

Deve-se ressaltar, ainda, que todas as ações de conservação do recurso água e solo ocorrem na propriedade rural e que o agricultor é o principal ator nesse processo. Tanto pode atuar no sentido da conservação quanto da degradação.

É de primordial importância que se estabeleçam mecanismos de incentivo àqueles que desenvolvem ações que levem à “produção de água” de boa qualidade.

## 6 - Adequação de Estradas

As estradas de acesso internas e vicinais e os carreadores deverão ser bem locados e conservados. As suas saídas laterais de água deverão ser destinadas a bacias de captação e acumulação. As obras para correção da erosão nas estradas das bacias incluem: retificação, acostamentos, ensaibramentos, correção de leitos, obras de drenagem, canais divergentes, etc.

## 7 - Tratamento de Esgotos

Todas as águas servidas são também denominadas esgotos ou águas residuárias, por possuírem em sua composição resíduos sólidos, tanto em suspensão como dissolvidos. São de origem doméstica, agroindustrial e agrícola. Essas águas, quando lançadas diretamente sem qualquer tratamento, poderão afetar de maneira adversa as microbacias, o solo, os lençóis subterrâneos, os corpos d'água receptores, etc.

A ausência total ou parcial dos serviços públicos de esgotos sanitários nas áreas urbanas, suburbanas e rurais exige a implantação de algum meio de disposição dos esgotos, para evitar a contaminação tanto do solo como da água.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão dos recursos naturais deve contar com o estabelecimento de uma rede multi-institucional que permita o monitoramento ambiental e possibilite o embasamento para o planejamento e intervenções a serem realizadas nas diferentes bacias hidrográficas.

A proposta, então, é para o manejo integrado de recursos naturais, em nível de bacias hidrográficas, referindo-se, em última instância, ao ordenamento do uso/ocupação da paisagem, observadas as aptidões de cada segmento e sua distribuição espacial na bacia. Trata-se, portanto, de uma proposta concreta para o desenvolvimento sustentado, aqui entendido como o uso dos recursos naturais para fins múltiplos e ocupação dos ecossistemas, observados seus respectivos limites de aptidão, atentando para a prevenção, correção e mitigação de prováveis impactos ambientais indesejáveis sob o ponto de vista econômico, social e ecológico.

A abordagem adotada deve integrar os aspectos ambientais, sociais, econômicos, políticos e culturais, com ênfase no primeiro, pois a capacidade ambiental de dar suporte ao desenvolvimento é de primordial importância pois há sempre um limite a partir do qual todos os outros aspectos são inevitavelmente afetados. Em outras palavras, o uso e a ocupação são condicionados pelas características ambientais e sócio-econômicas de cada bacia.

## BIBLIOGRAFIA

ABRAMOVAY, R. O futuro das regiões rurais. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2003

ALTIERI, M.A. Agroecologia, as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro, PTA/FASE, 1989. 157p.

ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; SANS, L.M.A. Perdas de solo e água em um latossolo vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 22, 1998, Recife, PE. CD ANAIS... Recife: SBMS, 1998. 1CD ROM

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C. & SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 208: 25-36, 2001.

ANTUNES, A. Ciclo hidrológico, água, solo e meio ambiente. Extensão em Minas Gerais, Belo Horizonte, 48: 16- 19, 1992.

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

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo, Ícone, 1999. 4ª Edição.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D. & PASSOS, E. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Vol. II- Intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concentração de bens minerais. Florianópolis, Editora da UFSC, 1996.

BLACK, P.E Watershed hidrology. New York, 1996.

BRASIL. Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas –



manual operativo. Ministério da Agricultura, Comissão Nacional de Coordenação do Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas. 1987. 60p.

CHAVES, H. M.L. Efeitos do plantio direto sobre o meio ambiente. In: SATURNINO, H. M.; LANDERS, J.N. (Eds) O meio ambiente e o plantio direto. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997, p.57-66.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda, 1974. 149 p.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C. & SANTANA, D.P. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 208: 13-24, 2001.

CUNHA, S.B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J.T. & CUNHA, S.B., organizadores. Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1995. 2ª ed. p. 211-252.

DERPSCH, R. Agricultura sustentável. In: SATURNINO, H. M.; LANDERS, J.N. (Eds) O meio ambiente e o plantio direto. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. Cap. 2, p.29-48

DORAN, J.W., LIEBIG, M.A. & SANTANA, D.P. Soil health and global sustainability. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16<sup>th</sup>, 1998. International Society of Soil Science. Montpellier, France. Proceedings, Montpellier: ISSS, 1998. CD ROM

ERNESTO SOBRINHO, F.; RESENDE, M.; MOURA, A. R.B; SCHAUN, N. & RESENDE, S.B. Sistema do pequeno agricultor do Seridó Norte-Riograndense: a terra, o homem e o uso. Mossoró, Fundação Guimarães Duque, 1983. 200p. (Coleção Mossoroense, 276).

GUERRA, A. J.T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J.T. & CUNHA, S.B., organizadores. Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1995. 2ª ed. p. 149-209.

JENNY, H. Factors of soil formation. New York and London, McGraw-Hill Book Company, 1941.281p.

KONZEN, E.A.; PEREIRA FILHO, I.A.; BAHIA FILHO, A.F.C. & PEREIRA, F.A. Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho. Sete Lagoas, Embrapa-CNPMS. Circular Técnica 25,25p.1997.

MUZILLI, O. O manejo sustentável do solo. Ação ambiental, Viçosa, v. 1, n.2, p. 16-19, 1998.  
ODUM, E.P. Ecologia. Rio de Janeiro, Discos CBS, 1985. 434p.

OLIVEIRA, P.A.V.(coord.). Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia, EMBRAPA-CNPMS, Série Documentos, 27, 188p.1997.

RESENDE, M. & REZENDE, S.B. Levantamento de solos; uma estratificação de ambientes. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 9: 3-25,1983.

RESENDE, M. O manejo do solo na agricultura sustentável. In: ALMEIDA, J. & NAVARRO, Z., eds. Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva de um desenvolvimento rural sustentável. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. p.253-288.

RESENDE, M.; CURI, N. & LANI, J.L. Reflexões sobre o uso dos solos brasileiros. Tópicos Ci. Solo, 2:593-643, 2002.

RESENDE, M.; CURI, N. & SANTANA, D.P. Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações. Piracicaba, MEC/



ESAL/POTAFOS, 1988. 83p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 3ª ed. Viçosa, NEPUT, 1999. 369p.

SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C. & HERNANI, L.C. Rotação lavoura pastagem no sistema plantio direto. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 208:92-99, 2001.

SANTANA, D.P. & BAHIA FILHO, A.F.C. A ciência do solo e o desafio da sustentabilidade agrícola. In: Boletim Informativo- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. Vol.23 nº2: p 19-23.1998.

SANTANA, D.P. & SANS, L.M.A. Classificação de Solos e Irrigação. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 44 pg.

SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C.; COUTO, L. & BRITO, R.A.L. Água: recurso natural finito e insumo estratégico. Embrapa Milho e Sorgo, 2002.

SANTANA, D.P. & MACHADO, R.M. Uso do solo e biodiversidade. XXVII CONGRESSO BRASILEIRO de CIÊNCIA do SOLO. Brasília, 1999. Anais: CD-ROM.

SOUZA, E.R. & FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 207: 15-20, 2000.

VAZ, P. Sistemas agroflorestais como opção de manejo para microbacias. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, 207:75-81. 2000.