



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

VULNERABILIDADE **AMBIENTAL**

Desastres naturais ou fenômenos induzidos?

ORGANIZAÇÃO

Rozely Ferreira dos Santos

Adilson Pinheiro | Ana Luiza Coelho Netto | André S. Avelar | Antonio Carlos Zuffo | Antonio G. Pires Neto | Cristina Q. T. Maffra
Dirce Maria A. Suertegaray | Eduardo S. Macedo | José Roberto de Lima | Mara A. M. Weill | Marcelo Mazzola
Marcos O. Santana | Ricardo Vedovello | Rozely Ferreira dos Santos | Sueli Thomaziello | Verônica S. Caldeyro | Waldir Mantovani



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Luiz Inácio Lula da Silva – Presidente

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

Marina Silva – Ministra de Estado

João Paulo Ribeiro Capobianco – Secretário Executivo

SECRETARIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E QUALIDADE AMBIENTAL

Thelma Krug - Secretária

Rudolf de Noronha - Diretor de Qualidade Ambiental

Ademilson J. Zamboni – Gerente

Sérgia de Souza Oliveira – Gerente

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO

Eustáquio Luciano Zica – Secretário

Silvano Silvério da Costa – Diretor de Ambiente Urbano

Marcos Pellegrini Bandini – Gerente

Moacir Moreira da Assunção – Gerente

Ministério do Meio Ambiente

VULNERABILIDADE **AMBIENTAL**

Desastres naturais ou fenômenos induzidos?

Organização

Rozely Ferreira dos Santos

COORDENADORA GERAL

Rozely Ferreira dos Santos

EQUIPE TÉCNICA

Cristina Q. T. Maffra

Marcelo Mazzola

Márcia Bertolo

Silvia Regina da Costa Gonçalves

Rosângela de Assis Nicolau

AGRADECIMENTOS

Ao ex-Secretário de Qualidade Ambiental Victor Zular Zveibil e ao Diretor de Qualidade Ambiental Rudolf de Noronha pelo estímulo na condução dos trabalhos;

As imagens desta publicação foram gentilmente cedidas por:

Fundação Casa da Cultura de Marabá, Defesa Civil de Salvador, Nelson Amaral Eustáquio, André Luiz Lima, Myriam Abdon, Associação Guardiã da Água, Antonio Scarpinetti, Juca Matins/Olhar Imagem, L.T.B.Rizzo, Instituto Geológico-IG/SP, Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT/SP, IPA/FURB, Comissão Geológica e de Recursos Naturais do Canadá, Oscar de Moraes Cordeiro Netto, Jornal A Região, Prof. Luis Klering (Terra Gaúcha), Embrapa Semi-árido, Funceme, SOS Mata Atlântica.

Agradecimentos especiais às contribuições dos pesquisadores Ruth Maria Bianchini de Quadros e José de Andrade Raiol.

A Elaboração dos documentos que compõe esta publicação são da inteira responsabilidade de seus autores.

Catlogação na Fonte

Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

V991 Vulnerabilidade Ambiental / Rozely Ferreira dos Santos, organizadora. – Brasília: MMA, 2007.
192 p. : il. color. ; 29 cm.

Bibliografia
ISBN 978-85-7738-080-0

1. Conservação da natureza. 2. Planejamento ambiental. 3. Impacto ambiental. I. Ministério do Meio Ambiente. II. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. III. Título.

CDU(2.ed.)502.03

PREFÁCIO

Vivemos em paisagens cada vez mais povoadas e as cidades encontram-se em constante ampliação. É muito comum ver áreas naturais serem substituídas por áreas urbanas ou agricultura e entrecortadas por rodovias, dutos ou linhas de transmissão. Todos os empreendimentos voltados para a vida do homem, via de regra, se sobrepõem aos espaços e arranjos antes formados pelos elementos naturais, interferindo, de maneira contundente, nas relações e dinâmicas antes estabelecidas. Este fato é facilmente constatado pelo rastro de degradação e pelo comprometimento das funções ecológicas que hoje observamos.

As relações espaciais da cidade com as áreas naturais são cada vez maiores e vêm criando um ambiente de discussão sobre formas e estratégias para conter o processo histórico de perda de biodiversidade e de recursos naturais. Essas novas proposições não são tão fáceis de serem gerenciadas. O primeiro ponto a ser enfrentado é que, historicamente, não se consideravam as variáveis necessárias para garantir a conservação dos recursos naturais, muitas vezes entendidos como recursos ilimitados. As exigências ambientais, relacionadas tanto ao equilíbrio do meio quanto à qualidade de vida do Homem, pressupõem a manutenção de mecanismos que muitas vezes não são vistos como relevantes no processo de povoamento e urbanização. Para compreender a importância das paisagens é necessário reconhecer frações de tempo muito maiores do que a história do Homem e empreender uma leitura sistêmica que considere os resultados sinérgicos dos diferentes elementos de composição do meio. É necessário reconhecer que cada pequena porção de território apresenta um conjunto próprio de respostas frente às mudanças ambientais e diferentes formas de uso e ocupação.

Uma importante lição da leitura de paisagem é que toda e qualquer situação desastrosa é sempre precedida por uma mudança. O ambiente é dinâmico. Isto significa que uma situação de equilíbrio sempre pode, de forma abrupta ou gradual, ser transformada em uma situação de não equilíbrio. A questão é responder em que medida as alternativas de uso e ocupação da terra estão contribuindo ou induzindo essa transformação que pode resultar em um evento desastroso para o Homem. Uma floresta de encosta de montanha, por exemplo, pode ser desmatada, fragmentada e degradada para construção de um núcleo urbano e, como consequência, a erosão será acelerada, uma área poderá ser inundada, uma parte da encosta poderá sofrer deslizamento e assim por diante. O capítulo 1 mostra que essas situações no Brasil são muito mais comuns do que se pensa. Muitas delas, que se manifestam como desastres para o Homem, podem ser evitadas quando percebemos a paisagem como uma fração do espaço que recebe forças naturais propulsoras que, por sua vez, acionam processos decorrentes.

Os capítulos 1 e 2 conduzem a idéia de que, para alcançar uma melhor qualidade ambiental, a tomada de decisão sobre proposições corretas de uso e ocupação da terra deve sempre considerar a questão: em que medida o uso e ocupação da terra está contribuindo ou induzindo para a ocorrência de uma transformação indesejada? No capítulo 3, podemos verificar que as diferentes formas de uso podem ser observadas por seus padrões e estruturas. Cada padrão representa um conjunto próprio de exigências e condições de uso. A paisagem, dentro do seu comportamento dinâmico que associa diferentes padrões, apresenta mecanismos e condições específicas. Quando o objetivo é evitar ou minimizar a ocorrência de um impacto negativo de grande magnitude, como a erosão e assoreamento (capítulo 4), é necessário, em primeiro lugar, perceber os principais padrões, mecanismos e fatores condicionantes que a paisagem apresenta, para depois tomar decisões sobre o seu controle.

Vamos agora voltar a lembrar que, à medida que o Homem vai ocupando espaços, os padrões vão se alterando. Cada nova composição impulsiona novas linhas de evolução, novos mecanismos e novos condicionantes. Portanto, é primordial reconhecer os fatores indutores das transformações passadas que interferiram na atual dinâmica do local avaliado. Os mecanismos e condicionantes originados pelas forças da natureza se

apresentam por variações de longas datas e explicam a formação de paisagens. Cada uma delas apresenta uma determinada vulnerabilidade a ação humana, devido às características e funções de seus componentes. Entretanto, é necessário ter em mente que componentes como o clima, a composição do modelado terrestre, as características e propriedades dos terrenos são elementos do sistema que não podem ser facilmente alterados pelo Homem. Em uma escala maior, os efeitos da ação humana podem ser muito mais sentidos pelo próprio Homem do que pela Natureza. Nada melhor para ilustrar esse fato como apresentar o comportamento da água em diferentes escalas de observação e em diferentes níveis de interferência (capítulo 5). Aliás, é importante ressaltar que em estudos de paisagem a água e a vegetação (capítulo 10) representam elementos fundamentais para entender a dinâmica e a vulnerabilidade de um território, em função de suas sensibilidades às condições impostas. O capítulo 10, por exemplo, descreve como a vegetação pode expressar, através da observação de suas características estruturais e funcionais, a qualidade do ambiente e o seu papel controlador, seja em nível de indivíduo, de comunidade, de ecossistema ou de bioma. Evidencia como a vegetação, ou o sistema em que está inserida, reage distinta e rapidamente a variações de diferentes grandezas.

Em síntese, as diversas alternativas de uso e ocupação das terras sobre diferentes terrenos, sejam observados em macroescala ou em microescala, podem induzir, direta ou indiretamente, desastres ou situações indesejáveis ao Homem. Elas costumam alterar a dinâmica da paisagem, modificando a capacidade do meio em responder aos processos naturais. Se não podemos evitar determinadas forças e fenômenos da Natureza, por outro lado, podemos modificar, para melhor, as formas como as intervenções humanas atuam na paisagem. Este é o caminho de debate que os capítulos 4 a 9 adotaram para explicar os fenômenos de erosão, de enchentes, de deslizamentos de encostas, de desertificação e de arenização que, em determinadas situações, se transformam em desastres. Estes capítulos evidenciam que, para cada desastre, há causas e conseqüências ambientais e sociais, cuja severidade e risco dependem intimamente do grau de interferência inadequada que o Homem fez dentro do seu espaço. Eles também mostram que os desastres podem ser maiores diante de certas situações de agravamento ou atenuados mediante certas medidas preventivas ou mitigadoras. Os autores relatam que a sociedade, diante da possibilidade de um desastre, lança mão das mais diversas formas ou mecanismos de solução. São descritos recursos tecnológicos, medidas estruturais, instrumentos legais, mecanismos institucionais ou participação pública. A pergunta permanente nesses capítulos é: qual a medida ou qual o conjunto de medidas ideal para evitar que o desastre ocorra? Obras civis para sua contenção? Leis? Participação pública? Independentemente do fenômeno avaliado, a resposta sempre caminha na direção da necessidade do conhecimento e do reconhecimento da importância da vulnerabilidade do meio em que se vive.

Todos os capítulos lembram que a vulnerabilidade do sistema e os desastres ambientais nunca dependem de um único fator ou variável, mas de um conjunto deles, que determinam as condições do meio. Desta maneira, eles conduzem à conclusão que, para tomar decisões em um território, mesmo que sob a perspectiva de um único fenômeno, é necessário compreender a intrincada rede de componentes, variáveis e funções que determinam o fenômeno e compõem a paisagem. Essa é uma tarefa complexa, pois exige uma leitura criteriosa baseada em conhecimentos multidisciplinares. Além disso, exige uma compreensão simultânea de aspectos naturais e humanos historicamente polarizados. É nessa direção que o capítulo 9, abordando o planejamento, evidencia as estratégias que permitem uma visão integrada tanto das condições do meio como das ações ou medidas selecionadas em um processo de tomada de decisão. Na verdade, esse capítulo final só vem reforçar o que todos os outros evidenciaram, ou seja, que a proposição de soluções eficientes para deter ou evitar desastres só é válida se a tomada de decisão for feita a partir de uma base científica sólida e visão interdisciplinar sobre o meio planejado, somado à compreensão de que não somos capazes de deter os fenômenos naturais.

Os autores

SUMÁRIO

Prefácio	3
Apresentação	7
Capítulo 1 - As razões dos desastres em território brasileiro	9
Capítulo 2 - Paisagens, condicionantes e mudanças	13
Capítulo 3 - Usos da terra e sua influência sobre a qualidade ambiental	23
Capítulo 4 - Erosão e assoreamento	39
Capítulo 5 - O uso da terra e a dinâmica hidrológica	59
Capítulo 6 - Deslizamentos de encostas	75
Capítulo 7 - Enchente e inundação	95
Capítulo 8 - Drenagem urbana	107
Capítulo 9 - Desertificação e arenização	123
Capítulo 10 - Vegetação, vulnerabilidade e qualidade ambiental	143
Capítulo 11 - Planejamento da paisagem	165
Glossário	176
Referência Bibliográfica	180
Autores	190

APRESENTAÇÃO

Com o objetivo de apoiar as cidades brasileiras no aperfeiçoamento da gestão ambiental urbana, o Ministério do Meio Ambiente, em parceria com o Ministério das Cidades e com o PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o UN-HABITAT - Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos, concebeu o projeto “Estratégia de Apoio à Gestão Ambiental Urbana”.

Este projeto visa inserir nos instrumentos urbanísticos a variável ambiental de maneira contundente. Foram escolhidos municípios com diferentes características espaciais e ambientais, para a execução de projetos-piloto. Nestas cidades, as equipes técnicas locais exercitaram a elaboração de seus Planos Diretores de Desenvolvimento Municipal ao mesmo tempo em que se dedicavam aos estudos preparatórios da Avaliação de Vulnerabilidades Ambientais, do Relatório GEO Cidades e das Consultas Urbanas, sempre acompanhados pelos técnicos dos Ministérios do Meio Ambiente e das Cidades e das duas agências da ONU parceiras.

Neste estreito contato entre os técnicos das Prefeituras e dos Ministérios confirmou-se a relevância da avaliação das vulnerabilidades ambientais no planejamento municipal e no ordenamento do espaço urbano. Questões como deslizamentos, inundações, desertificação, erosão e assoreamento produzem grandes impactos no cotidiano da população, gerando significativas perdas ambientais e financeiras, tanto públicas como privadas.

Neste processo, constatamos a carência de material técnico disponível sobre o tema voltado especificamente para os interesses e necessidades dos gestores municipais. Desta lacuna surgiu o livro “Vulnerabilidade Ambiental”. Encontramos na Professora Rozely Ferreira dos Santos, da área de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, a organizadora ideal para a condução desta publicação, tanto em sua concepção geral, como na escolha de especialistas de todo o país para a redação dos capítulos e para a homogeneização dos conteúdos.

Inicialmente, todas estas ações foram coordenadas pela equipe da Diretoria de Gestão Territorial da Secretaria de Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente. Com a nova estrutura regimental do Ministério, editada em maio de 2007, foi criada a Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, com um específico Departamento de Ambiente Urbano, que a partir de então é o responsável pela condução da política ambiental urbana e pela definição de estratégias para a implementação de programas e projetos em temas relacionados com a avaliação e a mitigação de vulnerabilidades e fragilidades ambientais em áreas urbanas, e com o desenvolvimento e aperfeiçoamento de instrumentos locais e regionais de planejamento e gestão que incorporem a variável ambiental.

Em um passado recente os temas aqui abordados eram encarados estritamente como fenômenos naturais, de previsão incerta e inconstante, não incorporados ao processo de planejamento das cidades. Esta publicação explicita a importância da ação antrópica na agudização destes processos e traz para dentro da administração municipal a discussão sobre a possibilidade de se trabalhar na mitigação de suas causas e na prevenção de suas consequências. Estamos certos que os gestores públicos municipais e demais interessados no tema encontrarão neste livro uma importante ferramenta para a compreensão destas vulnerabilidades e para a melhoria da qualidade ambiental das cidades brasileiras.

Thelma Krug

Secretária de Mudanças Climáticas
e Qualidade Ambiental

Eustáquio Luciano Zica

Secretário de Recursos Hídricos e
Ambiente Urbano

CAPÍTULO I

AS RAZÕES DOS DESASTRES EM TERRITÓRIO BRASILEIRO

■ Cristina Q.T. Maffra & Marcelo Mazzola



O USO DE CANOAS DURANTE AS ENCHENTES

FONTE: FUNDAÇÃO CASA DA CULTURA DE MARABÁ

CAPÍTULO 1

AS RAZÕES DOS DESASTRES EM TERRITÓRIO BRASILEIRO



Quem já não se pegou diante de notícias de terremoto ou tsunami dizendo: “que desastre!”? Nós facilmente reconhecemos o fenômeno porque fazemos uma relação direta do acontecimento com todo tipo de acidente funesto, que é fatal para o homem ou que resulta em algum tipo de desgraça. Sabemos que os prejuízos podem ser tanto para o Homem quanto para o meio que ele faz parte.

Quem já não se pegou diante de notícias de terremoto ou tsunami na Ásia dizendo: “pelo menos no Brasil nós não temos esses problemas”? É verdade. Terremotos, tsunamis e erupções vulcânicas não ocorrem no Brasil ou, pelo menos, não existe uma tendência natural para que tais fenômenos ocorram, dadas as características da crosta terrestre do nosso país. Porém, será que estamos livres da ocorrência de desastres naturais?

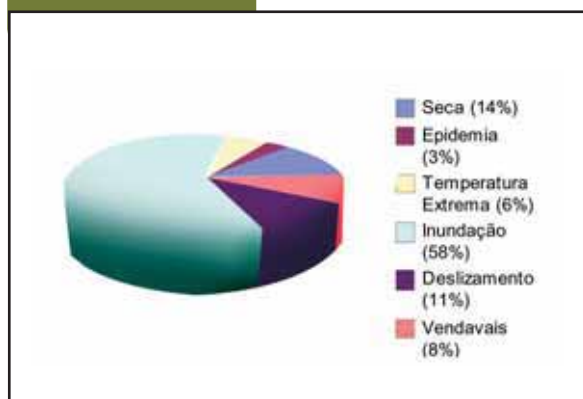
Segundo a base de dados internacional sobre desastres da Universidade Católica de Louvain, Bélgica, entre 2000 e 2007 mais de 1,5 milhões de pessoas foram afetadas por algum tipo de desastre natural no Brasil. Os dados também mostram que, para este mesmo período, ocorreram no país cerca de 36 grandes episódios de enchentes, secas, deslizamentos de terra e o prejuízo econômico gerado por esses eventos é estimado em mais de US\$ 2,5 bilhões.

Esses exemplos demonstram que desastres naturais afetam, sim, o Brasil. Porém, eles não são de origem tectônica, como é o caso de terremotos, tsunamis ou derrames vulcânicos. No nosso país os desastres tendem a estar relacionados a fenômenos climáticos, potencializados pela ação do homem.

Avalia-se que, no Brasil, os desastres naturais mais comuns são as enchentes, a seca, a erosão e os escorregamentos ou deslizamentos de terra (figura 1.1). Eles são responsáveis por um número elevado de perdas humanas e materiais todos os anos (figura 1.2).

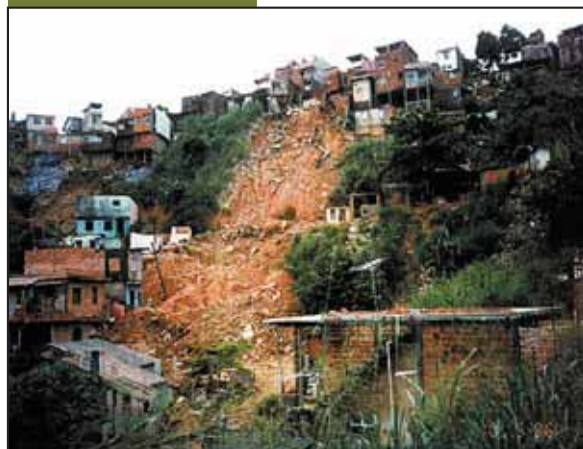
Um panorama interessante que se obteve sobre a incidência de desastres naturais no Brasil é dado pela Pesquisa de Informações Básicas Municipais -

FIGURA 1.1



Principais desastres naturais no Brasil entre 2000 e 2007

FIGURA 1.2



Deslizamento de terra, Barro Branco – Salvador, 1996

Fonte: Defesa Civil - Salvador

MUNIC, realizada pelo IBGE em 2002 e publicada em 2005. Essa pesquisa, que enfoca a ótica do gestor municipal, mostra que no Brasil os maiores desastres relacionam-se a inundações, escorregamentos e erosão e que esses processos estão fortemente associados à degradação de áreas frágeis, potencializada pelo desmatamento e ocupação irregular.

Os dados revelaram que cerca de 50% dos municípios brasileiros declararam ter sofrido algum tipo de alteração ambiental nos 24 meses anteriores à pesquisa e, dentre estes, cerca de 16% sofreram com deslizamento de encosta e 19% com inundações. Outro fenômeno enfocado é a alteração da paisagem causada pela erosão do solo, resultando em voçorocas, ravinas e deslizamentos (capítulo V). Os dados da pesquisa mostraram também que, dos municípios que sofrem com deslizamento de terra, 25% associam esse fenômeno à degradação de áreas protegidas e à ocupação irregular de áreas frágeis, outros 34% atribuíram como causa o desmatamento. No caso dos municípios com problemas de inundação, aproximadamente 25% atribuíram o fato à degradação de áreas protegidas e à ocupação irregular de áreas frágeis e 30% ao desmatamento. Em síntese, de acordo com as informações obtidas pela MUNIC, processos como deslizamento de encostas, inundações e erosão estão fortemente associados à degradação de áreas frágeis, potencializada pelo desmatamento e ocupação irregular (figura 1.3).

Esse tipo de informação conduz os pesquisadores a concluir que no Brasil há uma relação muito estreita entre o avanço da degradação ambiental, a intensidade do impacto dos desastres e o aumento da vulnerabilidade humana. Na verdade, arriscamos dizer que a degradação ambiental aumenta a possibilidade de ocorrência de perigos naturais e, frequentemente, ocorre a possibilidade do perigo se transformar em uma situação previsível, geradora de desastres, causando danos às pessoas. Um exemplo comum desse fato é ilustrado pela Estratégia Internacional para Redução de Desastres (ISDR, 2003): "...as inundações dos rios e lagos são agravadas pelo desmatamento pois o desmatamento e o mau uso do solo potencializam processos erosivos e assoreiam os rios, rios assoreados tendem a causar inundação".

Buscando garantir a função ambiental e evitar que áreas potenciais se transformassem em áreas de risco, a legislação ambiental prevê a existência de áreas de preservação permanente ao longo de rios, lagos e lagoas, em encostas íngremes e topos de morro, são as chamadas APPs. Essas áreas, naturalmente mais suscetíveis a processos como inundações e escorregamentos, estão protegidas legalmente, inclusive em áreas urbanas.

Porém, o que se observa é que a dificuldade do acesso à terra e à moradia em áreas urbanas, associada a baixa atuação do poder público levou a um quadro de ocupação irregular dessas áreas, especial-

FIGURA 1.3



Voçoroca no Município de Ivinhema - MS
Foto: Nelson Amaral Eustáquio/MMA.

mente nos grandes centros urbanos. E neste contexto a degradação ambiental possui um vínculo estreito com a realidade de pobreza da população urbana e do não acesso à terra, tornando a população de baixa renda a mais vulnerável a desastres naturais.

Há que se pontuar, porém, que não é somente o quadro de desigualdade ao acesso à terra o único responsável pela degradação ambiental. O desrespeito à legislação, muitas vezes motivado pela especulação imobiliária, o mau uso do solo, o desmatamento tem gerado um quadro de degradação responsável pela potencialização a processos de risco.

Desta forma, é fundamental que a estratégia para redução de desastres, sob a ótica do desenvolvimento sustentável, enfoque proposições no sentido de fortalecer políticas de ordenamento territorial com ênfase na gestão ambiental, concomitantes a políticas de acesso à habitação, às políticas de combate ao desmatamento e de combate à degradação de áreas ambientalmente vulneráveis, ações estas que atuam diretamente na prevenção a desastres.

Em suma, o uso impróprio dos recursos naturais, a ocupação de áreas com maior suscetibilidade natural e o desmatamento são, no Brasil, os principais fatores que potencializam a ocorrência de desastres naturais. Porém, havendo vontade política, haverá um gerenciamento apropriado, ou seja, que respeita a legislação, os planejamentos e planos ambientais existentes. Nessa direção, poderá ser criada uma ferramenta de gestão valiosa, que contribui para a redução dos impactos sobre o bem-estar da população.

Não somos somente nós, brasileiros, que pensamos assim. A comunidade internacional vem

nas últimas décadas reconhecendo que estudos sobre desastres e risco devem estar fundamentados e relacionados a problemas ambientais. Recentes estudos elaborados para os relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC sugerem que, potencializado pelas atividades antrópicas, haverá aumento de temperatura média global entre 1,4 a 5,8 °C até o final deste século. Isso poderá levar à aceleração do ciclo hidrológico, gerando intensificação de eventos extremos. Com isso, eventos como deslizamento de terra, inundações e vendavais podem tornar-se mais freqüentes e

intensos, principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil, enquanto o quadro de desertificação pode agravar-se na região nordeste.

É com base nessas considerações que os capítulos seguintes foram construídos – objetivando oferecer um conteúdo integrado, que verse sobre vulnerabilidade ambiental e desastres comuns em territórios brasileiros, frente a diferentes interferências humanas. Talvez este apoio conceitual possa auxiliar alguns tomadores de decisão na formulação de propostas e ações referentes à gestão dos seus territórios.

LEITURAS RECOMENDADAS

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2005. Pesquisa de Informações Básicas Municipais - MUNIC, Rio de Janeiro.

OFDA/CRED, 2007. International Disaster Database. (<http://www.em-dat.net>). Universidade Católica de Louvain, Bruxelas, Bélgica.

Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) disponibiliza diversas publicações sobre desastres disponíveis em: (<http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes.asp>)

CAPÍTULO 2

PAISAGENS, CONDICIONANTES E MUDANÇAS

■ Rozely Ferreira dos Santos & Verônica Sabatino Caldeyro



DESMATAMENTO EM SANTA CATARINA

FONTE: ADAPTAÇÃO DO ARTIGO DESMATAMENTO –
<http://paginas.terra.com.br/lazer/staruck/desmatamento.htm>

CAPÍTULO 2

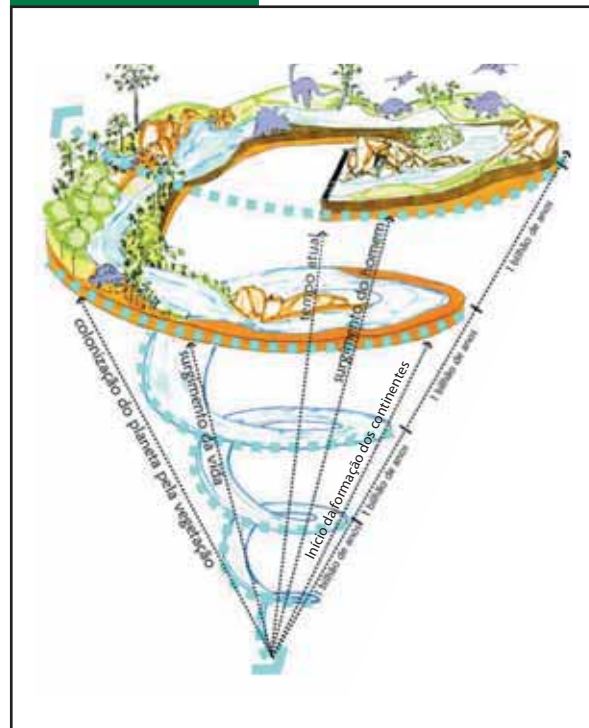
PAISAGENS, CONDICIONANTES E MUDANÇAS

O planeta Terra vem construindo sua história a mais de 3.500 milhões de anos. É uma história longa e complexa, repleta de constantes transformações capazes de evidenciar uma sucessão de estados que se alternam entre situações de não-equilíbrio e equilíbrio, resultando em diferentes paisagens. Uma paisagem é, então, a expressão de processos compostos de uma sequência de mudanças que ocorreu em uma determinada fração de tempo (figura 2.1).

As mudanças ocorreram e ainda ocorrem, desencadeadas pela ação de agentes naturais em um passado distante e agentes naturais e humanos no tempo presente. A paisagem que vemos hoje é um retrato dos acontecimentos do passado e, sem dúvida, não será a mesma no futuro. A água da chuva e vento, por exemplo, são agentes naturais que podem estar neste instante intervindo na paisagem que você vê, desagregando e carregando grãos da superfície de um solo para acumular em outro local (figura 2.2). Quando essa transformação causada pelos agentes se manifesta no tempo e no espaço, reconhecida pela simples observação ou pelo conhecimento científico, chamamos o fato de fenômeno, desta forma, erosão, inundação, enchente, desertificação e arenificação são fenômenos, ora resultantes exclusivamente de agentes naturais, ora acelerados ou induzidos pelas ações humanas. Cada um desses fenômenos citados pode ser descrito pelo seu próprio processo

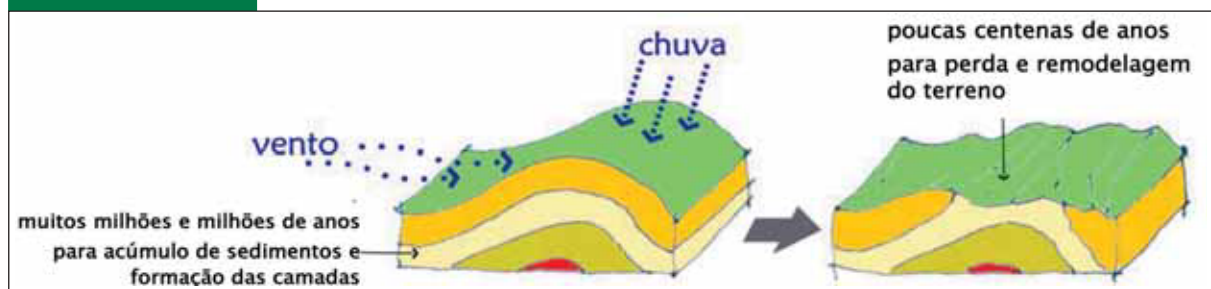
e a cada estado que se identifica nesse processo nós chamamos de evento. Eventos não ocorrem na mesma velocidade, mas podem ocorrer no mesmo espaço. É essa combinação infinita, originada de milhões de anos, que você pode, neste momento, observar andando na região onde mora.

FIGURA 2.1



A espiral do tempo e a contínua mudança do espaço por meio de processos ou uma sequência de estados que podem ser observados na paisagem.

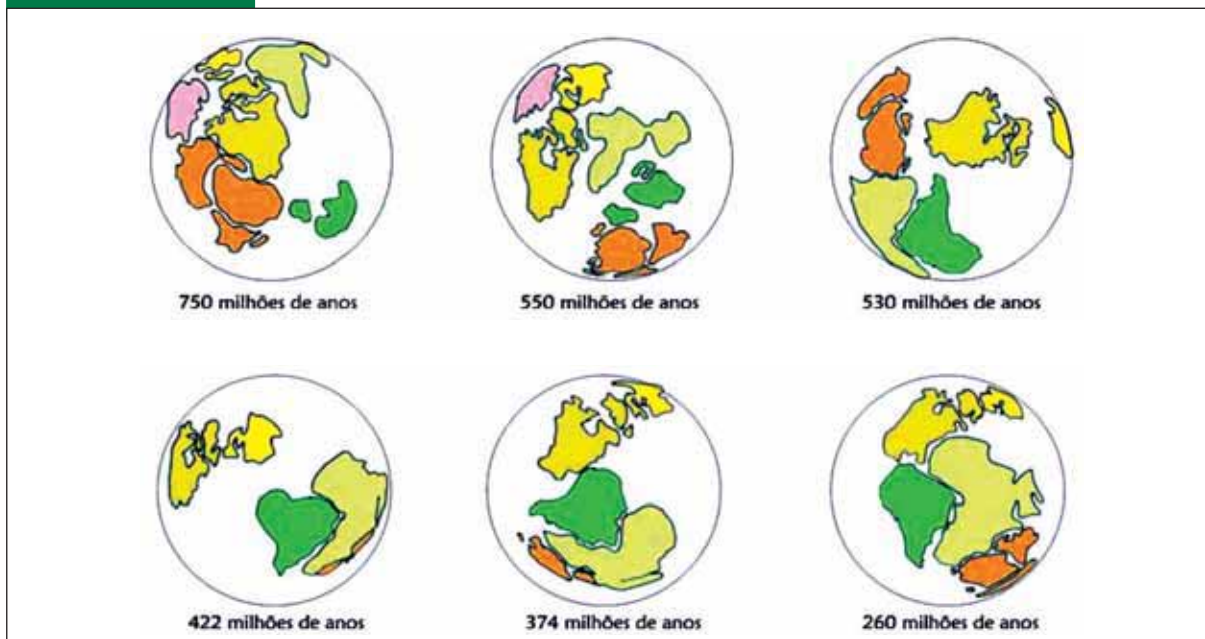
FIGURA 2.2



Exemplo de um fenômeno: a erosão.

2.1 – PAISAGEM NATURAL, PAISAGEM MODIFICADA E ELEMENTOS DE TRANSFORMAÇÃO

FIGURA 2.3



Se não houvesse o movimento das placas tectônicas, quantos continentes teríamos? Quantos diferentes países e povos? Que tipos de vegetação, quais e quantas espécies da fauna e da flora?

A Terra sofreu a influência, desde seus primórdios, de diversos processos e fenômenos, uns lentos, outros muito violentos, que em conjunto definiram o desenho atual das nossas paisagens terrestres. No princípio a evolução do mar e da terra foi resultado da ocorrência de fenômenos e processos naturais. Foi a ação de vulcões, as ocorrências de terremotos, as ondas sísmicas, os maremotos, o movimento das placas tectônicas e as mudanças climáticas (figura 2.3). O espaço antes da presença do homem já se mostrava dinâmico em constante remodelação e reestruturação. Entre 4.000 e 500 milhões de anos os processos existentes definiram na superfície terrestre a sua compartimentação geral, basicamente a modelação da topografia terrestre.

Hoje, por exemplo, não temos vulcões em território brasileiro, mas sabemos que no passado eles ocorriam em profusão. Temos indícios de manifestações vulcânicas no norte e centro-oeste do país há cerca de 3 bilhões de anos atrás, sendo que na era Mesozóica ocorreu um dos maiores eventos vulcânicos da Terra, o vulcanismo da Bacia do Paraná. A atividade vulcânica no Brasil cessou ao redor de 10 milhões de anos, mas nas ilhas oceânicas o vulcanismo se estendeu até tempos geológicos mais recentes. No

passado, além do vulcanismo, geleiras, chuvas, altas temperaturas e ventos agiram no território brasileiro, gerando uma grande variedade de formas de relevo e tipos de rocha e solo (figura 2.4). Desta forma, quando estamos frente a uma cadeia de montanhas, jazida de carvão, mancha de terra roxa, fonte de gás natural ou de petróleo, na verdade estamos observando uma composição e modelado que foi iniciado e estruturado por processos que ocorreram durante milhões e milhões de anos atrás.

FIGURA 2.4



Serra do mar -
São Paulo

Carvão mineral -
Santa Catarina

Serra e jazida de carvão são resultados de um longo processo na natureza.

Por volta de 60 milhões de anos atrás temos os primeiros indícios de vida no planeta, que surge nesse universo de planícies, mares e montanhas (figura 2.1). Antes da deriva das placas continentais, a vegetação que cobria o território brasileiro era contínua às terras africanas. Após a separação dos continentes, grupos de plantas e animais passaram a ser restritos a determinadas áreas geográficas, como uma resposta as novas condições territoriais, formando o que chamamos de grupos endêmicos que, por sua vez, se reuniam em Domínios, ou seja, uma extensão territorial onde predominam feições morfológicas, climáticas, biológicas e condições ecológicas semelhantes.

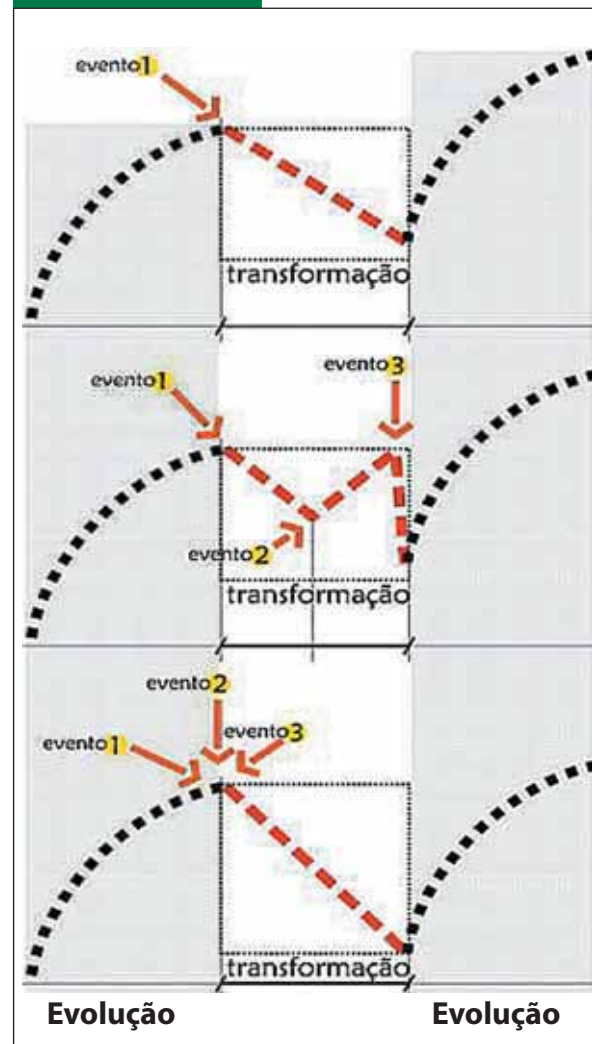
Desta forma, pressupõe-se que a evolução das plantas e dos animais tinha um tronco biológico único que se ramificou através do tempo. Foram inúmeras as transformações, como respostas aos eventos de glaciação e períodos de clima seco. Desta forma, ao longo de milhões de anos, as florestas retraíram dando lugar a vegetação característica do clima semi-árido (caatinga), expandiram-se novamente ocupando o espaço que antes dominavam, porém, tantas gerações haviam passado sem contato, que as espécies que nelas viviam antes da separação, haviam se tornado tão distintas a ponto de constituírem espécies isoladas.

O aquecimento fez com que as Florestas de Araucária, que dominavam parte do estado de São Paulo, se confinassem ao sul do país. Enfim, as mudanças geomorfoclimáticas induziram, sucessivamente, a transformação das paisagens para chegar na forma que hoje conhecemos como Biomas, que incluem expressões como a Floresta Amazônica, o Cerrado, a Caatinga, o Pantanal ou a Mata Atlântica, melhor descritos no capítulo 10 deste livro. Por sua vez, a vegetação passou a ter um papel decisivo na distribuição das chuvas, umidade do solo e volume dos rios. Tantos milhões de anos em constante mudança para criar esta fantástica diversidade de formas e vidas que hoje podemos constatar! Tantos redutos e refúgios de flora e fauna gerados num constante vaivém de variações ambientais naturais, em frequentes condições de desequilíbrio e equilíbrio! Costumamos dizer que as sucessivas composições foram induzidas por distúrbios.

Porém, o que se entende por distúrbio? Distúrbios são eventos, que ocorrem em um tempo e um espaço e que significativamente alteram a estrutura e as funções das paisagens. Desta forma, no passado ocorreram vários distúrbios, de pequenas a grandes

proporções, de mínimos a catastróficos, de curta a longa duração e, nessa época, originários das forças da natureza (figura 2.5).

FIGURA 2.5



Distúrbios causam transformações. Uma transformação pode ser produto de um evento específico (causa principal), ou ser a causa central, combinar-se com outros eventos, ou mesmo ser resultado do conjunto de vários eventos.

2.2 – PAISAGEM NATURAL E PAISAGEM MODIFICADA

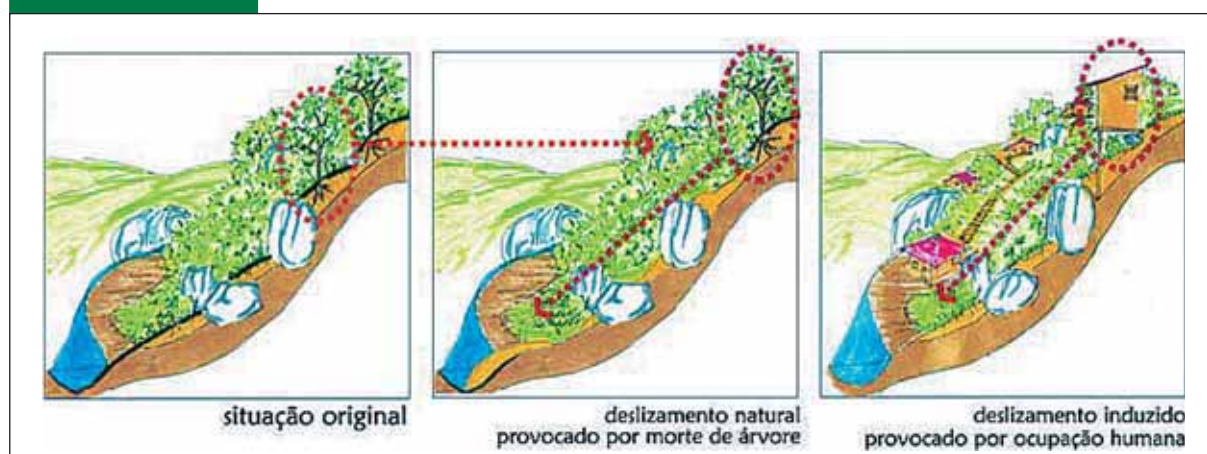
Os primeiros indícios dos antepassados do humano no planeta são cerca de 4 milhões de anos e do gênero homem aproximadamente 1.8 milhões de anos. Ele caminhou através dos continentes, caçando e coletando outros seres vivos. A data de chegada dos caçadores coletores na América do Sul permanece imprecisa, mas existem muitos indícios que ocorreu na última glaciação, há cerca de 13 mil anos. “Luzia”, o primeiro representante do gênero humano encontrado no Brasil, na região de Lagoa Santa, em Minas Gerais, viveu há aproximadamente 11.500 anos atrás. Comparado com o tempo da Terra, podemos dizer que o homem é um elemento de inserção bastante recente na paisagem brasileira. Esse homem teve um processo de interação com a natureza interferindo tanto em paisagens de floresta como planícies do interior.

Alguns autores defendem, por exemplo, a tese de que alguns animais de grande porte do Cerrado brasileiro foram extintos por uma “matança excessiva” efetuada pelos recém-chegados caçadores. O que isso significa? Significa que a chegada do homem modificou os tempos de mudança e interferiu nos processos e nas situações de equilíbrio e desequilíbrio. Existem indícios de que o homem freou o avanço secular da floresta pela ação do fogo para afugentar e atrair caça, mais tarde para abrigar os agricultores itinerantes e as aldeias dos índios. Sabemos, por exemplo, que grandes clareiras produzidas no passado foram o produto de queimada da floresta, realizada não só para o cultivo agrícola, mas também

com estratégia de defesa dos índios tupis nos Campos de Goitacás. Porém, em toda a história do território brasileiro, nada se compara com as interferências resultantes das formas de ocupar esse espaço a partir da chegada dos portugueses. Desde então, um novo elenco entra em cena, com alta capacidade de estimular eventos e intensificar o ciclo de distúrbios. Erosão? Esse fenômeno já existia há milhões de anos, mas a velocidade em que ocorreu o desmatamento, desnudando o solo, provocou nesses últimos 500 anos o assoreamento de muitos e muitos rios. Inundação? Também já existia, mas a ocupação desenfreada das margens acabou resultando em enchentes catastróficas.

Deslizamentos de encostas? Ocorrem naturalmente, mas cada vez mais estão se expandindo e colocando em risco a própria vida humana. Estamos tentando aqui evidenciar que o homem brasileiro, em tão pouco tempo conseguiu transformar e extinguir paisagens, exterminando grupos endêmicos inteiros gerados e especializados ao longo dos milhões de anos (figura 2.6). O homem então gera impactos ambientais, ou seja, consequências indesejadas ou que comprometem o equilíbrio e o estado existente de um ambiente, em virtude do tipo, da intensidade e da velocidade de promover mudanças por meio de suas atividades. Muitas vezes, basta olhar as condições em que se encontra um território, os tipos, a estrutura e a forma de manejo das atividades humanas que facilmente conduzimos à interpretação dos impactos existentes.

FIGURA 2.6



Deslizamentos naturais e induzidos pelo homem.

Quando provocamos uma perturbação, a resposta do meio pode ser bastante diferente em função das características locais naturais e humanas, ou seja, cada fração de território tem uma condição intrínseca que, em interação com o tipo e magnitude do evento que induzimos, resulta numa grandeza de efeitos adversos. A essa condição chamamos de vulnerabilidade. Se conseguirmos observar e medir as relações entre características de um meio, eventos induzidos e efeitos adversos estaremos, na verdade, medindo a vulnerabilidade ambiental de uma área. Para entender vulnerabilidade devemos considerar duas outras questões: a persistência, que é a medida do quanto um sistema, quando perturbado, se afasta do seu equilíbrio ou estabilidade sem mudar essencialmente seu estado e a resiliência, ou seja, a capacidade de um sistema retornar a seu estado de equilíbrio, após sofrer um distúrbio (figura 2.7). Em um território de baixa persistência e baixa resiliência provavelmente a vulnerabilidade é alta e, neste caso, quase sempre provocamos danos irreparáveis. Quando ocorre um evento adverso, súbito, de alta magnitude sobre um terreno de alta vulnerabilidade,

muito provavelmente estaremos diante de uma calamidade. Dizemos que ocorreu um desastre ou acidente quando se constata um acontecimento calamitoso, seja para o homem, seja para a Natureza, geralmente repentino, que ocasiona grandes prejuízos de ordem humana, material ou ambiental.

O desastre é, então, o resultado de um ou mais eventos adversos sobre um espaço vulnerável que podem ser de origem natural ou provocado pelo homem. Sua medida pode ser obtida pela observação da interação entre a magnitude da interferência e do evento adverso, sendo vulnerabilidade do sistema constatada pela dimensão ou intensidade dos prejuízos ou danos causados (figura 2.8). Se medirmos os danos ou prejuízos potenciais, provenientes de um desastre, expressos em probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das conseqüências previstas, estaremos medindo o risco, conforme pretendem demonstrar os capítulos seguintes que tratam dos principais fenômenos causadores de catástrofes no Brasil.

Neste século reconhecemos o papel decisivo do homem que, com suas ações e atividades, induzem efeitos e atuam sobre a vulnerabilidade do meio nas mais diversas proporções. No Brasil, temos inúmeros exemplos de como essa atuação, nos últimos 500 anos, transformou-se em desastres (capítulo I). É inacreditável como em tão pouco tempo de existência conseguimos transformar e extinguir paisagens inteiras, exterminando grupos endêmicos gerados e especializados ao longo dos milhões de anos (figura 2.9). As conseqüências têm sido drásticas tanto para a Natureza quanto para o homem. Como diz o ditado, somos “homens de sete instrumentos”, capazes de realizar diversas atividades de diferentes ordens, como profissional, artística ou cultural. Hoje, todos

FIGURA 2.7



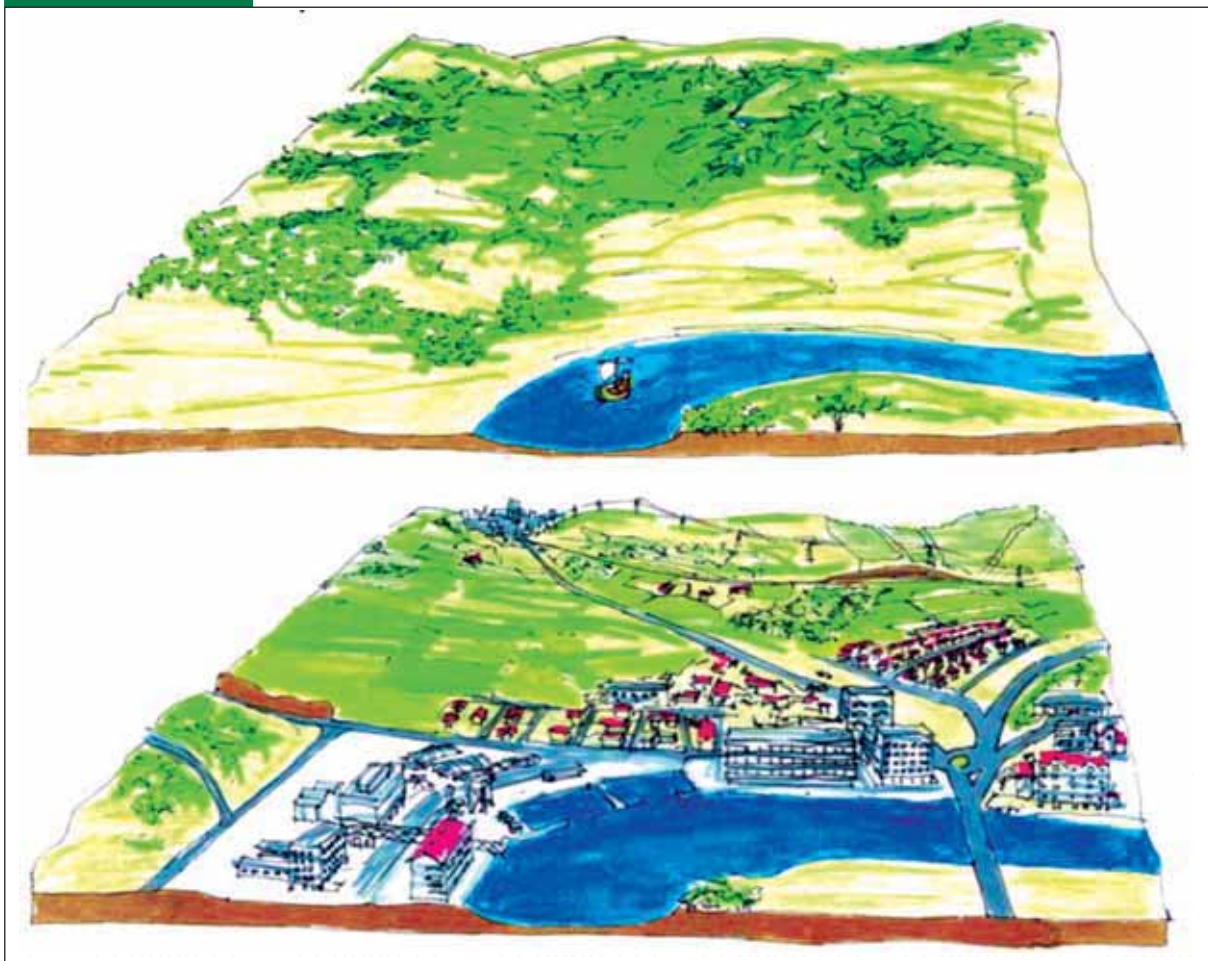
Persistência e resiliência de uma paisagem. Como medir?

FIGURA 2.8



Quando ocorre um desastre? – Uma relação entre a magnitude do evento e a vulnerabilidade do espaço.

FIGURA 2.9



As Florestas de Araucária, Mata Atlântica e Cerrado são exemplos de domínios que resistiram as mudanças geoclimáticas, mas não estão resistindo à velocidade de transformação do homem.

os lugares estão subordinados à condição do homem em utilizar a paisagem. Isto cria uma diversidade enorme de manifestações de estrutura no espaço, como a implantação de uma casa, a utilização do solo para a agricultura, a criação de um parque, um pólo industrial ou um centro urbano. Desta forma, com essa complexidade de possíveis ações sempre provocaremos efeitos, sempre induziremos eventos.

A pergunta que devemos fazer é: como interferir na direção certa? Como atuar para que a evolução continue na direção da qualidade do meio, tanto para o homem como para todos os outros seres vivos?

2.3 – A QUALIDADE AMBIENTAL DA PAISAGEM

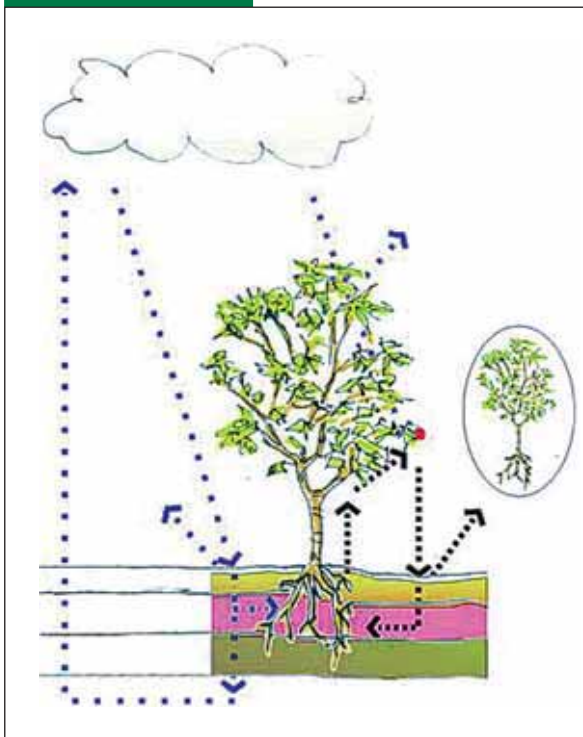
Ambiente é a soma das condições que envolvem, dão condição de vida, sustentam e mantêm relações de troca com os seres vivos em um território. Sem ambiente não há vida. Portanto, não há dúvida de que precisamos nos responsabilizar pela qualidade ambiental, ou seja, devemos garantir o conjunto de condições que de uma forma interativa assegurem as necessidades e a sobrevivência dos seres vivos. Medir a qualidade ambiental é fazer um juízo de valor sobre o estado dos atributos do meio (como água, ar, solo) em relação à sua influência ou à sua capacidade de atender às condições necessárias para a vida num determinado espaço e tempo. Quem compreende esse conceito, sabe que não pode interpretar qualidade ambiental de um determinado ambiente de forma limitada ou reducionista. Sabe que não pode adotar uma visão puramente econômica ou puramente social ou puramente de preservação da natureza.

Uma visão que considere apenas um aspecto é reduzida porque não leva em consideração o sistema,

a organização, a heterogeneidade ou a complexidade do lugar. Não considera a dinâmica de funcionamento do espaço em que vivemos.

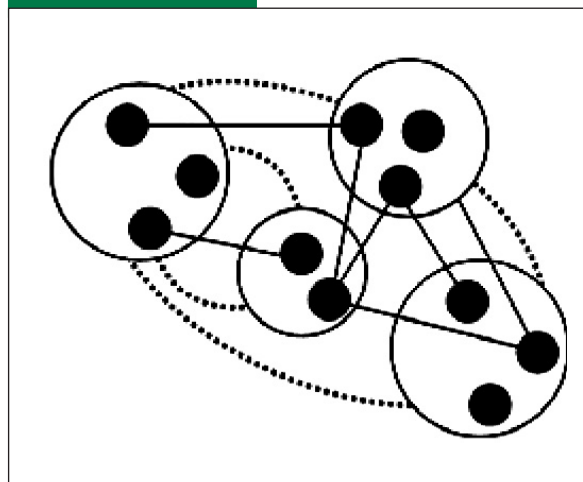
O ambiente em que vivemos é formado de sistemas, que podem ser descritos como um conjunto de elementos que mantêm relações entre si. Assim, o solo, a água, a vegetação, os campos agrícolas são elementos estruturais do meio que mantêm relações entre si por meio de fluxos e ciclos (figura 2.10). As ligações entre os elementos do sistema resultam em um grau de organização, num certo espaço e num determinado tempo. Quando interferimos com nossas atividades em um dado elemento estrutural, nós desencadeamos alterações por toda cadeia a que esse elemento pertence e podemos alterar a organização. Em outras palavras, o estado de um elemento é condicionante e determinante do estado de outro elemento, e, assim, sucessivamente. Além disso, é importante perceber que, em um meio, os elementos podem estar preferencialmente ligados em conjuntos pequenos, que novamente se agrupam formando conjuntos maiores e assim por diante (figura 2.11). Em suma, no meio em que vivemos podemos observar vários sistemas, que podem ser formados de subconjuntos (subsistemas), com vários graus de organização entre eles e com diversos elos de ligação funcional. É nessa condição que usamos o termo complexidade do meio, ou seja, quando podemos constatar uma

FIGURA 2.10



Os elementos componentes do meio em que vivemos trocam matéria e energia, por meio dos ciclos e fluxos que ligam os elementos estruturais de um sistema ambiental.

FIGURA 2.11



Os elementos componentes do meio podem estar mais estreitamente ligados em subconjuntos e os subconjuntos ligados entre si.

heterogeneidade de elementos estruturais e ligações funcionais de diversas ordens de intensidade dentro e entre os subsistemas. Algumas vezes, a heterogeneidade medida pela quantidade de elementos que compõem o sistema é pequena numa dada região, mas ele apresenta um amplo espectro de respostas quando sofre um distúrbio. É por isso que precisamos observar a diferença entre sistema complexo e sistema de comportamento complexo.

Desta maneira, quando estamos planejando o nosso ambiente, devemos, pelo menos, perguntar: em que ponto do sistema estamos interferindo? Se provocarmos uma perturbação em uma dessas ligações qual a consequência para a cadeia? E se essa ligação for frágil? Qual a relação entre esses elos da cadeia, a persistência e a resiliência do meio que eu planejo? Qual o grau de desorganização que eu estou induzindo? É um sistema de comportamento complexo?

Quanto mais um sistema ou subsistema se afasta do equilíbrio que ele alcançou em milhares ou milhões de anos, mais imprevisível ou maior o número possível de respostas à sua intervenção. Os sistemas com “comportamento complexo” têm uma longa história que não pode ser esquecida. É um erro não considerar as inúmeras opções de mudanças que ocorreram ao longo de sua trajetória. É comprometer não perceber que hoje esse sistema deve estar em pleno exercício da evolução. Todos os sistemas são “temporariamente estáveis” e nossas ações têm acelerado as alternâncias de estado, tornando os sistemas cada vez mais instáveis e mais imprevisíveis, muitas vezes resultando em desastres.

Como então devemos agir? Primeiro, reconhecendo que devemos respeitar os caminhos e as velocidades da evolução. Na história da Terra a chegada do homem é muito recente, herdamos as paisagens terrestres como um território de convívio e atuação. Sem dúvida, nosso objetivo não é fazer parte da história da Terra como interventores agressivos dos caminhos que ela traçou. Pelo contrário, devemos observar que as paisagens representam um patrimônio coletivo, que deve permanecer como herança dos seres que a habitam, possibilitando a continuidade da história evolutiva.

Para chegar a tal estado de integração com o meio em que vivemos onde seríamos, verdadeiramente, seres componentes da Natureza, fazendo parte da sua história, sinérgicos à sua evolução, é necessário reconhecer um segundo passo. Devemos considerar a importância do conhecimento sobre a composição, a estrutura, a organização e a complexidade dos atuais sistemas, imprescindível para se atingir qualidade ambiental. Nesse caminho, a busca passa a ser “fazer uso” e não “consumir” a paisagem, estabelecendo um caminho de equilíbrio por meio de ações e atividades que façam elos compatíveis com os elementos do sistema e com a sua resiliência. Em síntese, quanto mais nós nos integrarmos aos sistemas naturais dentro de seus caminhos no tempo e no espaço, mais facilmente será estabelecida a comunicação entre nós e o planeta em que vivemos.

LEITURAS RECOMENDADAS

SANTOS, R.F. 2004. Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 184p.

SANTOS, J. E. dos; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H. & PIRES, A. M. Z. C. R. 2004. Faces da Polissemia da paisagem - ecologia, planejamento e percepção. São Carlos: RiMa, 409p.

TURNER, G. M.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. 2001. Landscape ecology: in theory and practice - pattern and process. New York: Springer-Verlag, 401p.

CAPÍTULO 3

USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL

■ Sueli Thomaziello

USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL



QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL

PAISAGEM EM DOIS TEMPOS: A VÁRZEA DO CARMO EM SÃO PAULO

FONTE: Abranches, V. (2003)

CAPÍTULO 3

USOS DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL



O capítulo anterior pretendeu evidenciar que se quisermos diminuir os riscos de acidentes melhorando a qualidade ambiental é necessário observar a estrutura da paisagem, a sua organização e complexidade. É preciso ter um olhar crítico sobre a configuração da paisagem, tanto em relação aos componentes naturais quanto àqueles resultantes de ações e atividades humanas. Essa tarefa não é simples, pois uma paisagem é formada por inúmeros componentes, desde indivíduos microscópicos até indivíduos com alta capacidade de apropriação e controle sobre o seu meio, como o homem. Ela está sob a influência de fatores físicos, químicos, bióticos, sociais e culturais. São tantos os fatores que dificilmente podemos compreendê-los em sua totalidade.

O homem desenvolveu grande capacidade de apropriação e transformação do meio em que vive, utilizando o quanto o meio possa lhe oferecer, mas não desenvolveu, concomitantemente, a consciência e o conhecimento necessários a respeito das limitações desse espaço, usando-o, e muitas vezes, de forma descontrolada e desmedida.

As formas como se dá a ocupação do espaço urbano ou rural no Brasil têm provocado sucessivos e inúmeros problemas ambientais, como a degradação da cobertura vegetal, perda da biodiversidade, obstrução e alteração da rede de drenagem, transmissão de doenças por veiculação hídrica, acúmulo de lixo, contaminação de solo e água, poluição do ar, água e solo, perda de terras produtivas, desencadeamento de processos erosivos, entre tantos outros. As consequências são desastrosas, como enchentes, deslizamentos, assoreamentos de rios, voçorocas, desertificações e arenizações, conforme descrevem os capítulos deste livro. É importante ressaltar que esses são apenas alguns exemplos do que o homem pode provocar ao próprio meio em que vive, e quase sempre se esquecendo que dele depende a sua existência.

Para representar a forma e o grau que utilizamos o meio em nosso próprio proveito, são usados termos como: uso, ocupação e apropriação do espaço. Mais importante que compreender as diferenças entre os significados destes termos é entender que toda alteração sobre o meio provocará também uma modificação na configuração espacial da paisagem. Isto significa dizer que, via de regra, haverá uma resposta do próprio meio para cada alteração sofrida. É a simples reação dos componentes da paisagem à alteração sofrida e que tiveram o seu equilíbrio afetado que, posteriormente, poderá ocorrer um rearranjo destes mesmos componentes, resultando em uma situação diferente da anterior.

Dessa forma, podemos afirmar que toda paisagem possui uma dada configuração espacial e temporal em função do arranjo e das inter-relações de e entre todos os seus componentes (capítulo 2). Se um ou mais desses componentes é modificado, obviamente, a configuração espacial também será alterada, e nós teremos uma nova estrutura de paisagem a ser estudada.

As noções de qualidade ambiental compreendem uma idéia de harmonia entre o homem e o meio e de bom funcionamento. O arranjo na paisagem resultante do uso da terra indica um conjunto de funções vividas pela população de um município, por exemplo, que pode sobrepujar as funções ecológicas. Uma melhor qualidade ambiental só será obtida quando o processo de ocupação e de interferências dos usos humanos for considerado harmônico com os arranjos e funções imprescindíveis das dinâmicas naturais. Para entender os principais aspectos dessa complexidade é necessário reconhecê-los, sendo os exercícios de interpretação da paisagem um caminho produtivo para orientar as futuras intervenções.

3.1 – O RECONHECIMENTO DA PAISAGEM POR MEIO DE TÉCNICAS DE LEITURA ESPACIAL

Em estudos da paisagem, um dos primeiros questionamentos a ser formulado é: “do que é composta a paisagem em questão?” Observe a figura 3.1 e tente responder ao questionamento.

São os componentes que predominam na paisagem que, normalmente, são identificados primeiramente. A figura 3.1 mostra uma paisagem simples que apresenta componentes tanto naturais como construídos, organizados no espaço. Contudo, uma análise mais detalhada poderá aumentar o grau de informação sobre a mesma paisagem. Além dos primeiros componentes observados (construções, vias de acesso, colinas e árvores) nota-se uma significativa variedade de formas, tamanhos, cores e proporções de cada um dos objetos ou componentes presentes. Da mesma forma, é possível perceber que existe uma organização ou um arranjo espacial específico entre estes componentes e a interação que cada um estabeleceu entre si e entre os demais.

Neste momento, podemos inserir novas investigações: como esta paisagem poderia ser descrita? Qual o grau de informação que pode ser extraído dela? Quais interações entre seus componentes podem ser formuladas?

Em uma única paisagem é possível desenvolver diversas análises, que variam em função do que se quer observar: o objetivo de estudo e, primordialmente, da escala em que ela é observada. Os itens seguintes tratarão especificamente sobre esses dois aspectos: escala e objetivo em estudos da paisagem.

FIGURA 3.1 - PAISAGEM A



Configuração de uma paisagem.
Foto: André Luís Lima

1.1 Observando a paisagem em escala

A análise sobre uma paisagem será mais ou menos complexa em decorrência da escala espacial e temporal escolhida para desenvolvê-la. Esse fenômeno fica claro quando fazemos um exercício de interpretação e de representação de uma paisagem. Ao analisarmos uma paisagem, a depender da escala usada e do objetivo, os mesmos componentes podem se mostrar em forma e tipos diversificados, assim como pode variar o grau de importância que cada componente exerce sobre o meio.

A escala de análise de uma paisagem é definida como a representação da extensão de um território e da unidade mínima de representação espacial na qual a informação é obtida, ela pode ser indicada de forma gráfica ou numérica.

FIGURA 3.2 A, B E C



Diferentes escalas de análise conduzem a identificação de diferentes componentes e arranjos espaciais.

Fonte: www.fantasyarts.net/Van_Gogh_Iris.htm

As figuras apresentadas na sequência (3.2.a a 3.2.c) ilustram o efeito da análise sobre a paisagem realizada em diferentes escalas.

Toda paisagem está inserida em um contexto específico. A escolha da escala espacial e temporal está estritamente relacionada com os processos ambientais que se pretende compreender.

Ao comparar a Paisagem A (figura 3.1) com a Paisagem B (figura 3.3) observamos que a segunda apresenta um número bem maior de componentes. A porção territorial representada pela Paisagem B também é maior que a A. No entanto, o detalhe das construções, por exemplo, assim como a altura e o porte das árvores se tornam menos perceptíveis na B. A possibilidade de identificar ou perceber maiores ou menores detalhes em uma imagem é dado pela sua resolução espacial.

As proporções territoriais reais cobertas pelas paisagens A e B são diferentes, ao passo que o tamanho de cada imagem representada é o mesmo; o que significa dizer que os seus componentes no espaço estão representados em dimensões espaciais distintas, ou seja, possuem escalas de representação diferentes.

Não se deve confundir resolução espacial com escala. Resolução espacial pode ser entendida como a capacidade que uma imagem tem em proporcionar um número x de informações visíveis com qualidade em uma dada dimensão espacial (pixel ou célula). Quanto maior o número de informação percebido na imagem maior a sua resolução espacial.

A título de ilustração, com o intuito de diferenciar escala de resolução espacial, pensemos que se a altura da torre da igreja está representada na foto por uma medida de um centímetro e ela mede na realidade 20 metros, pode-se dizer que cada unidade de medida na foto equivale a 20 na realidade, considerando a conversão de unidade de medida, neste caso, de metro (medida real) pra centímetro (medida representada). Dessa forma, 1 cm equivale a 20 metros, seria a escala de representação da foto. Já a resolução espacial desta mesma imagem é dada pelo número máximo de informação que é visível com qualidade em uma área definida, por exemplo, dentro de um quadrante ou uma célula de um por um centímetro.

Como já mencionado, a escala espacial é um dos aspectos mais importantes na elaboração de um mapeamento geográfico ou o instrumento mais importante na leitura de mapas quando se quer interpretar e compreender paisagens. A mesma impor-

FIGURA 3.3 - PAISAGEM B



↕ Dimensões espaciais: altura, comprimento, profundidade.
Foto tirada de em um mirante da cidade de Paraibuna/SP
Foto: André Luís Lima.

tância possui a escala temporal. Todo processo observado em uma paisagem faz parte de um contexto histórico e a sua correta compreensão depende do recorte que lhe é dado.

A paisagem B pode ser melhor compreendida se considerado o início da sua ocupação e das mais significativas alterações ocorridas na região do alto curso do rio Tietê, dando origem à atual paisagem fragmentada.

Pela sua complexidade, toda paisagem possibilita múltiplas leituras e entendimentos. Mas é a temática de interesse ou o objetivo de estudo que determinam os recortes necessários, tanto da escala espacial como temporal e ainda no detalhamento da análise que será dado.

A escolha das informações e da escala de trabalho pode variar mesmo quando se trabalha com uma única paisagem com objetivos de estudo diferentes.

De forma geral podemos dizer que a finalidade de um mapeamento é comunicar de forma objetiva e espacialmente um conjunto de informações. Assim sendo, o intérprete da paisagem (utilizando imagem de satélite, de radar ou fotos aéreas) não pode simplesmente dispor nem escolher de forma aleatória as

O IBGE, DSG (Diretoria de Serviços Cartográficos do Exército Brasileiro), DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) e ICA (Instituto de Cartografia Aeronáutica) compõem o Sistema Cartográfico Nacional.

informações a serem representadas. Antes de iniciar a interpretação de uma paisagem, deve-se ter claro que a sua leitura é um instrumento que tanto interfere como valida a comunicação da informação. Sendo assim, escolhas como a escala da análise espacial, tipo de material usado e períodos representados são aspectos primordiais que irão determinar a qualidade do resultado obtido.

Existem regras, padronizações e convenções cartográficas que devem ser observadas e usadas para todo produto a ser gerado. Em função dessa qualidade uma questão importante refere-se a padronização da classificação para a caracterização da paisagem.

Usando o exemplo dado na figura 3.3, ou Paisagem B, à sua interpretação obteríamos a malha urbana como o componente de maior destaque.

A malha urbana, bem como campos agrícolas, campos de pastagem, vias de acesso, portos e aeroportos são componentes classificados como uso e ocupação da terra. A classificação depende do intérprete, dos objetivos e da escala em que se trabalha.

1.2 Obtendo a informação da paisagem

Ao extrair da Paisagem B os seus principais componentes obtêm-se um mapeamento, grosso modo, com a seguinte representação:

Na sua interpretação, poderíamos tecer observações sobre o relevo predominante, sobre o sistema

de drenagem onde há um menor grau de ocupação humana e, conseqüentemente, de interferência e alteração da superfície terrestre e de seus elementos naturais.

O arranjo espacial observado representa uma forma de ocupação bem característica das cidades brasileiras, quando uma população se acomoda e se desenvolve no fundo de vales ou ao longo de cursos fluviais. Em sua forma mais primitiva, a busca por este tipo de ocupação, próxima a rios, tem o objetivo único de obter os benefícios de um sistema hídrico, como a proximidade de alimento, de terras férteis, de transporte, de dessedentação de homens e animais, entre outros.

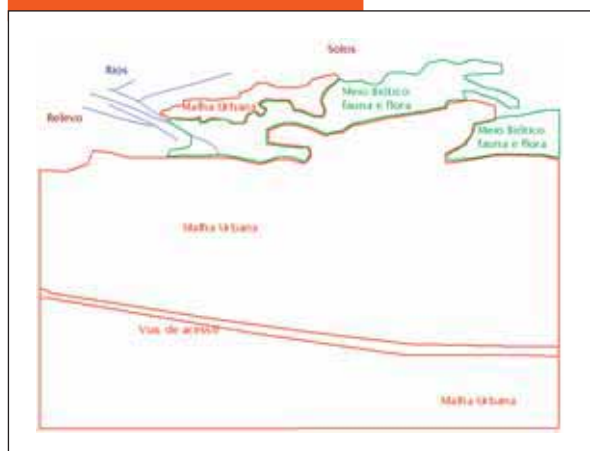
QUADRO 3.1

Elementos do Meio Físico identificados nos mapas do IBGE

Meio Físico

- Bacias
- Sub-bacias
- Hidrografia
- Relevo
- Pontos Culminantes

FIGURA 3.4



Principais componentes da Paisagem B.

de drenagem, sobre a fisionomia vegetal e sobre as formas de ocupação. Características predominantes do meio abiótico e biótico, em suas condições naturais, como o relevo, o sistema hídrico e a vegetação

Quando descrevemos as formas do relevo, sua evolução e o sistema de drenagem associado, estamos nos referindo ao aspecto mapeado como meio físico ou abiótico de uma paisagem. Além destes dois componentes, o meio físico deve compreender informações sobre clima, geologia, tipos de solos, topografia e declividade. O quadro 3.5 exemplifica um conjunto de componentes básicos que caracterizam o meio físico que, normalmente, são utilizados em mapeamentos que consideram a padronização estabelecida pelo IBGE para todo o território brasileiro.

O fundamental em estudos da paisagem é saber reconhecer claramente de que forma cada uma das informações obtidas sobre o meio abiótico pode ajudar a compreendê-la. Como se dão as interações do homem com o meio natural? Como ele se apropria destes recursos?

Quais as conseqüências resultantes? O que pode ser modificado e melhorado? Estes são os questionamentos que devem conduzir a reflexões cuja questão central é a busca pela qualidade ambiental, muito mais do que saber quantas manchas de solo

diferentes ou tipos de relevo ocorrem em um determinado espaço.

Por último, a paisagem B também apresenta, além dos componentes do meio humano e físico ou abiótico, manchas de vegetação. A imagem em questão, não nos permite chegar ao nível de identificação das espécies vegetais, mas é possível se definir algumas características sobre a sua disposição espacial. Associada às manchas de vegetação tem a fauna, ambos irão compor o aspecto mapeado como meio biótico de uma paisagem.

Dessa forma, em estudos da paisagem, há de se considerar a existência de diversos componentes passíveis de mapeamento e que, de forma geral, compõem três meios distintos em sua forma de análise: (a) físico ou abiótico, (b) biótico e (c) social, econômico e cultural, que resultam nas diferentes tipologias identificadas como usos e ocupação da terra.

O IBGE padronizou para todos os seus produtos cartográficos um único sistema de categorização ou de classificação de legendas. Da mesma forma trabalham outros órgãos federais e estaduais oficiais que também geram produtos cartográficos (cartas e mapas) dessa ordem. Além do IBGE temos a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), o IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico), entre outros. Todos eles possuem um sistema de classificação de legendas que segue o padrão e a legislação federal sobre cartografia. Isso significa que estas convenções cartográficas devem ser observadas sempre que um mapa for elaborado.

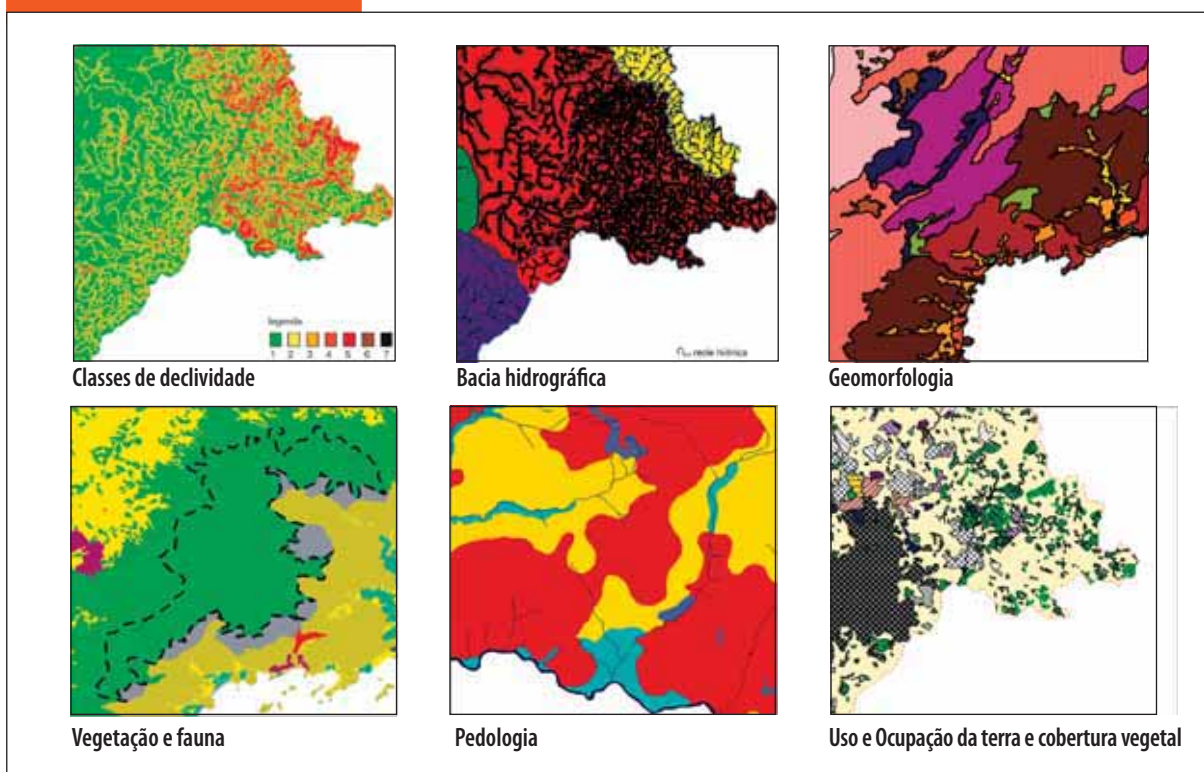
Podemos extrair de uma única paisagem uma grande quantidade de informações, considerando todos os seus aspectos e, principalmente, a complexidade que a envolve. Em estudos da paisagem, podemos analisar dentro do aspecto do meio físico, por exemplo, sua geologia, tipos de solo e de relevo, sistema hídrico, além de algumas características climáticas. A pergunta que deve ser feita é: qual a importância de cada informação para o meu estudo? Reconhecer a sua importância para o caso dado é o primeiro passo para refletir a forma como a informação deve ser representada geograficamente ou por meio de mapas. Onde devo buscar minha informação e qual a escala compatível com a proposta apresentada? São outras questões que devem ser pensadas e planejadas. É comum encontrarmos casos nos quais a conservação de importantes fragmentos florestais está associada, simplesmente, a relevos com fortes declividades ou a solos não produtivos.

Da mesma forma, é comum encontramos indivíduos de café e de araucárias no meio a florestas densas e em baixas altitudes, que se explicam apenas pela associação às formas de ocupação da região e dos tipos de economias que predominaram em uma determinada época na mesma região. Estas simples situações, que também são comuns, mostram a importância de se identificar corretamente qual informação deve ser considerada, assim como o recorte temporal que deve ser dado para cada caso de estudo de paisagens.

A título de ilustração, a figura 3.5 traz alguns exemplos de mapeamentos temáticos elaborados para o Parque Nacional da Serra da Bocaina SP/RJ e Campinas. A preocupação deste estudo foi desenvolver um planejamento ambiental para a unidade de conservação, tendo como principais objetivos a sua conservação e manutenção. O recorte temporal dado teve início ainda no ciclo do ouro, quando caminhos feitos com enormes fragmentos de rocha foram abertos no meio da Floresta Atlântica, trazendo o ouro das Minas Gerais para o litoral fluminense e definindo a forma de ocupação regional.

MAPEAMENTO: conjunto de procedimentos para a obtenção de cartas e mapas de qualquer natureza.

FIGURA 3.5



Mapas temáticos elaborados na área do Pq. Nacional da Serra da Bocaina(SP/RJ) e Campinas (SP) fonte: MMA, 2001 e Petrobrás, 2003.

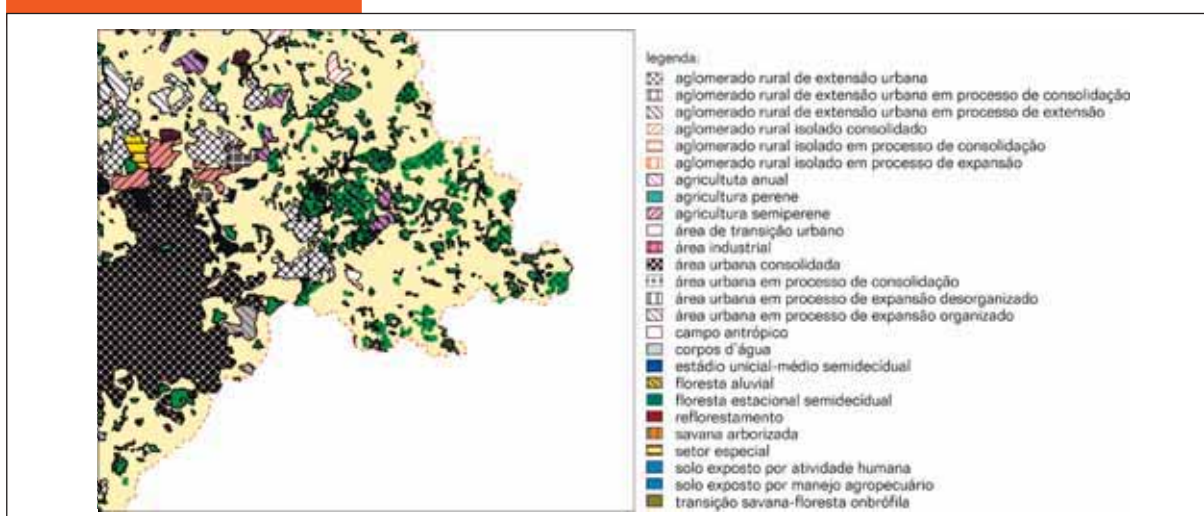
A figura seguinte (figura 3.6) mostra em detalhe as classes definidas para o mapa de uso e ocupação da terra elaborado também para a cidade de Campinas.

Convenções cartográficas oficiais não consideram apenas as classificações temáticas, mas cores,

símbolos e texturas usados para a representação gráfica de cada componente da paisagem mapeada.

Os mapas temáticos, como ilustrado anteriormente, trazem informações detalhadas sobre cada meio de análise, seja o abiótico, biótico ou o sócio-cultural, estudado na

FIGURA 3.6



Classes de uso, ocupação e cobertura vegetal definidos pelo intérprete.

Fonte: Petrobrás, 2003

paisagem. Estas informações, quando sobrepostas, traduzem expressões da paisagem, seja por meio de sua vulnerabilidade ou de seu potencial ao uso.

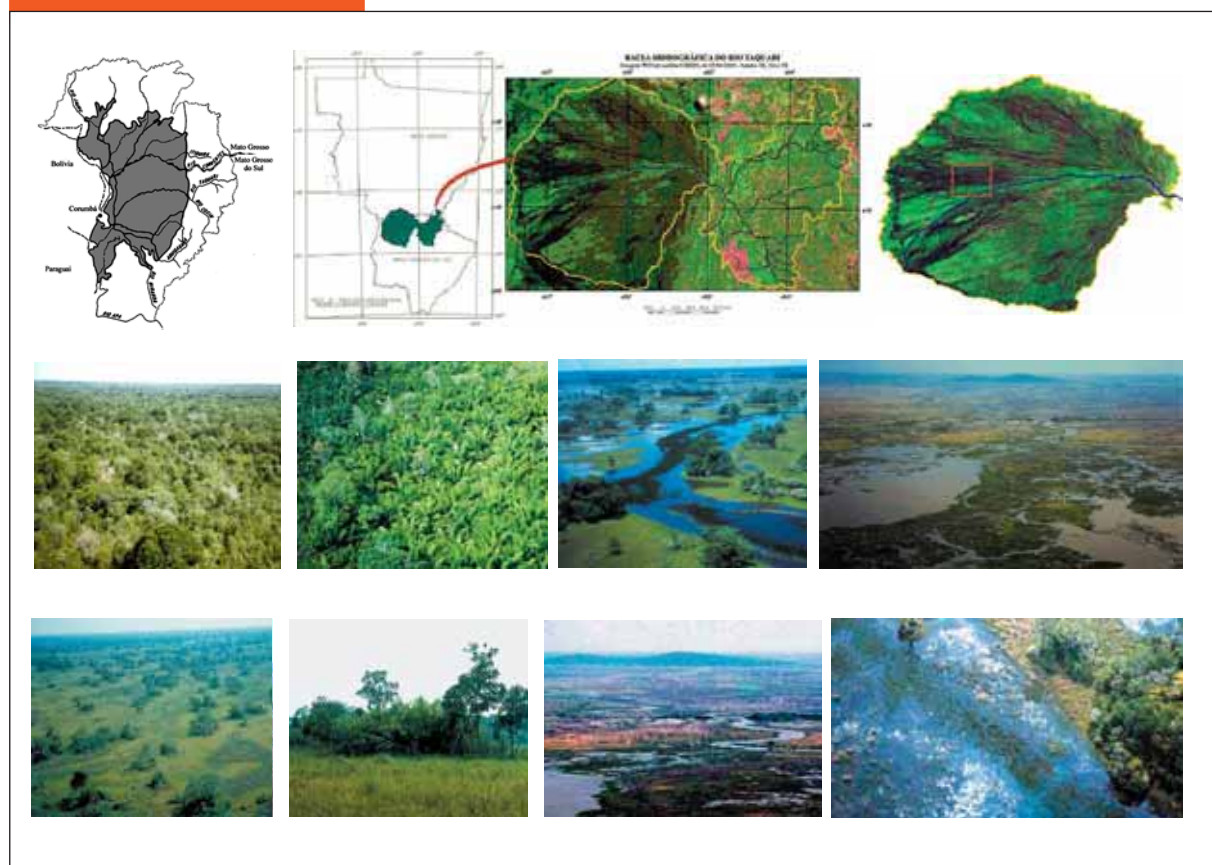
1.3. A configuração da paisagem e sua compreensão

Identificar e mapear os componentes de uma paisagem é um exercício primordial em estudos de paisagem, que vai além do reconhecimento das grandes manchas de uso e ocupação da terra e de sua diferenciação com as manchas de vegetação. É preciso entender, por exemplo, que manchas de vegetação, mesmo parecendo homogêneas em uma primeira observação, compreendem indivíduos com diferentes portes, alturas, cores e tons de cores e quando reunidos podem compor números incontáveis de

conjuntos vegetacionais fisionomicamente distintos. A figura 3.7 é um exemplo de uma paisagem brasileira, inserida no Pantanal, que reúne uma grande variedade de tipos de árvores, arbustos e gramíneas, evidenciando nessa região uma grande diversidade vegetal.

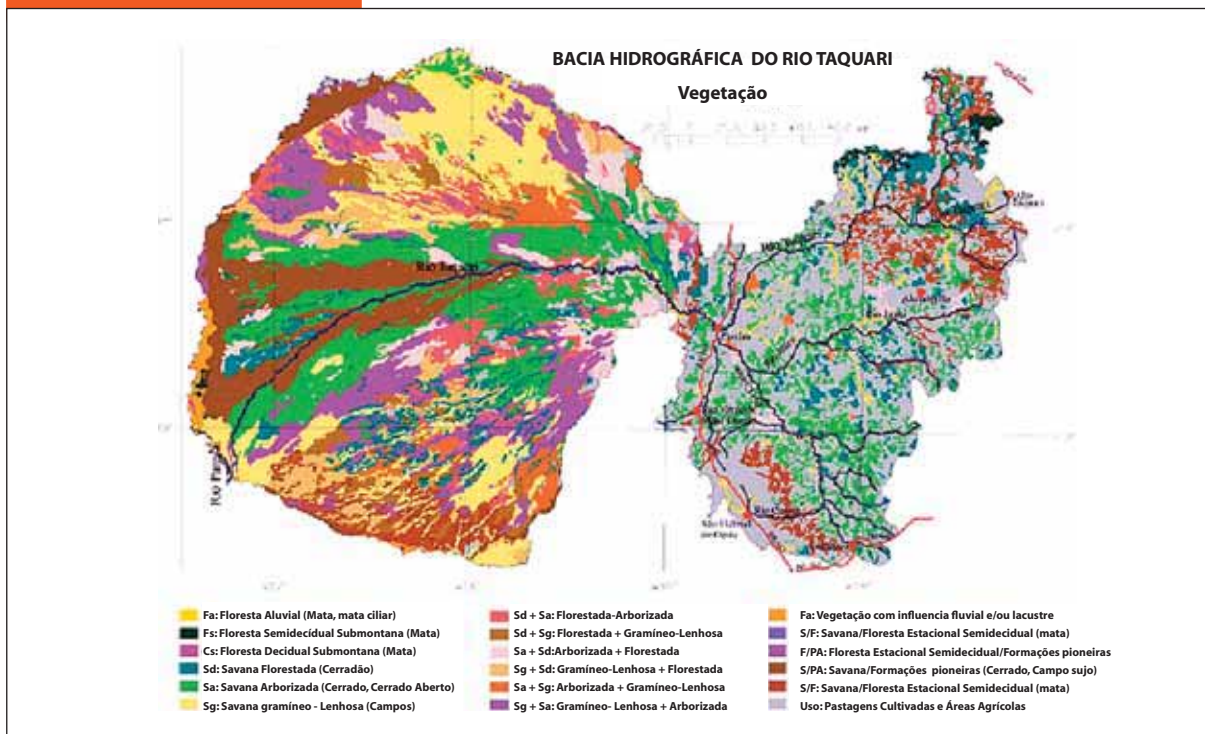
As fotos referem-se a um pequeno trecho de bacia hidrográfica do baixo curso do rio Taquari, no Pantanal brasileiro, cuja complexidade pode ser inferida numa escala abrangente de imagens de satélite. Os agrupamentos de diferentes espécies vegetais de tamanhos, portes e cores diversos, criam fisionomias distintas, de: cerradão e cerrado, capão de cerrado, cerrado com acuri, campo e mata ciliar, campo com capões de cerrado, campo alagado com cerrado, campo, campo com capões de cerrado e acuri e campo alagado.

FIGURA 3.7



As fotos referem-se a um pequeno trecho de bacia hidrográfica do baixo curso do rio Taquari, no Pantanal brasileiro, cuja complexidade pode ser inferida numa escala abrangente de imagens de satélite. Os agrupamentos de diferentes espécies vegetais de tamanhos, portes e cores diversos, criam fisionomias distintas de: cerradão e cerrado, capão de cerrado, cerrado com acuri, campo e mata ciliar, campo com capões de cerrado, campo alagado com cerrado, campo, campo com capões de cerrado e acuri e campo alagado.

FIGURA 3.8 - CONTINUAÇÃO



Quando Myrian Abdon, em 2004, objetivou representar essa cobertura vegetal por meio da interpretação de uma imagem do satélite americano Landsat 5, ela obteve um mapa complexo, colorido e, provavelmente de difícil execução, frente as dificuldades de representar a diversidade existente.

De forma semelhante, em uma malha urbana podemos extrair agrupamentos humanos que tenham características similares. Assim, teremos conjuntos ou séries de tipologias de construções, baseadas, por exemplo, no formato, no tamanho, no tipo de material usado ou ainda no tempo de construção.

Sempre que extraímos da paisagem componentes com tipos diferentes e os agrupamos segundo similaridades estruturais (tamanho, porte, altura, número de pavimentos, idade ou cores presentes) estamos analisando a composição e a estrutura da paisagem, ou seja, a forma como os seus componentes estão dispostos no espaço. Por exemplo, estaremos informando a estrutura da floresta, a partir do porte e da altura das árvores, ou a estrutura de uma área urbana, a partir do tamanho, forma e idade das construções.

ESTRUTURA: é a representação morfológica dos elementos da paisagem. Informa sobre a sua distribuição espacial e pode ser representada por manchas, contínuas ou descontínuas, lineares ou fragmentadas, podendo ser relacionada a sua função ecológica.

Assim, em estudos da paisagem, além de se identificar os seus componentes, temos que caracterizar a sua estrutura.

Analisar a paisagem e extrair dela componentes com comportamentos similares é um passo importante para ouvir o que a paisagem tem a nos dizer e a entendê-la.

Por exemplo, um conjunto de casas similares na forma, no tamanho, na distribuição dos espaços, cores e tipo de material de construção usado, permite supor que um grupo de pessoas se aglutinou naquele espaço por ter em comum a mesma condição econômica e/ou social e/ou cultural e/ou de origem. Conseqüentemente, a forma de usar aquele espaço e de se apropriar dos recursos locais terá suas peculiaridades.

De forma semelhante ao que ocorre com as tipologias de construção clássicas que atendem finalidades específicas, como industrial, comercial, residencial e religiosa, verificamos que as cidades modernas também possuem um alto grau de diferenciação e especialização interna, mostrando este fenômeno na forma como se organizam no espaço.

Os grupos sociais e culturais se reúnem em espaços específicos e dão origem a novas tipologias de uso.

É perfeitamente possível identificar bairros ou vilas que apresentam padrões residenciais e de ocupação similares, determinados por características culturais, sociais e econômicas. Neste caso, é visível como a estrutura urbana define as suas funções.

Podemos extrapolar esta análise sobre os espaços urbanos para os rurais e veremos facilmente que a forma como as atividades rurais são organizadas e agrupadas mostram uma estrutura espacial diferenciada da urbana, também com funções específicas. O mesmo pode ser dito para os fragmentos naturais.

A figura 3.8 é uma reprodução da foto da figura 3.3, destacando os fragmentos de vegetação existentes na paisagem.

Como já observado anteriormente, a ocupação típica desta paisagem no fundo do vale, modificando o seu relevo original, causando a impermeabilização do solo e alterando o sistema natural de drenagem, também provocou uma fragmentação da paisagem original. Este processo deu origem a uma nova paisagem, cujo predomínio é a malha urbana, com a presença de poucos fragmentos florestais rodeando-a.

Os fragmentos A e B, como mapeados, representam as únicas manchas que restaram da matriz original, ou seja, a Floresta Atlântica, originalmente existente nesta região. São fragmentos de fundo de vale, vegetação ciliar e de encosta, que a população local “esqueceu” de ocupar. As outras áreas verdes (C e D) constituem jardins e praças, seja na frente da Igreja Matriz, no centro da cidade ou uma fileira de árvores acompanhando o rio canalizado ao longo da cidade (mais uma prática comum de apropriação do meio pelo homem).

FIGURA 3.8



Quais são e como se comportam os fragmentos desta paisagem no espaço?

CORREDOR: são porções territoriais na paisagem, lineares, extensas, contínuas e relativamente estreitas, com a função de se conectar com outros fragmentos da paisagem.

Mesmo estruturalmente diferentes, os fragmentos que existem nesta paisagem podem possuir inter-relação entre si. Por exemplo, supõe-se que as manchas D e E, apesar de serem praças e jardins, podem servir como áreas de descanso, pouso ou até de nidificação de aves, adaptadas a ambientes urbanos. No entanto, falta nesta paisagem corredores que pudessem conectar os fragmentos entre si.

Cada um dos componentes mapeados em uma paisagem possui dinâmicas próprias e está associado a outros componentes, sejam naturais (bióticos e físicos) ou humanos. Isto significa dizer que eles estão constantemente em interrelação e coexistência.

FRAGMENTO: parte de um todo, em ecologia da paisagem refere-se a um remanescente de um ecossistema natural, isolado em função de barreiras antrópicas ou naturais. É uma porção aparentemente homogênea, com área reduzida e não linear, que se apresenta como um segmento disposto de forma isolada ou desconectada na paisagem, pois se distingue das unidades vizinhas.

1.4 Relação entre tipos e formas de uso e ocupação e desastres induzidos pelo homem.

A análise espacial, sob qualquer foco ou interesse, seja político, social, econômico ou ecológico, nunca deve ser feita a partir de uma única condição ou sob um único aspecto, ou incorre-se num grave erro de concluir uma relação casuística, de simples causa e efeito. Um processo erosivo, por exemplo, pode ter sido causado por uma ação antropogênica (ou induzido pelo homem), como a retirada da cobertura vegetal e a conseqüente exposição do solo ou um corte de terreno para abertura de estrada, mas a sua intensidade e a magnitude têm relação com as condições naturais do meio, como declividade, vulnerabilidade do terreno, tipo de solo e relação entre o volume de água precipitada, infiltrada e escoada.

Os demais capítulos deste livro enfatizam essa condição, de que um grande número de componen-

tes e fatores funcionais se encadeia na paisagem e uma dada ação de origem humana pode desencadear um desastre antropogênico, interferindo nos elos entre os componentes e no equilíbrio do meio. É importante reforçar que um desastre pode ser mais ou menos intenso e mais ou menos catastrófico porque outras condições, não necessariamente antropogênicas, intensificaram os resultados causados pela ação humana. Sendo assim, a intensidade das respostas às ações desencadeadoras de um desastre poderá variar em função do conjunto de condições, fatores e agentes de controle intrínsecos e extrínsecos àquele espaço. Uma mesma ação humana, como a interrupção de um leito fluvial, reproduzida em duas paisagens estrutural e funcionalmente diferentes, resultará em respostas diversas, variando em intensidade e magnitude.

Uma análise cuidadosa a partir da sobreposição de mapas temáticos, previamente elaborados, de uma paisagem, pode auxiliar grandemente na compreensão das repostas dadas pelo meio diante de uma intervenção. Essa análise pode contribuir, inclusive, para que desencadeamentos catastróficos possam ser evitados, por meio de cruzamentos entre variáveis de interferências e de respostas.

Se as respostas do meio às ações antropogênicas desencadeadoras de desastres se dão de inúmeras formas, toda ação humana deve ser precedida de estudos cautelosos de impacto e de planejamentos adequados a cada realidade e contexto. Nesse sentido, é necessária também a previsão de medidas minimizadoras dos efeitos negativos.

Apesar das várias formas e meios existentes hoje para se evitar desastres humanos, a humanidade, de forma geral, não tem sido capaz de dedicar cuidados devidos com o intuito de alcançar este objetivo. Segundo a Doutrina Brasileira de Defesa Civil, a CODAR, o conjunto de Desastres Humanos Relacionados com Ecossistemas Urbanos e Rurais (CODAR HS.E/CODAR 22.1) é resultante da ausência de preocupação com a proteção do meio ambiente ao se promover o incremento da produção agrícola; o desenvolvimento das indústrias de mineração; o desmatamento descontrolado; o incremento do transporte motorizado; e o crescimento desordenado das cidades e das áreas rurais sem maiores preocupações com o zoneamento e o uso racional do espaço geográfico (Brasil, 2004).

Com esta preocupação, pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

elaboraram o “Mapeamento Fotográfico da Bacia Hidrográfica do rio Taquari (BHRT), em MG e MS”. Este estudo aponta algumas situações que resultaram em desastres em função da ação humana em ambientes complexos. As figuras 3.9 a 3.11 ilustram alguns dos resultados deste estudo, por meio de uma série de ações que desencadearam processos como erosão, assoreamento e inundação.

Nesta paisagem, a formação de grandes processos erosivos possui origem antropogênica. Trata-se de solos altamente vulneráveis sobre relevos erosivos, que sofrem constante manejo para o pastoreio. A atividade de pastagem é intensa, não é dado o tempo necessário para o descanso e a recomposição do solo. Em uma paisagem diferente desta, ou apenas menos vulnerável, provavelmente o efeito fosse

Entender que as respostas do meio às ações antropogênicas desencadeadoras de desastres se dão de inúmeras formas é um grande passo para entender que toda ação humana deve ser precedida de estudos cautelosos de impacto e de planejamentos adequados a cada realidade, assim como deve haver previsão de medidas minimizadoras dos efeitos negativos.

menos catastrófico. Some à alta vulnerabilidade do terreno (solo e relevo) a total ausência de vegetação que poderia proporcionar por meio das suas raízes uma maior resistência da camada superficial do solo. Outro fator que intensifica a erosão são ações como constantes desmatamentos, queimadas e abertura de estradas, sem os devidos cuidados com o sistema de drenagem das águas pluviais. O cenário resultante destes processos não poderia ser diferente, afinal todas as ações presentes são inadequadas sobre uma paisagem naturalmente vulnerável.

As séries seguintes ilustram outras situações, que alteram drasticamente as condições naturais de um ambiente.

Observe que as características do meio físico e biótico em cada uma das paisagens são diferentes, ocorrem variações no tipo de solo, de relevo, de declividade e de cobertura vegetal. Apesar da alta vulnerabilidade do terreno o resultado desastroso dessas intervenções sobre o meio poderia ser evitado ou minimizado, adotando algumas medidas simples, como: evitar a total exposição do solo, manter parte

FIGURA 3.9



Sobre relevo erosivo tabular e solo Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico: voçoroca em área de superpastagem com profundidade de 5 metros, alcançando larguras maiores de 60 metros, atingindo a estrada BR 060, no vilarejo Pontinha do Coxo, no município de Camapuã (MS). Foto: Rozely Santos



Sobre relevo erosivo convexo e Areias Quartzosas álicas: erosão no alto da serra Preta, no município de Alto Araguaia (MT). Foto: Myriam Abdon.



Sobre relevo erosivo convexo e Areias Quartzosas álicas: voçoroca em área de pastagem, no afluente do córrego Tigela, no município de Alcinópolis (MS), alcançando 25 metros de profundidade, 20m de largura e 2 Km de comprimento. Foto: Myriam Abdon.

Tipos de processos erosivos desencadeados por manejo inadequado do solo para implantação de pastagem e de abertura de vias de acesso.

da cobertura vegetal natural, escolher locais menos declivosos para o corte de terreno, evitar a concentração de águas pluviais e outros. Todos esses processos podem ocorrer naturalmente, em função de condições específicas, mas na grande maioria dos casos eles são provocados.

Os exemplos citados ilustram desastres em áreas rurais, que também ocorrem na área urbana. A urbanização é um dos processos mais impactantes sobre o meio natural, a começar pela poluição dos recursos hídricos, a degradação dos mananciais, o uso humano desmedido de água, a retirada da mata ciliar ao longo dos rios, a total impermeabilização do

solo, a canalização e a retificação dos cursos fluviais, provocando a ampla artificialização da drenagem em área urbana.

Não bastasse esta completa artificialização dos rios que atravessam as áreas urbanizadas, via de regra, as reconhecidas APPs (Áreas de Preservação Permanente), protegidas por Lei Federal, são usadas para construção de loteamentos irregulares, depósitos de lixo, receptores de esgoto e outras instalações e ações adotadas pela sociedade moderna. A consequência, por exemplo, pode ser a presença de algumas das doenças transmitidas por veiculação hídrica, seja por vírus, bactérias,

FIGURA 3.10



Assoreamento no ribeirão Camapuã, com depósitos de sedimentos nas margens em torno de 3 metros de altura. Solo Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico (PVe1) em relevo erosivo aguçado (Da25). Sub-bacia do rio Coxim, município de Camapuã/MS. Foto: Rozely Santos



Inundação na planície do ribeirão Futuro com presença de espécies arbóreas mortas, devido ao assoreamento e à obstrução de drenagem pela estrada. Solo Podzólico Vermelho-Amarelo álico (PVa12) em relevo erosivo tabular (Dt13). Sub-bacia do rio Taquari, município de Alcinópolis/MS. Foto: Rozely Santos



Inundação em área de nascente do rio Coxim devido à obstrução de drenagem, com espécies arbóreas mortas. Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa3) em relevo erosivo (Dep). Sub-bacia do rio Coxim, município de São Gabriel D'Oeste/MS. Foto: Rozely Santos

Situações de inundação e assoreamento desencadeados por usos da terra inadequados e alteração na drenagem.

FIGURA 3.11



Situações de desmatamento e queimadas desencadeados para implantação de agropecuária.

Fonte: Abdon et al., 2004.

protozoários ou fungos, como: febre tifóide, cólera, amebíase, shigelose ou dissenteria bacilar, hepatite infecciosa, leptospirose, giardíase, dengue, febre amarela, malária, ascaridíase, salmonelose, escabiose, pediculose, tracoma, conjuntivite, esquistossomose, filaríase ou ancilostomíase.

Enfim, ao longo deste capítulo pretendeu-se mostrar que para cada arranjo espacial de uso e ocupação da terra sobre um determinado tipo de terreno com um certo grau de vulnerabilidade ambiental e com atividades de manejo próprio da região podemos identificar um conjunto específico de problemas ambientais. A seguir algumas imagens de cidades brasileiras (figura 3.12). Cada uma delas ilustra a forma como é tratada a questão ambiental em nossa realidade.

Não podemos esquecer que o planejamento do uso e ocupação das terras em áreas urbanas e rurais é competência municipal e a gestão ambiental integrada deve ser prioridade em toda gestão municipal. O Plano Diretor é o principal instrumento que um município dispõe para organizar o seu território, as suas atividades e usos da terra, é também o meio para se atingir a desejada qualidade de vida para as populações. Com o Estatuto da Cidade (Lei 10.257 de 2001), que estabelece as diretrizes gerais da política urbana, são definidas também as bases para a elaboração do Plano Diretor. O Estatuto representa um ganho para a gestão ambiental

urbana que é o direito de preempção. Seu objetivo é facilitar a aquisição de áreas para a realização de projetos de interesse público, como a implantação de áreas de proteção ambiental, de áreas verdes e de preservação de prédios e de áreas de interesse cultural e ambiental, podendo evitar, por exemplo, a especulação imobiliária.

O uso de cada um dos instrumentos para a gestão urbana deve considerar a gestão ambiental integrada. Os cuidados adotados durante este processo devem ter o mesmo enfoque que o nosso olhar sobre uma paisagem: cada elemento identificado deve ser compreendido como parte de um todo, pois a falta de integração no planejamento da paisagem poderá resultar em efeitos catastróficos ao meio, afetando diretamente a qualidade de vida de todos.

Áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas protegidas pela Lei 4.771 de 1965. No caso das margens fluviais, as APPs são definidas, por esta mesma lei, em função da largura do rio.

FIGURA 3.12



Cenários atuais das ações desencadeadoras de desastres humanos.

1.5. A história de uma paisagem

A paisagem escolhida para ilustrar cenários criados ao longo do tempo e que resultaram em desastres humanos tem o caráter único de orientar para uma mudança de paradigma. Toda ação humana sobre uma paisagem tem que vir acompanhada de um cuidadoso estudo das prováveis consequências desencadeadas por ela, bem como de alternativas mitigadoras dos impactos. São tantas as situações de catástrofes que a humanidade tem sido causadora e vítima ao mesmo tempo, que existe a necessidade emergente de se obter algum aprendizado e evitar que outras e piores aconteçam.

Neste sentido, tomaremos como exemplo uma história que aconteceu em um lugar tão próximo e do qual estamos inseridos. Qual melhor cenário para ilustrar as respostas do meio dadas às alterações da dinâmica das áreas de inundação dos rios, senão o histórico rio Tietê? (figura 3.13).

Segundo o Plano de Manejo do Parque Estadual Nascentes do Tietê (Unicamp, 2004), o rio Tietê foi registrado cartograficamente pela primeira vez em 1748, no mapa de D'Anville e recebeu antes diversos nomes. Os primitivos nomes do rio podem ser encontrados nos antigos relatos e mapas da época da fundação da cidade. Muitas corruptelas e variações tais como Anhembi, Agembi, Aiembi, Anem by, Aniembi, Anhambi, Niembi e outras tantas designações são comuns nos antigos documentos.

O Tietê corta o estado de São Paulo no sentido transversal de sudeste a noroeste. Com mais de 1.100

km de extensão ele deságua no rio Paraná, contribuindo para a Bacia do rio do Prata. Hoje, é o principal curso d'água paulista e foi o principal condutor de interiorização do estado de São Paulo, ainda nos séculos XVI e XVII.

A importância do rio Tietê para o Brasil, em particular para São Paulo, é evidente ao se analisar as várias referências feitas a ele e à sua expansão para o interior do território. Com indicações de Martim Afonso de Souza, referindo-se ao Tietê como “um rio grande que enveredava pelo continente”, e de padre Manuel da Nóbrega, que dizia que “todos deveriam fugir da penúria de Santo André onde não havia peixe nem farinha e, se chegassem ao rio Piratininga (um dos primitivos nomes do Tietê), teriam tudo e sossegar-se-iam”, em pouco tempo o caminho que o Tietê percorria passou a ser o mesmo usado pelos bandeirantes mais intensamente, era em suas margens que eles se instalavam.

Desde então, o rio Tietê vem sofrendo vários tipos de uso e alteração. Ainda no início do século XVIII suas águas recebiam resíduos das atividades de mineração de ferro e ouro e na segunda metade desse mesmo século, a atividade canavieira contribuía para o desmatamento das matas ciliares ao longo do rio.

Mas, antes que chegássemos à atual configuração espacial e apesar de suas dimensões e proporções (ainda diminutas quando comparado a outros rios que compõem as bacias hidrográficas em território nacional) o Tietê abasteceu de pescado a província paulista até meados do século XX. Foi agente preponderante à expansão da cidade contemplando

a população com o material para a construção dos primeiros edifícios, e suportou o transporte de habitantes e mercadorias. Além de ter suas águas e margens usadas pela população como lazer.

Com o início da atividade mineradora no século XVII, o ciclo do ouro acelerou os Descimentos ou Monções pelo rio Tietê até alcançar Cuiabá em viagens descritas como verdadeiras epopéias. As Monções tinham como objetivo o comércio com as áreas mineradoras. O Tietê, então Anhembí, foi a principal via para cruzar o Estado de São Paulo e atingir o interior do sertão. Muitas cachoeiras com corredeiras atrapalhavam o percurso. “Em 1726, um viajante descreveu 160 obstáculos enquanto outro, em 1784, registrou 61” (Governo do Estado de São Paulo, 2004). Neste mesmo século, tem início o comércio do gado que predominou até 1775. Logo depois vieram as minas de ferro e a industrialização do açúcar e as grandes fazendas e engenhos, que tiveram início na segunda metade do século XVIII e se mantiveram como atividade predominante até 1822, sendo então substituídas pelo café, que exerceu seu domínio nas lavouras até 1888. A intensificação da cultura da cana-de-açúcar e o início das plantações de café, no interior do estado, dão lugar a fazendas isoladas e aglomerações satélites, substituindo os antigos pousos. Em pouco tempo, as terras paulistas são recortadas pelas estradas de ferro, que aparecem com a segunda fase de expansão da cultura cafeeira, de 1888 a 1930.

Nesse cenário já eram incontáveis as destruições ambientais provocadas, os resultados não eram apenas as concentrações populacionais no eixo que se estende às margens do rio Tietê, mas, sobretudo, a destruição da maior parte da cobertura vegetal existente. Restaram poucos fragmentos de florestas estacionais e de cerrado no interior do estado.

A ótica de abordagem dos rios já havia mudado nesse período. Já não se acentuava tanto sua importância como via de comunicação e como um bem natural, mas como recurso para produção de energia elétrica. São Paulo passa a viver, então, o processo de industrialização e modernização dos serviços urbanos e a tensão política centrava-se na criação de infra-estrutura para sua expansão econômica. Nesse momento, diversas barragens foram construídas ao longo do Tietê, com maior concentração no seu alto curso. As barragens tiveram como objetivos principais o aproveitamento da energia hídrica e a contenção de vazões e cheias, além do abastecimento populacional.

De condutor e indutor da interiorização paulista à principal fonte de geração de energia hidroelétrica no estado, a utilização do sistema hidrográfico do rio Tietê, considerando os recursos associados, está fortemente ligada às condições naturais do meio, sejam climáticas, geológicas, pedológicas, geomorfológicas ou do meio biótico. Isso explica a escolha das “manchas de terras roxas” ou das ricas áreas dos vales do Paraíba e Tietê, em suas planícies de inundação, para a agricultura; das manchas de Latossolos e Argissolos, Distróficos, solos de baixa fertilidade, destinados aos reflorestamentos e pastagens; ou ainda a ocupação das áreas centrais da Depressão Periférica e, posteriormente, do revés das Cuestas.

Em tempo, a história da ocupação territorial de toda a bacia hidrográfica do rio Tietê está associada às características do meio físico e biótico ao qual se insere e, por sua vez, seus condicionantes de ocupação.

Atualmente o rio Tietê recebe mais de 100 toneladas de lixo inorgânico diariamente e centenas de indústrias estão instaladas em suas margens.

A atual configuração da paisagem do rio Tietê resulta de mais de 500 anos de história, foram inúmeras as atividades que levaram à retificação de sua calha, ao desmatamento, à poluição e completa alteração de seu sistema hídrico.

As consequências destas ações já são bastante divulgadas por toda a mídia, principalmente quando ocorrem catástrofes como as enchentes envolvendo vidas humanas. Mas as cheias que ocorrem em alguns pontos do rio Tietê não evitam a escassez de água ao longo de seu curso fluvial. Os cenários que retratam o curso original e o atual estão longe de possuir qualquer similaridade, sendo reconhecidos apenas pela sua denominação. Isto comprova a enorme capacidade humana de construir e transformar, mesmo que esta transformação reverta prejuízos a si próprios, na busca dos benefícios emergentes. Os capítulos deste livro tratam exatamente dessa questão, das interferências humanas sobre uma paisagem.

FIGURA 3.14



A Comitiva de D. Pedro II na Ponte das Bandeiras, 1878
Fonte: Associação Guardiã da Água



B Lavadeiras no rio Tamanduateí, 1900
Fonte: Acervo rede das águas da SOS Mata Atlântica



C A partida das Monções. Óleo de J. F. de Almeida Junior (1897)
Fonte: www.multirio.rj.gov.br



D 'O rio Tietê na cidade de São Paulo no início do século XX.
Fonte: Associação Guardiã da Água



E Poluição do rio Tietê na altura da cidade de Pirapora.
Foto: Antonio Scarpinetti



F Rio Tietê: inúmeros meandros acompanhavam todo o seu percurso natural.
Fonte: www.biobras.org.br



G O encontro entre os rios Tietê e Pinheiros na capital paulista.
Fonte: Juca Martins / Olhar Imagem



H Captação de água da Represa Billings para Guarapiranga. Foto: Odair Farias / Sabesp.
Fonte: Associação Guardiã da Água

LEITURA RECOMENDADA

CASTRO, A.L.C. (org) 2004 Manual de desastres humanos - II Parte - De Natureza Social, Ministério da Integração Nacional. 1ª. ed., 1 volume, 342 p.

BRAGA, R. e CARVALHO, P.F. (orgs) 2000 Estatuto da cidade: política urbana e cidadania. Rio Claro: LPM-IGCE-UNESP.

CAPÍTULO 4

EROSÃO E ASSOREAMENTO

■ Mara de Andrade Marinho Weill & Antonio Gonçalves Pires Neto



EROSÃO HIDRICA, EÓLICA E ASSOREAMENTO NA SERRA DO ESPIRITO SANTO - JALAPÃO (TO)

FOTO: Antônio Gonçalves Pires Neto

CAPÍTULO 4

EROSÃO E ASSOREAMENTO



A formação do relevo é um dos principais processos que ocorrem na superfície terrestre. Esse processo é decorrente da ação de agentes internos e externos tais como a gravidade, a água da chuva, dos rios e dos mares, o vento, o gelo e os organismos.

No processo de modelagem do relevo, os agentes atuam removendo partículas de materiais de lugares mais elevados, transportando-as para lugares mais baixos, e depositando-as nas calhas dos rios, lagos e oceanos. O processo é contínuo e acaba por condicionar o aplanamento de certas regiões do planeta e por fornecer detritos para a formação das rochas sedimentares. O processo que engloba a remoção, o transporte e a deposição de materiais é denominado de erosão, sendo responsável ao longo de milhões de anos pela elaboração do relevo à superfície da Terra. Contudo, a ação do homem, inter-

ferindo nos fatores naturais por meio dos diferentes usos que ele faz do ambiente, via-de-regra promove a intensificação do processo natural, provocando a degradação das terras e o comprometimento da qualidade ambiental. Por isso tratamos dessa temática neste capítulo: acreditamos que a compreensão dos fenômenos e das etapas que compõem os processos de erosão e de assoreamento possa conduzir à interpretação e medidas das interferências humanas sobre eles, tornando mais eficiente as decisões que devemos tomar sobre nosso território. Neste e no próximo capítulo, o enfoque será a erosão hídrica, responsável por muitos danos ambientais e acidentes em território brasileiro. Serão aqui apresentados os fatores condicionantes da erosão hídrica, as etapas do processo e suas conseqüências para a qualidade do solo e do meio em que vivemos.

4.1 – EROSÃO

1.1 Conceitos e tipos de erosão

Erosão, do latim *erodere*, é o processo pelo qual há remoção de uma massa de solo de um local e sua deposição em outros locais, como resultado da ação de forças exógenas. A força motriz do processo é a energia cinética dos agentes erosivos. Com a diminuição progressiva da energia cinética do agente erosivo, dá-se a deposição do material erodido. A água e os ventos são os principais agentes da erosão do solo, sendo a erosão hídrica a erosão ocasionada pela água de chuva ou de enxurrada, e a erosão eólica a erosão causada pelos ventos. A erosão hídrica é amplamente disseminada na maioria das regiões. A erosão eólica é importante em regiões costeiras ou outras regiões com ventos constantes e mais fortes.

Para obter mais informações sobre os conceitos, princípios e tipos de erosão na paisagem leia os trabalhos de Hóly (1980); Hudson, (1981); Dregne (1982) e Laflen & Roose (1998).

Outros tipos de erosão incluem a erosão fluvial, associada ao trabalho dos rios, a erosão marinha, associada ao trabalho das ondas ao longo dos litorais, e a erosão glaciária, associada ao trabalho das geleiras.

A erosão do solo é um processo natural, praticamente impossível de ser estancado, comumente difícil de ser controlado, e facilmente acelerado pelo homem. A erosão se manifesta pela deterioração da superfície do solo, como uma perturbação em superfície, acompanhada pela remoção de partículas individuais constituintes do solo ou de volumes inteiros de solo.

A erosão resultante unicamente da atuação das forças da natureza, sem que haja a intervenção do homem, é denominada de erosão geológica ou natural (figura 4.1-a). É um fenômeno que se estabelece seguindo a tendência geral dos sistemas naturais em atingir níveis sempre mais baixos de energia. A erosão geológica constitui um processo essencial para a formação do relevo da superfície terrestre, para a formação dos solos aluviais e das rochas sedimentares.

FIGURA 4.1



A erosão geológica ou natural é responsável pelo modelado da superfície terrestre (a). Com a retirada da vegetação natural e implantação da atividade antrópica o processo erosivo é acelerado (b).

A erosão acelerada do solo, também chamada de erosão antrópica, designa a ativação do processo natural de erosão, como resultado de interferências humanas nos sistemas naturais (figura 4.1-b). O assoreamento e eutrofização de rios e o soterramento de matas figuram entre os impactos ambientais decorrentes da erosão acelerada do solo.

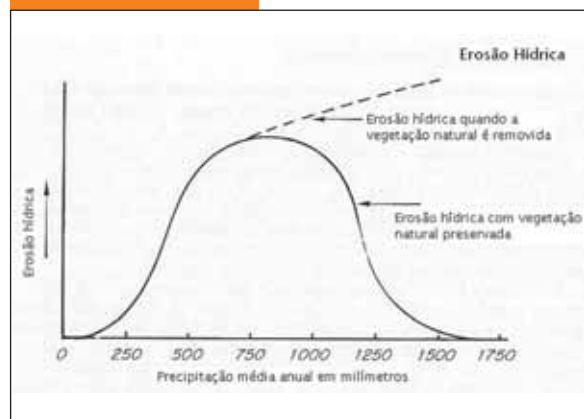
1.2 Fatores condicionantes da erosão

O clima, o relevo, o solo ou o substrato rochoso, a cobertura vegetal natural, quando presente, ou alternativamente, o tipo de uso antrópico instalado são os fatores que em conjunto determinam a extensão e grau de severidade da erosão que ocorre em dada área. As variações de cada um desses fatores condicionantes e a interação entre eles determinam as variações no tipo e intensidade da erosão, observadas nos diferentes locais.

Considera-se que o clima, o relevo e o solo condicionam, em conjunto, o potencial natural de erosão em dado local, uma vez serem recursos naturais não controlados nem passíveis de remoção pelo homem. Já o tipo de uso, manejo e as práticas conservacionistas são considerados fatores antrópicos, que podem ser alterados tendo em vista o controle da erosão. Conquanto possamos interferir parcialmente sobre esse fenômeno, comumente o crescimento populacional ou econômico de uma região favorece o aumento da erosão (Lal, 1990 e 1994).

Os principais aspectos do clima que afetam o processo erosivo incluem a quantidade, a distri-

FIGURA 4.2



Relação entre ocorrência de erosão e a precipitação média anual em condições de vegetação natural preservada e após sua remoção. (Adaptada de Hudson, 1981)

buição, a intensidade e a energia cinética das precipitações, especialmente no caso da erosão hídrica. Outros aspectos significativos incluem os ventos e as variações da temperatura. A figura 4.2 ilustra a relação entre a precipitação pluviométrica média anual e a incidência de erosão hídrica, considerando simultaneamente o efeito da vegetação natural. Nela observamos que a erosão hídrica aumenta exponencialmente com o aumento da precipitação pluviométrica média anual, até próximo de 750mm. Na condição de vegetação natural original preservada, a erosão hídrica permanece no mesmo patamar até cerca de 900mm de precipitação pluvial média, diminuindo a partir desse valor apesar do aumento da precipitação (linha cheia). Quando a vegetação natural original é removida, no entanto, a erosão hídrica aumenta linearmente com o aumento da precipitação pluviométrica a partir de 750mm (linha tracejada).

É estreita a relação entre o clima e a cobertura vegetal natural. Nas regiões quentes e com altos índices de precipitação, a vegetação natural é exuberante fornecendo grande proteção ao solo, o que previne ou minimiza o efeito dos agentes erosivos. Nos trópicos, com a remoção da cobertura vegetal original, as chuvas pesadas promovem muito mais dano ao solo do que as chuvas mais suaves dos climas temperados. Nas regiões semi-áridas ou com elevada deficiência hídrica, a vegetação natural é mais rala e de menor porte, conferindo pequena proteção ao solo, e o clima se caracteriza por apresentar precipitações concentradas em certas épocas do ano. Em conjunto esses fatores condicionam maior erosividade às chu-

FIGURA 4.3



Sob condições de elevada deficiência hídrica em solo raso e cascalhento, a vegetação natural é mais esparsa, conferindo pequena proteção contra a erosão.

vas, ou seja, maior capacidade potencial das precipitações de provocar erosão. Assim, pode-se considerar que a intensidade dos processos erosivos se relaciona não somente com a disponibilidade de água, mas também com a cobertura vegetal presente no solo. A cobertura do solo é um aspecto importante na prevenção e no controle da erosão, constituindo-se um princípio fundamental em conservação do solo e da água (figura 4.3).

Embora em termos globais exista a associação entre quantidade de chuva e intensidade de erosão, em termos estatísticos a correlação entre ambas é pobre. Desta forma, não somente a quantidade de precipitação, mas sobretudo a intensidade da chuva afeta a incidência de erosão. A pesquisa já demonstrou que quando, à exceção da chuva, todos os demais fatores da erosão são mantidos constantes, a perda de solo por unidade de área de um terreno desprotegido de vegetação é diretamente proporcional ao produto de duas características da chuva: a energia cinética e a intensidade máxima em 30 minutos (Wishmeier & Smith, 1958). Segundo os pesquisadores brasileiros Bertoni e Lombardi Neto (1999), essa foi a melhor correlação já encontrada para expressar o potencial erosivo ou a erosividade da chuva.

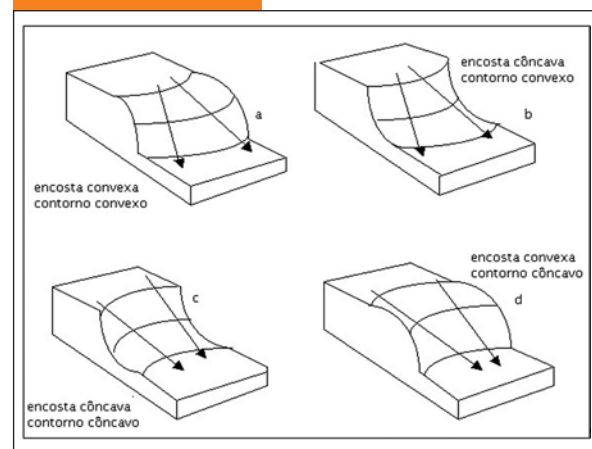
O papel do relevo no processo erosivo está relacionado a sua amplitude e a inclinação das encostas, que são atributos que caracterizam os diferentes tipos de relevo da superfície do planeta (colinas, morros, montanhas, chapadas, etc).

A interferência da amplitude das formas de relevo no processo erosivo está relacionada ao fato que ela determina a energia potencial atuante e a capacidade do agente erosivo de realizar trabalho (destacamento e transporte do material erodido). Assim a energia atuante é maior sobre os solos dos relevos com maior amplitude (desnível em relação ao nível de base local), como os morros, do que nos solos que ocorrem em relevos de menor amplitude, como as colinas. Os diferentes tipos de relevo podem ainda ser descritos pela inclinação de suas encostas como plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado.

O relevo desempenha papel importante na circulação da água pluvial, de modo que nos topos e nos relevos mais aplanados e de cimeira predominam processos de infiltração, enquanto que nos terrenos mais inclinados, ocorre o escoamento superficial e/ ou subsuperficial das águas. Nas posições mais baixas e aplainadas a tendência é de infiltração das águas, no entanto, a proximidade do lençol freático inibe o movimento descendente da água, dado a proximidade da zona saturada, o que favorece a ocorrência da deposição de detritos e o assoreamento dessas áreas deprimidas.

A inclinação e o comprimento das encostas interferem com a velocidade de escoamento das águas superficiais, que aumenta com a inclinação e com o comprimento da encosta, o que resulta em uma maior efetividade dos processos erosivos. As formas das vertentes, côncava, convexa ou retilínea, definem, por sua vez, o tipo de escoamento das águas pluviais, sendo que as encostas de contorno convexo geralmente são distribuidoras de água, enquanto que as encostas de contorno côncavo são coletoras de água (figura 4.4).

FIGURA 4.4



Formas básicas de encostas na paisagem e o fluxo de água. Em a e b o fluxo de água tende a ser divergente no final da encosta, enquanto que em c e d, o fluxo de água tende a ser convergente (adaptado de Hall e Olson, 1991).

A relação entre o solo e os processos erosivos está associada com sua maior ou menor resistência à ação das águas, ou seja, com sua erodibilidade, podendo ser definida como um atributo complexo do solo que representa sua vulnerabilidade ao processo erosivo. A erodibilidade do solo está associada a sua resistência à erosão. Assim, um solo de alta erodibilidade é aquele com maior potencial para sofrer erosão, em relação a outro solo de baixa erodibilidade. No entanto, este atributo não pode ser medido diretamente, sendo dependente da interação de numerosos outros atributos edáficos.

Dentre os atributos do solo que afetam sua erodibilidade e, conseqüentemente, sua susceptibilidade ao processo erosivo se destacam a granulometria, a estrutura e agregação dos horizontes superficiais, a capacidade de infiltração e de retenção de água no solo, a permeabilidade ou velocidade de transmissão de água no perfil, o teor de matéria orgânica e a espessura ou profundidade.

A granulometria, estrutura e agregação do solo são as características edáficas que determinam a circulação hídrica no corpo do solo, bem como sua resistência à desagregação pela ação do impacto das gotas de chuva. A matéria orgânica, a argila, os sesquióxidos de ferro e alumínio, os cátions bivalentes são agentes cimentantes, que estabilizam a estrutura e agregação do solo, conferindo-lhe maior resistência ao processo erosivo. A granulometria e a estrutura do solo interferem, portanto, na permeabilidade do solo e no grau de coesão entre as partículas. Os solos arenosos, embora possuam uma porosidade total inferior à dos solos argilosos e aos de textura média, apresentam muitos macroporos, ou poros grandes que facilitam a infiltração de água, diminuindo o escoamento superficial. No entanto, a baixa coesão entre as partículas facilita a erosão mesmo com pequenas chuvas.

As relações de infiltração, drenagem, e retenção de água no solo condicionam a erosão à medida que determinam o volume de água que permanecerá à superfície, susceptível de sofrer escoamento superficial e de causar erosão. Neste caso, a umidade anterior do solo é um fator importante nas relações infiltração-deflúvio. A espessura dos solos também interfere na erodibilidade a medida em que os solos mais rasos tornam-se rapidamente saturados de água o que favorece a ocorrência de enxurradas e, portanto, de uma ação mais intensa do escoamento superficial.

A constituição, a textura e as estruturas do substrato rochoso são fatores que condicionam a susceptibilidade dos materiais à alteração e aos processos de erosão, uma vez que os materiais mais alteráveis propiciam a formação de horizontes de solos mais espessos, disponibilizando maior quantidade de material para a ação dos processos erosivos. Assim, uma rocha rica em sílica como o granito é mais resistente à alteração, do que uma rocha rica em carbonatos como o mármore, o que condiciona o aparecimento de um manto da alteração menos profundo sobre o granito do que sobre o mármore.

Outro aspecto importante está relacionado com as características do solo de alteração ou alóctone e do solo residual ou autóctone. O solo de alteração ou alóctone é o que se desenvolveu a partir de um material de origem transportado, que já sofreu um ciclo de erosão (desagregação-transporte-deposição). O solo residual ou autóctone é aquele que se desenvolveu diretamente a partir da rocha subjacente.

O efeito da vegetação inclui a proteção direta contra o impacto das gotas de chuva e a dispersão da água, interceptando-a e favorecendo a evaporação, antes que atinja o solo. A vegetação também atua indiretamente, à medida que a incorporação de raízes ao solo e sua posterior decomposição favorecem a acumulação de matéria orgânica no solo, com efeito sobre a estrutura, a agregação e a fertilidade, e a formação de macroporos de origem biológica, que favorecem a infiltração de água no solo. Outro aspecto que interfere com os processos erosivos refere-se ao tipo de vegetação, que determina o maior ou menor grau de cobertura do solo. Assim, vegetação exuberante, com vários estratos, oferece maior proteção contra a erosão do que vegetação rala, mais homogênea e de menor porte (capítulo 10).

Com a retirada da vegetação natural para implantação das diferentes atividades antrópicas, o tipo de uso da terra acaba por interferir na forma e na intensidade de atuação dos processos erosivos. A manutenção do solo desnudo, totalmente susceptível à ação dos agentes erosivos, é a pior situação.

No caso do uso agrícola, a disposição de estradas e carregadores, o grau de mobilização do solo nas operações de preparo do solo e de semeadura e o manejo dos restos culturais, conforme o sistema de manejo agrícola empregado, constituem os aspectos mais significativos a serem considerados. As atividades pecuárias, por sua vez também induzem ao desenvolvimento de processos erosivos, que se instalam ao longo das trilhas que o gado usa para beber água.

As obras de terraplenagem associadas às obras de infra-estrutura e obras viárias geralmente expõem o subsolo à ação das águas pluviais. Os capítulos 6 e 7 deste livro descrevem como as obras de drenagem mal dimensionadas promovem a concentração do escoamento superficial, intensificando o processo erosivo e o aporte de sedimentos que culminam com o assoreamento e poluição dos corpos d'água. Também evidenciam que, em áreas urbanas, a impermeabilização do solo, a disposição inadequada de ruas, a manutenção precária da rede de galerias e de bueiros e a locação de loteamentos em áreas de risco ou impróprias para edificações são fatores que contribuem para a intensificação da erosão, com conseqüências por vezes catastróficas.

1.3 Erosão acelerada do solo, degradação de terras e conseqüências

A terra é um recurso natural essencial, finito, e disponível somente em uma quantidade fixa. Como já citado em outros capítulos, sua degradação é um processo complexo e as interferências humanas aceleram substancialmente a velocidade de mudança da condição natural. Atualmente, a degradação de terras é apontada como sendo o problema emergente de maior importância em muitos países em desenvolvimento e um grande problema nos países desenvolvidos.

A degradação acelerada das terras ocorre quando a capacidade natural de auto-regulação dos sistemas é ultrapassada e constitui um sintoma indicativo de uso e manejo mal conduzidos, que comprometem a manutenção da integridade ou do pleno potencial da terra para usos futuros. A erosão acelerada do solo é considerada por diversos pesquisadores como sendo o processo que isoladamente mais contribui para a degradação das terras produtivas em todo o mundo. O processo constitui, portanto, um sério problema global de degradação de terras e uma ameaça ao bem-estar da humanidade.

Dados apresentados por Lal (1990) indicam que a erosão acelerada do solo já havia destruído irreversivelmente até então algo em torno de 430 milhões de hectares de terras em diferentes países. Lal & Stewart (1992) estimaram que no ano 2000 a degradação de terras por erosão e outros processos (salinização, desertificação, entre outros) atingiria a cifra de 10 milhões de hectares, correspondentes a aproximadamente 0,7% da área cultivada mundial. Pimentel et

al. (1995), estimaram em cerca de US\$ 400 bilhões anuais os custos da erosão do solo em termos mundiais, mais do que US\$ 70 por pessoa.

A fina camada de solo que cobre a superfície terrestre representa a diferença entre a sobrevivência e a extinção para a maior parte da vida terrestre. Já há uma conscientização crescente de que o solo é um componente criticamente importante da biosfera terrestre, funcionando não somente na produção de alimentos e fibras, mas também na manutenção da qualidade ambiental local, regional e global.

A erosão acelerada condiciona a perda de materiais do solo, em especial de nutrientes e de matéria orgânica, e desorganiza sua estrutura, atuando como um importante agente de degradação desse recurso natural. Trabalho apresentado por El-Swaify (citado por Lafen & Roose, 1998) indica que a erosão hídrica contribuiu com aproximadamente 55% dos quase dois bilhões de hectares de solos degradados no mundo. No Brasil, dados estimados por Marques no final da década de 1940, indicavam que as perdas anuais de solo por erosão hídrica, do tipo laminar, giravam em torno de 500 milhões de toneladas, valor que corresponderia ao desgaste uniforme de uma camada de 15 centímetros de espessura numa área de cerca de 280 milhões de hectares de terras. Dados mais recentes (Castro, 1991), indicam uma perda de solo somente no Estado de São Paulo de cerca de 200 milhões de toneladas anuais.

Os principais fatores condicionantes da aceleração do processo erosivo em áreas agrícolas incluem a retirada da vegetação natural para implantação dos agrossistemas e outros usos, o manejo impróprio de solos produtivos, a exploração inadequada de terras marginais, a pressão de ocupação das terras por usos competitivos, o uso intensivo das terras com elevado potencial natural de erosão e, sobretudo, a falta do planejamento da ocupação.

1.4 Erosão hídrica e o papel da água na dinâmica do processo

Erosão hídrica é a erosão do solo ocasionada pela água. Em condições naturais, a erosão hídrica ocorre em quase toda a superfície terrestre, excetuando-se as regiões áridas ou geladas. A perda de solo é decorrente da exposição de sua superfície à ação do impacto da gota de chuva ou à ação da enxurrada. Com base nesses dois mecanismos de ação da água, a erosão hídrica é dividida em dois tipos principais

FIGURA 4.5



Desagregação do solo causada pelo impacto da gota de chuva
Foto extraída do trabalho de Ritter, 2006.

denominados de erosão entressulcos e erosão em sulcos. A erosão entressulcos é também chamada de erosão areolar ou laminar e a erosão em sulcos é também referida por erosão linear ou erosão em canais.

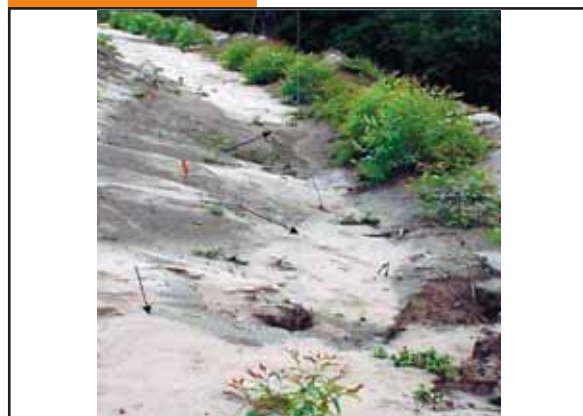
A erosão entressulcos é um processo que se inicia com o impacto das gotas de chuva ou da água de irrigação sobre o solo descoberto, propiciando o destacamento e transporte de partículas do solo. Esse processo se intensifica após a saturação da camada mais superficial do solo, quando se forma um filme líquido à superfície do terreno, no qual as partículas ficam em suspensão, podendo ser transportadas. A figura 4.5 ilustra a desagregação causada pelo impacto da gota de chuva e a figura 4.6 mostra esquematicamente a alteração da superfície do solo decorrente do impacto da gota.

As forças e energias atuantes no processo derivam do impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo descoberto e do fluxo superficial próximo ao local onde o impacto ocorreu. A liberação para pequenos sulcos ocorre muito próxima aos locais de impacto, estando intimamente relacionada

com a energia cinética das gotas. De acordo com os pesquisadores Laflen e Roose (1998), o processo geralmente envolve curtas distâncias, de um metro ou pouco mais, a partir do ponto de impacto da gota. O material liberado ao atingir canais próximos ao local de origem pode ser levado pela enxurrada para pontos mais distantes, em cotas de altitudes inferiores. Se não há fluxo no canal, o material da erosão entressulcos permanece próximo ao local de destacamento.

O material liberado pela erosão entressulcos apresenta como característica fundamental, uma maior concentração das partículas mais finas, em especial de argila, comparativamente a granulometria do solo original. Isto resulta do fato de que a energia associada ao fenômeno normalmente é suficiente apenas para transportar as partículas mais leves do solo, que se mantêm suspensas e propícias ao deslocamento, mesmo com quantidade limitada de água. Se as características do solo, da superfície do terreno e da chuva se mantêm constantes, a erosão entressulcos também é constante ao longo da encosta (figura 4.7).

FIGURA 4.7



Aspecto da erosão entressulcos ou laminar em solo arenoso. As setas indicam o material erodido das partes mais altas da encosta.

FIGURA 4.6



Esquema da desagregação do solo pelo impacto da gota de chuva ou da água de irrigação (Extraído do trabalho de Ritter, 2006).

A erosão em sulcos é o processo de destacamento e transporte de solo devido à ação da enxurrada ou do escoamento superficial concentrado (*runoff*). Geralmente, a maior parte da erosão que é visível no campo, é devida à erosão em sulcos. A erosão entressulcos é praticamente imperceptível no campo.

A erosão em sulcos aumenta com o aumento do volume da enxurrada. O volume da enxurrada é uma função não apenas da intensidade da precipitação, mas da posição na paisagem, do tipo de solo, da cobertura vegetal e do comprimento e inclinação da encosta. Onde o terreno apresenta encostas curtas, a maior parte da erosão se relaciona com a erosão entressulcos. À medida que as encostas se alongam, o processo de erosão em sulcos passa a ser dominante. Na erosão em sulcos, o material que é desprendido e deslocado pela ação da enxurrada apresenta granulometria semelhante à do solo original, não sendo concentrado em relação às partículas mais finas (figura 4.8).

O estágio inicial e mais importante do processo erosivo vem a ser, portanto, o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo descoberto, provocando a ruptura dos agregados e a liberação das partículas. O transporte das partículas nessa fase pode se dar por fluxo superficial raso, cuja capacidade erosiva é aumentada pela turbulência do impacto das gotas. O impacto das gotas de chuva contribui para o processo erosivo de três formas: desprendendo as partículas do solo no local do impacto, transportando por salpicamento as partículas desprendidas e imprimindo energia, em forma de turbulência, à água superficial. Em áreas planas, onde

o escoamento superficial não é favorecido, as partículas individuais podem preencher os poros existentes no topo do solo, diminuindo a porosidade do mesmo, aumentando a densidade e contribuindo para a formação de crosta superficial. A formação de crosta diminui consideravelmente a infiltração de água no solo. Na eventualidade de um evento posterior de chuva, o escoamento superficial será favorecido, tendo em vista a impermeabilização do topo do solo, aumentando as perdas.

A infiltração de água no solo representa a entrada da água através da interface solo-atmosfera. O termo taxa de infiltração se refere à quantidade de água que atravessa a unidade de área da superfície do solo por unidade de tempo. Experimentalmente, foi comprovado que durante o processo de infiltração, estando o solo inicialmente seco, a taxa de infiltração tende a decrescer com o tempo, atingindo um valor final constante conhecido como capacidade de infiltração. Uma vez saturado o solo, se a intensidade de precipitação é superior à capacidade de infiltração de água no solo, começam a se formar poças à superfície, preenchendo as irregularidades do terreno. A formação de poças na superfície do solo é o estágio que antecede o escoamento superficial, uma vez que preenchidas as irregularidades, as poças podem se ligar umas às outras, dando início ao escoamento superficial (figura 4.9).

Inicialmente o processo é difuso, na forma de um fluxo laminar. Com o aumento do volume de água, pode-se formar um fluxo linear. A remoção de partículas pelo fluxo superficial é atribuída à força de cisalhamento exercida pela enxurrada, à medida que esse fluxo aumenta sua profundidade morro abaixo.

FIGURA 4.8



Erosão linear ou em sulco em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média.
Foto: L. T. B. Rizzo

FIGURA 4.9



Escoamento superficial em terreno logo após chuva intensa.
Foto: L. T. B. Rizzo

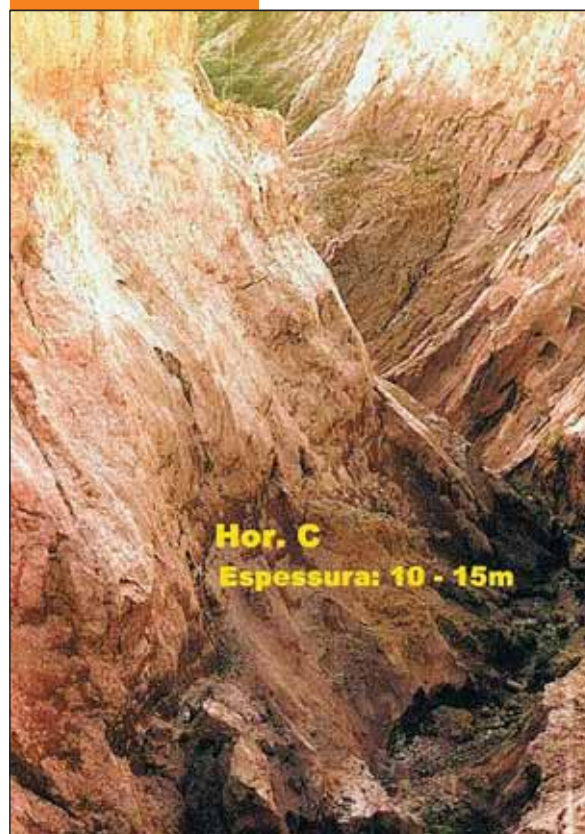
FIGURA 4.10



Erosão em ravina, ou sulcos mais profundos, em solo com gradiente textural do horizonte A para o horizonte B.
Foto: L. T. B. Rizzo

Nesse estágio, a erosão pode ser ainda considerada incipiente, muito localizada, envolvendo apenas o transporte de grãos individuais que compõem o solo. Uma vez detectado nesse estágio, há ainda grandes possibilidades de recuperação da área atingida. Com a evolução do fluxo linear, a concentração de sedimentos em seu interior provoca um forte atrito entre as partículas e o fundo dos pequenos canais, aumentando a erosão nesses canais. O desenvolvimento de microrravinas constitui o terceiro estágio de evolução do escoamento superficial, no desenvolvimento de ravinas ou canais. Nesse estágio, a água escoia concentrada em canais bem definidos, mas ainda bem pequenos, sendo que a turbulência do fluxo aumenta bastante nesse estágio. Com a continuidade do processo no espaço e no tempo, a evolução de ravinas prossegue com a formação de cabeceiras, coincidindo com um segundo pico na produção de sedimentos. Posteriormente, podem se desenvolver bifurcações nos pontos de ruptura. A formação de ravinas é um processo erosivo crítico, sendo seu reconhecimento de grande importância prática em conservação do solo e da água (figura 4.10). No entanto, o aprofundamento das ravinas e a intensificação dos processos erosivos superficiais podem evoluir para a formação de voçorocas ou boçorocas, que podem interceptar o lençol freático (figura 4.11). O detalhamento acerca dos estágios do processo erosivo consta do texto de Guerra (1998). Em suma, a degradação do solo comumente inicia pela erosão entressulcos, mas o desenvolvimento de sulcos e ravi-

FIGURA 4.11



Erosão em voçoroca, estágio final da erosão linear.
Foto: L. T. B. Rizzo

nas aumenta drasticamente o destacamento de solo e o transporte de material morro abaixo.

A distinção entre ravinas e voçorocas tem sido realizada por critérios dimensionais e genéticos. De acordo com o pesquisador Guerra (1998), pelo critério dimensional, ravinas seriam incisões de até 50cm de largura e profundidade. Acima desses valores, as incisões erosivas seriam denominadas de voçorocas. O Instituto Paulista de Tecnologia vinculou o critério segundo o qual ravinas seriam canais criados pela ação do escoamento superficial, e voçorocas seriam canais esculpidos pelo afloramento do lençol freático (Oliveira, 1999). Defendemos a adoção do critério dimensional para diferenciar os estágios sulco-ravina-voçoroca, porque expressa a evolução no tempo e evita o problema de considerar como ravina, por exemplo, uma incisão profunda superior a 10m, mas não associada ao afloramento do lençol freático.

Na maioria das vezes as ravinas surgem em áreas agrícolas. No entanto, sua formação é ainda um processo comum em áreas com obras de drenagens mal elaboradas e dimensionadas, associadas às áreas

urbanas, a estradas pavimentadas ou não e a ferrovias, que propiciam muitas vezes a degradação das obras, bem como assoreamentos intensos em canais fluviais e nascentes.

No estudo da erosão, além de reconhecermos a expressão fisionômica e funcional do processo, devemos enquadrá-lo em, pelo menos, duas categorias de impactos – diretos e indiretos. Os impactos diretos afetam a qualidade do solo e, por conseguinte, a qualidade da terra no local onde está ocorrendo a erosão. Os impactos indiretos afetam o ambiente no entorno das áreas que estão sofrendo erosão.

Pelo processo erosivo, especialmente no caso da erosão entressulcos, ocorrem perdas do solo superficial, que corresponde à porção do perfil onde se concentram a matéria orgânica e os nutrientes. A erosão condiciona, portanto, a perda progressiva da porção mais ativa e fértil do solo. Outras consequências diretas da erosão incluem a diminuição da espessura do solo e a formação de sulcos, cuja frequência e dimensões no terreno, podem restringir ou impedir a motomecanização, por exemplo, no caso do uso agrícola.

Do ponto de vista ambiental, a erosão entressulcos é, reconhecidamente, a principal fonte não pontual de degradação das águas superficiais por nitratos, fosfatos e agroquímicos, conforme comprovam McCool e Renard (1990). A erosão entressulcos é de importância nos estudos de poluição ambiental, na medida em que os sedimentos liberados, enriquecidos com argila, matéria orgânica, moléculas e íons adsorvidos, são transportados em suspensão nas enxurradas para as partes mais baixas, atingindo os canais fluviais e reservatórios, onde promovem asso-

reamento, eutrofização e poluição (figura 4.12). A intensificação dos processos de erosão e a deposição de grandes volumes de material detrítico e solos faz com que os processos de deposição sejam também intensificados, dando origem a assoreamentos de inúmeros corpos d'água com graves prejuízos ambientais.

Outros impactos indiretos são de natureza biológica ou recreacional. Assim, pelo processo erosivo os ecossistemas aquáticos são seriamente afetados por sedimentos e outros contaminantes associados. A turbidez da água afeta a pesca e o assoreamento limita, ainda, atividades como navegar, velejar ou nadar. O crescimento de plâncton diminui o prazer associado às atividades de recreação praticada em rios e lagos poluídos. Ocorre, ainda, o aumento dos custos de tratamento da água, devido à diminuição de sua disponibilidade, e o aumento dos riscos de inundação (figura 4.13).

1.5 Métodos e modelos para identificar e estimar a erosão na paisagem

Os métodos para estimar a erosão podem ser diretos ou indiretos. Os métodos diretos se baseiam na coleta, na medição e na análise das perdas de terra e de água, com auxílio de instalações coletoras e de medidores especiais. Os métodos indiretos, por sua vez, baseiam-se nos vestígios deixados no solo ou em diferenças apresentadas em relação ao solo não erodido. Em geral, são mais imprecisos e se constituem em processos auxiliares de estudo.

A determinação quantitativa do volume das perdas por erosão varia grandemente com a área

FIGURA 4.12



Assoreamento em represa com impacto sobre a qualidade e disponibilidade de água.

FIGURA 4.13



Erosão e assoreamento das margens de represa diminuem a disponibilidade de água e aumentam os custos de tratamento da água.

do terreno considerada e com as modalidades de uso do solo. No caso da erosão areolar, as perdas podem ser determinadas em laboratório ou em parcelas experimentais, com ou sem uso de simuladores de chuva, a partir da coleta total ou parcial do material erodido. Essa coleta se faz com o uso de sistemas coletores, providos de soleira concentradora de enxurrada e tanques interligados por divisores especiais que recolhem toda ou uma fração conhecida da enxurrada. A figura 4.14 ilustra parcelas experimentais e sistemas coletores de enxurrada para estudo da erosão do solo do Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, em Campinas (SP). A figura 4.15 mostra em detalhe o sistema coletor de enxurrada, na parte inferior de uma parcela experimental. A leitura da altura de água recolhida nas caixas fornece o volume total de enxurrada. Em bacias hidrográficas, a determinação é feita por meio de medições de vazão e de análises periódicas de material transportado, pela coleta periódica de uma fração ou de uma alíquota da água.

No caso da erosão linear, os sulcos e ravinas podem ser medidos diretamente no campo, tomando-se as medidas de largura, profundidade e comprimento, que permitem estimar o volume de solo perdido por erosão. Determinando a densidade do solo, obtém-se a quantidade de solo erodido. Neste caso, além do peso do material erodido, o levantamento do número de sulcos por unidade de área também é um indicador importante para o diagnóstico da erosão na área.

Para avaliação mais precisa das perdas por erosão, deve-se associar às medições de volume ou de peso do material erodido, a identificação e quantificação das principais substâncias e elementos transportados. As determinações englobam desde simples secagem do material para verificação do teor de água até análises mecânicas e químicas completas. A determinação da umidade da lama decantada e do solo na enxurrada permite avaliar as perdas de terra seca e de água. A análise granulométrica do material erodido fornece informações acerca da erodibilidade dos diferentes tipos de solo. A análise química do material erodido, lama e enxurrada, fornece informações acerca das perdas em nutrientes e da matéria orgânica do solo e da erodibilidade do solo, com aplicação nos estudos sobre poluição de águas superficiais.

Dentre os métodos indiretos, o levantamento dos graus de erosão se baseia na verificação de mudanças associadas com a diminuição da espessura do horizonte superficial do solo. Também inclui o monitoramento e a caracterização de mudanças ou alterações associadas com a constituição física e química do solo. A aplicação do método requer a disponibilidade de levantamentos detalhados de solo, que definam com relativa precisão para cada tipo ou classe de solo, os valores médios e os intervalos de variação dos referidos atributos. Os modelos para estimativa das perdas de solo por erosão foram desenvolvidos com o intuito de habilitar o planejador conservacionista a projetar dados experimentais de erosão para localidades e condições que não tenham sido diretamente representadas

FIGURA 4.14



Vista geral das parcelas experimentais com sistemas coletores de enxurrada do Campo Experimental da FEAGRI/ UNICAMP. Campinas, SP.

FIGURA 4.15



Detalhe do sistema coletor de enxurrada de parcela experimental do Campo Experimental da FEAGRI/ UNICAMP. Campinas, SP.

nas pesquisas desenvolvidas. Em modelagem de erosão, a perda de solo ou taxa de perda de solo foi definida por Nearing, Lane & Lopes (1994) como sendo “a quantidade de solo perdida durante um determinado período de tempo em uma dada área que tenha sofrido perda líquida de solo”. Há modelos que estimam a perda de solo referida a um único evento de precipitação, a um valor médio relativo a um certo número de anos, ou a qualquer outro período de tempo determinado, sendo expressa em unidades de massa por unidade de área, tais como Mg ha^{-1} ou kg m^{-2} e, quando referente a um período de tempo determinado, em unidades de massa por unidade de área por unidade de tempo, tal como $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

A produção de sedimentos é definida pelos mesmos autores como sendo “a quantidade de material erodido em um dado período de tempo que deixa uma área específica”. Refere-se, portanto, ao material do solo que cruza o limite de um campo agrícola ou o contorno de uma bacia hidrográfica. A produção de sedimentos pode ser expressa em unidades de massa (kg), em unidades de massa por unidade de comprimento de um contorno (kg m^{-1}), ou em unidades de massa por unidade de área (kg m^{-2}), à semelhança da perda de solo.

Ao longo do tempo, em um campo sofrendo erosão, algumas áreas sofrem perda líquida de solo enquanto outras sofrem deposição líquida. Parte do solo que é retirado de um local não cruza o limite do campo, depositando-se em outro local no mesmo campo. Portanto, nem toda a perda de solo por erosão ocorrida em dado local se transforma em produção de sedimento. A diferença entre a perda líquida de solo (integrada espacialmente) e a deposição líquida de solo (integrada espacialmente) corresponde à porção que deixa o campo, sendo referida por “produção de sedimento”. A produção de sedimentos é relevante no ambiente externo à propriedade agrícola, por seus efeitos de assoreamento, poluição e eutrofização das águas superficiais, comentados anteriormente.

A predição da erosão evoluiu da simples coleta de dados para comparação de práticas conservacionistas e do manejo, para modelos empíri-

cos simples, para modelos empíricos complexos, e mais recentemente para modelos físicos ou conceituais, como citado pelos pesquisadores McCool e Renard (1990).

Os modelos empíricos se baseiam em observações e comumente possuem uma natureza estatística. Geralmente são aplicáveis somente nas condições para as quais os parâmetros do modelo foram calibrados. Os modelos físicos ou conceituais se baseiam em processos físicos conhecidos, permitindo uma melhor compreensão dos princípios e processos de erosão do que os modelos empíricos. Requerem, no entanto um grande número de dados, alta velocidade de processamento e alta capacidade de memória dos processadores, o que limita seu emprego.

Uma vantagem da aplicação de modelos de estimativa de erosão é que fornecem resultados quantitativos, que permitem comparações objetivas de resultados, previsão e planejamento. No entanto, sem os dados necessários ou com escassez de dados de entrada dos modelos, estes se tornam muito pouco confiáveis.

O modelo empírico mais conhecido e utilizado para estimativa de taxas de perda de solo por erosão corresponde à Equação Universal de Perda de Solo (Universal Soil Loss Equation- USLE), desenvolvida em 1954 no National Runoff and Soil Loss Data Center (Purdue University, USA), e posteriormente revisada por Wischmeier e Smith (1965; 1978).

No Brasil, os trabalhos iniciais com a equação universal foram desenvolvidos na década de 1970 por Bertoni e colaboradores, utilizando dados existentes para as condições de clima, solo e relevo do estado de São Paulo. Posteriormente, vários autores procuraram ajustar os fatores do modelo para aplicação da equação em diferentes regiões brasileiras.

A USLE foi desenvolvida para estimar a taxa de perda de solo de locais específicos sob sistemas de cultivo e manejo também específicos, tendo por base a erosividade anual média da precipitação ocorrida em uma série de 20 anos ou mais de registros. A equação não se aplica, portanto, para estimativa da perda de solo associada a um evento em particular de precipitação. Para produzir estimativas confiáveis, o modelo requer o levantamento de dados ajustados à realidade, considerando os fatores locais determinantes do processo.

Conforme descrevem Wischmeier e Smith (1978), a USLE ou EUPS consiste de um modelo mul-

Para saber mais sobre modelos leia Wischmeier e Smith (1978) e McCool e Renard, (1990).

tiplicativo, pelo qual a taxa estimada de perda anual de solo, expressa em massa por unidade de área por unidade de tempo (A , $Mg\ ha^{-1}\ tempo^{-1}$), é dada pelo produto de seis fatores determinantes, caracterizados localmente, de acordo com a equação 1.

$A = R * K * L * S * C * P$ (Equação 1) Onde: • R = fator erosividade da precipitação e da enxurrada, expresso em $MJ\ mm\ ha^{-1}h^{-1}$; • K = fator erodibilidade do solo, definido pela intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25 m, expresso em $Mg\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$; • L = fator comprimento da encosta, definido pela relação de perdas de solo entre uma encosta com um comprimento qualquer e uma encosta com 25 m de comprimento, para o mesmo solo e grau de inclinação, adimensional; • S = fator grau de declive, definido pela relação de perdas de solo entre um terreno com um declive qualquer e um terreno com um declive de 9 %, para o mesmo solo e comprimento de rampa, adimensional; • C = fator de cobertura e manejo da cultura, definido pela relação de perdas de solo entre um terreno cultivado em dadas condições e um terreno mantido continuamente descoberto, em condições semelhantes àquelas em que o fator K é avaliado, adimensional; • P = fator prática de controle da erosão; definido pela relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo, adimensional.

O modelo se aplica para estimativa das taxas de perda de solo por erosão e para seleção de práticas agrícolas, quando então é fixado um valor máximo de perda de solo referido por perda tolerável ou tolerância de perda de solo (valor T).

A partir da determinação da participação dos fatores R (erosividade da chuva), K (erodibilidade do solo), L (comprimento da vertente) e S (declividade da encosta), e considerando a taxa de perda de solo igual à tolerância, podem ser testadas diferentes combinações de uso e manejo para selecionar as combinações recomendáveis (CP tolerável).

O modelo, no entanto, apresenta especificidades e limitações. A equação foi desenvolvida para prever a taxa de perda anual de solo decorrente da erosão entressulcos e de pequenos sulcos. O modelo não estima a deposição nas encostas nem a produção de sedimentos. As estimativas se referem a um

segmento particular da encosta, caracterizado pelos fatores L e S . A aplicação da equação requer o ajuste dos fatores às condições locais. O modelo foi ajustado para estimar a taxa de perda ocorrendo em solos de textura média situados em declividades moderadas. A aplicação da equação em áreas muito íngremes ou em solos arenosos ou muito argilosos pode produzir resultados não confiáveis. Em sua forma original, o modelo não estima a erosão em sulcos e a produção de sedimentos a partir de voçorocas. O modelo não estima com acurácia a erosão associada a um evento particular de precipitação, estação ou ano, nem a erosão decorrente do fluxo concentrado de água (ou enxurrada).

Apesar ter sido desenvolvida para aplicação em glebas homogêneas, diversos autores têm usado a equação para predição das taxas de perdas de solo em bacias hidrográficas (Hession & Shanholtz, 1988; Hamlet et al., 1992; Mellerowicz et al., 1994; Jäger, 1994; Weill, 1999; Rocha et al.; 2000). A principal limitação da aplicação da equação em bacias hidrográficas refere-se ao cálculo dos comprimentos das encostas, uma vez que o modelo assume o processo como sendo de caráter contínuo, não contemplando o fenômeno de deposição nas encostas. Para contornar o problema, vários autores propuseram algoritmos para cálculo do comprimento das encostas em vertentes complexas, como Rocha e colaboradores (1995) e Valeriano (1999).

Williams (citado por Williams et al., 1994) modificou a USLE para estimar a perda de solo decorrente de um único evento de precipitação. O desenvolvimento de um fator erosividade da chuva baseado no escoamento superficial (ou runoff) deu origem ao modelo denominado MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation).

A RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), ou USLE revisada, manteve a estrutura do modelo original (USLE), mas os algoritmos usados para calcular os fatores individuais do modelo foram mudados significativamente (Renard et al, 1994). Um dos aspectos mais importantes se refere à aplicação da tecnologia da informação para auxiliar nos cálculos para determinação dos fatores do modelo. Outros avanços em relação ao modelo original incluem maior flexibilidade na consideração do comprimento da encosta, melhorando o ajuste do fator topográfico a uma maior gama de condições, o estabelecimento de uma relação linear da declividade em áreas acidentadas, para estimar maiores perdas em áreas de maior declividade, e o cálculo do fator C considerando subfatores

relacionados com cobertura, rugosidade e resíduos incorporados.

A partir de 1985, diversas agências federais e estaduais americanas iniciaram o projeto WEPP (Water Erosion Prediction Project), para desenvolvimento de um modelo físico de simulação da erosão e da produção de sedimentos. O modelo WEPP inclui

componentes para gerar o clima e estimar a infiltração de água, o balanço hídrico, o desenvolvimento da cultura, a decomposição de resíduos, a enxurrada, e a erosão, sendo capaz de calcular variações temporais e espaciais de perda de solo em simulações contínuas ou para um único evento.

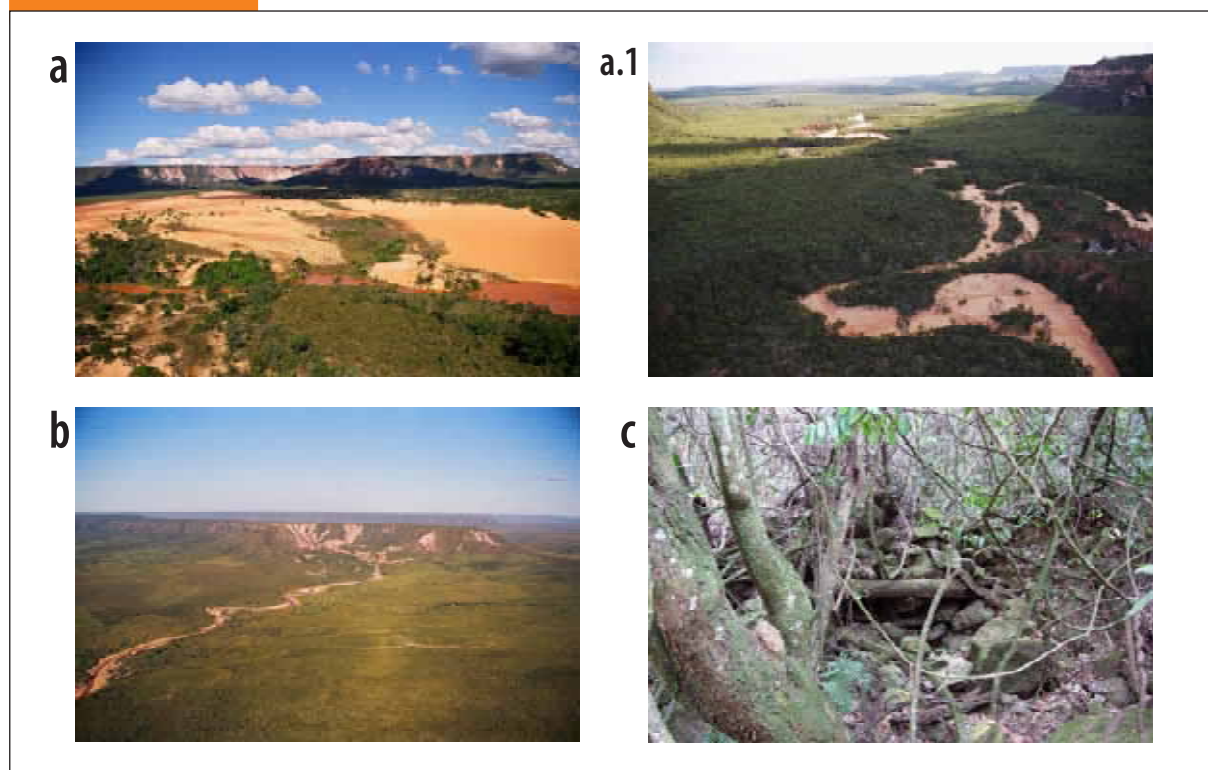
4.2 – ASSOREAMENTO

2.1 Conceito, origem, formas e consequências de assoreamento

O assoreamento é um processo de deposição de detritos: argila, areia e/ ou cascalho, que resulta da perda de capacidade de transporte de um fluxo pluvial, de uma corrente fluvial e ainda devido à ocorrência de movimentos de massa. O assoreamento provoca o soterramento de nascentes, canais fluviais, lagoas, lagunas, estuários, açudes, represas e ou áreas rebaixadas.

Em condições naturais o assoreamento é um processo geológico lento de sedimentação que propicia a formação de diferentes tipos de planícies, que são geradas por mudanças nas condições hidrodinâmicas de transporte de sedimentos, que neste caso são causadas por eventos de grande magnitude tais como:

FIGURA 4.16



Casos de (a e a.1) erosão e assoreamento; (b) assoreamento do canal fluvial provocado por processos erosivos intensos nas escarpas da Chapada do Espírito Santo (TO); (c) assoreamento em canal fluvial por blocos, matações e troncos de árvores, resultantes de escorregamentos em áreas escarpadas, no rio Itamambuca (Ubatuba, SP).

- Processos tectônicos – que promovem modificações na superfície do planeta gerando áreas elevadas e rebaixadas, com mudanças no nível de base local, alterações nos canais fluviais, que favorecem a intensificação de processos erosivos e de deposição;
- Mudanças climáticas – que promovem alterações na disponibilidade de chuvas, no regime hidrológico dos rios, na cobertura vegetal das bacias hidrográficas, resultando em mudanças nas condições de erosão, transporte e deposição dos sistemas fluviais; e
- Variações do nível oceânico – que são mudanças globais ou regionais que afetam o nível de base geral dos sistemas fluviais. Assim, o abaixamento do nível do mar aumenta o potencial erosivo dos rios, enquanto que sua elevação favorece a sedimentação nas regiões estuarinas e lagunares.

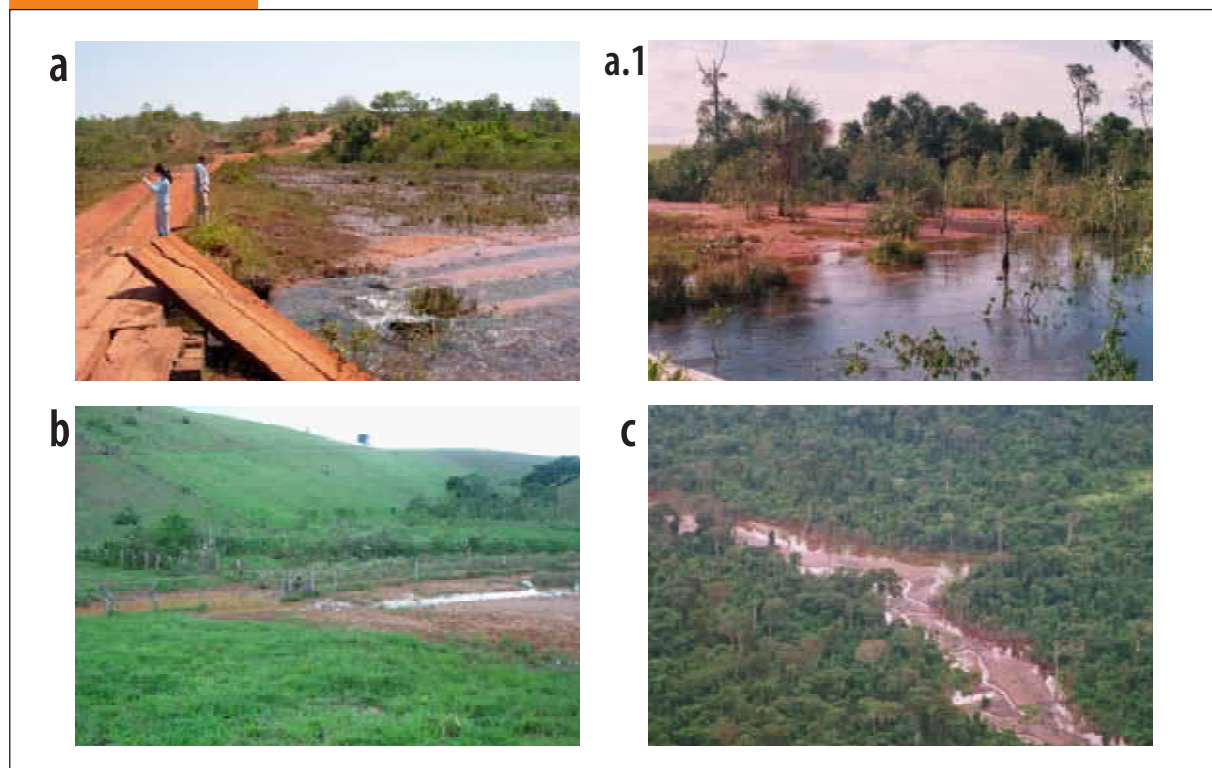
Nos sistemas naturais, as causas que favorecem os processos de sedimentação, em algumas áreas, estão estreitamente relacionadas ao aumento de processos erosivos em outras, que funcionam como produtoras de detritos. (figura 4.16).

Os processos de produção, transporte e acumulação de detritos são realizados pelas bacias hidrográficas que ao longo da sua evolução geológica desenvolvem um ajustamento das vertentes, de modo a que elas forneçam a quantidade específica de detritos, capazes de serem transportados pelo sistema fluvial, com o mínimo de energia.

Nessa situação de equilíbrio dinâmico, sempre que ocorrer alguma alteração no sistema, seja provocado por movimentos tectônicos ou variações climáticas, haverá um ajustamento às novas condições dinâmicas, com mudanças na intensidade de processos erosivos e de deposição, modificação na forma das vertentes e dos canais fluviais de modo a se estabelecer um novo estágio de ajustamento.

As diferentes atividades humanas para sua implantação e realização geralmente provocam mudanças na cobertura vegetal dos terrenos, na forma e inclinação das encostas, e nas características físicas dos solos, alterando as condições de infiltração e de fluxo das águas pluviais. Essas atividades afetam ainda a forma dos canais fluviais, por meio de canalizações,

FIGURA 4.17



Assoreamentos (a e a.1) de canais fluviais, provocados por detritos resultantes da erosão lateral em estradas de terra, com soterramento da vegetação da área de proteção permanente (Rio Juruena, MT); (b) de nascente causados por processos erosivos em áreas de pastagem a montante do local; (c) assoreamento total do canal fluvial e soterramento da mata ciliar por rejeito de mineração de ferro.

barramentos, e provocam alteração na disponibilidade de água pelo aterramento de nascentes e impermeabilização de grandes áreas.

Essas interferências antrópicas no sistema natural provocam um estagio de ajustamento, que se caracteriza pela intensificação de processo de erosão, assoreamento (sedimentação) e enchentes, que acabam por afetar o cotidiano das cidades e trazer prejuízos para as diferentes atividades humanas.

Os processos de assoreamento causados pelas diferentes atividades antrópicas ocorrem nas áreas urbanas e rurais comumente associados a atividades ou obras de infraestrutura que provocam processos erosivos, ou ainda vinculados a obras que alteram o sistema de escoamento e transporte fluvial.

O assoreamento de canais fluviais e nascentes, geralmente está associado aos seguintes processos: erosão em áreas aradas ou de obras de terraplenagem, erosão no sistema de drenagens de ruas, estradas vicinais ou mesmo pavimentadas; erosão de encosta ao longo de pastagem excessiva ou de caminho de gado em áreas de dessedentação, rompimentos de sistema de curvas de nível e bacias de contenção, escorregamento de encosta e entulhamento de canais (figura 4.17).

O assoreamento de nascentes provoca o seu desaparecimento bem como diminui a disponibilidade dos recursos hídricos. Nas áreas urbanas o assoreamento de canais fluviais, por sedimentos e lixo, pode provocar ainda a ocorrência de inundações devido à diminuição da secção do canal fluvial, que deixa de ter dimensões suficientes para escoamento das enchentes (figura 4.18).

O assoreamento de açudes e represas de modo geral está relacionado com a interrupção do

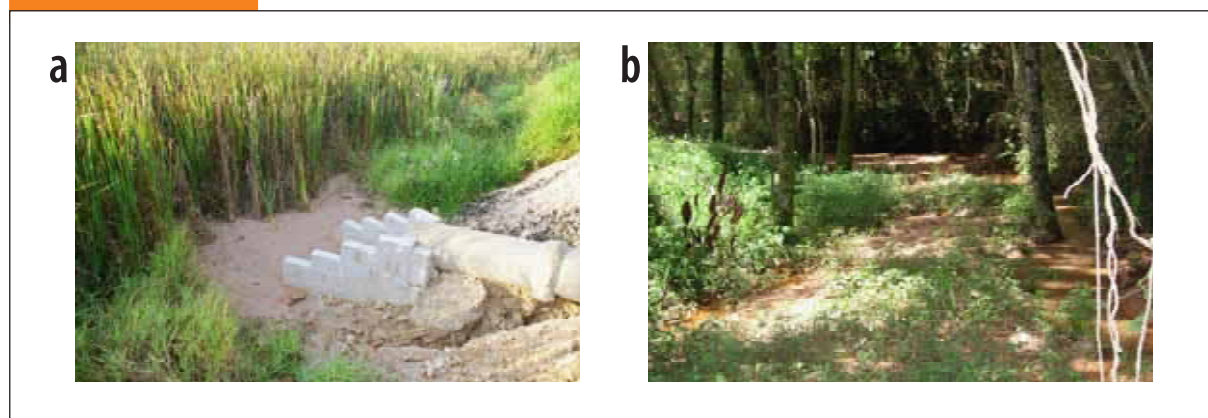
transporte fluvial e a mudanças de energia do fluxo fluvial causada pela formação do reservatório. Nos grandes reservatórios o assoreamento geralmente acontece na foz dos principais canais contribuintes acabando por afetar o volume útil dos reservatórios. Nos pequenos açudes, em função da intensidade da erosão na bacia contribuinte, o assoreamento total pode ser muito rápido, inviabilizando sua utilização (figura 4.19).

O assoreamento dos cursos de água, lagoas, lagunas, dentre outros corpos d'água naturais provoca ainda: alterações nas condições ambientais dos ecossistemas bentônicos, pelo soterramento e pelas mudanças das características químicas e físicas do substrato do canal, soterramento de vegetação existente nos fundos dos vales, alterando a qualidade dessa vegetação, destruindo Áreas de Proteção Permanente, e comprometendo o papel dessa vegetação na proteção dos recursos hídricos (capítulo X).

Os mecanismos de mitigação do assoreamento geralmente provocam impactos significativos nas áreas de APP, adjacentes aos canais fluviais e as nascentes, sendo geralmente de alto custo e de pouca eficiência se não forem realizados concomitantemente à contenção dos processos erosivos fornecedores de detritos e causadores do assoreamento (figura 4.20).

A identificação das áreas afetadas pelo assoreamento comumente resulta da observação visual do processo. Ele pode ocorrer próximo à área fornecedora de sedimento, ou ainda estar se desenvolvendo em um ponto do canal fluvial nas proximidades da área fonte de sedimento, que pode ser descoberto, simplesmente acompanhando-se o fluxo de detritos. A evolução do processo nessas situações pode ser monitorada por meio de réguas

FIGURA 4.18



Assoreamento (a) localizado do leito fluvial por obra de drenagem pluvial em área de loteamento; (b) total do canal fluvial e aterramento da mata ciliar por detritos provenientes de área de implantação de loteamento a jusante do local.

FIGURA 4.19



Assoreamento intenso do canal fluvial por sedimentos e lixos em áreas urbanas. (Campinas, SP).

graduadas que indiquem a magnitude do assoreamento.

No caso de grandes reservatórios a avaliação do assoreamento na foz dos contribuintes também pode ser visual. No entanto, a avaliação do assoreamento por sedimentos finos nas partes mais profundas dos reservatórios só poderá ser feita por meio de estudos mais complexos com sondagens para medir a espessura do material depositado e de cálculos que permitem determinar o volume de material de assoreamento.

O assoreamento de grandes rios e estuários pode ser feito por meio de levantamentos batimétricos, que permitam avaliar mudanças nas profundidades do canal e na forma das margens e de depósitos submersos. Neste caso podem ser coletadas amostras do material para determinações de natureza física (granulometria) e química (elementos químicos, matéria orgânica), que permitam identificar as principais fontes do material de assoreamento.

2.2 Métodos para identificar e estimar assoreamento em cursos de água

O assoreamento é um processo comum à jusante de obras de terraplenagem, de obras de drenagem, e de áreas agrícolas e pastoris em processo de erosão acelerada. As áreas mais susceptíveis ao processo erosivo, quando sob uso intensivo ou inadequado, tornam-se grandes produtoras de sedimentos, que promoverão o assoreamento dos corpos d'água. A estimativa da erosão como parte do diagnóstico visando a adoção de medidas preventivas e mitigadoras das perdas de solo e da produção de sedimentos é uma etapa fundamental no processo de monitoramento e controle do assoreamento.

Para avaliação do assoreamento, o método mais utilizado vem a ser a batimetria, atualmente já podendo ser associada ao uso de GPS. É possível estimar o relevo submerso do rio, lago ou represa e a perda de volume e área úteis em virtude do assoreamento. Também neste caso podem ser coletadas amostras do material para determinações de natureza física (granulometria) e química (elementos químicos, matéria orgânica).

FIGURA 4.20



Ação humana e assoreamento (a) assoreamento do canal fluvial por detritos provenientes de focos distantes de erosão existentes em loteamento implantados na bacia hidrográfica; (b) soterramento da vegetação da APP provocada pela dragagem de material de assoreamento em lago urbano.

4.3 – PRINCÍPIOS E PRÁTICAS PARA PREVENIR E CONTROLAR A EROSÃO E O ASSOREAMENTO

3.1 Princípios de conservação do solo e da água

Os itens anteriores deste capítulo conduzem ao postulado de que o controle da erosão e a conservação do solo e da água se baseiam em três princípios fundamentais, que englobam a manutenção de cobertura protetora à superfície do solo, o aumento da infiltração de água no solo e o controle do escoamento superficial.

No controle da erosão entressulcos, busca-se prevenir o impacto da gota de chuva sobre o solo descoberto, e a medida principal de controle vem a ser a cobertura do solo. Na erosão em sulcos, o agente é a enxurrada. O controle neste caso visa diminuir a concentração da enxurrada, diminuindo seu volume e energia cinética, interceptando o comprimento da vertente, e favorecendo a infiltração da água ou a drenagem rápida do excesso de água para fora da área.

Com base nos princípios fundamentais, as práticas de controle da erosão visam reduzir a susceptibilidade do solo à desagregação das partículas e a magnitude das forças de desagregação, reduzir a porção da superfície do solo exposta e passível de sofrer a ação das forças de desagregação e induzir a deposição do material erodido.

3.2 Práticas de conservação do solo e da água

São reconhecidos três tipos de práticas conservacionistas, designadas por vegetativas, edáficas e mecânicas.

As práticas vegetativas se baseiam no uso da vegetação para proteger o solo, sendo que a densidade da cobertura vegetal é seu aspecto primordial. As práticas vegetativas têm por funções principais evitar o impacto da gota de água diretamente sobre a superfície do solo e diminuir a energia cinética da enxurrada, em função do aumento da rugosidade do terreno. Manter vegetados os entornos e margens de rios, lagos, represas e reservatórios é a melhor medida para prevenção de degradação por erosão e assoreamento (figura 4.21).

O florestamento ou reflorestamento é uma prática vegetativa indicada para adoção nas terras de baixo potencial de produção ou muito susceptíveis à erosão, nas terras ao longo dos cursos d'água e em outras terras, de acordo com os dispositivos legais vigentes. A utilização de plantas de cobertura se destina a manter o solo coberto durante o período chuvoso. Outra vantagem da manutenção de plantas de cobertura é a produção de matéria orgânica para incorporação ao solo, o que melhora a qualidade física e estimula os processos físicos e biológicos. O capítulo 10 descreve as razões para recuperar as matas ciliares por manejo ou reflorestamentos, destacando a importância do que isso representa para a conservação do solo.

A cobertura do solo com restos de cultura, ou cobertura morta, é uma das mais eficientes práticas de controle da erosão. A cobertura morta protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, faz diminuir o escoamento superficial ou enxurrada e ainda incorpora matéria orgânica ao solo.

Cordões de vegetação permanente são fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento horizontal e sempre em contorno ou em nível. Atuam quebrando a velocidade de escoamento da enxurrada, promovendo a deposição dos sedimentos transportados e facilitando a infiltração de água no solo. É uma prática muito eficiente de controle, chegando quase a equivaler aos terraços.

FIGURA 4.21



A proteção das margens dos rios pela cobertura vegetal previne a erosão e o assoreamento dos corpos d'água.

Informações sobre práticas de conservação do solo e da água envolvendo tecnologias para aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água no solo são encontradas nos trabalhos de van Raij et al. (1994) e Bertoni & Lombardi Neto (1999).

A prática de culturas em faixas consiste na disposição das culturas em faixas de largura variável, de tal forma que a cada ano se alternem plantas que oferecem pouca proteção ao solo com outras de crescimento denso. É considerada uma prática complexa pois combina os efeitos do plantio em contorno, da rotação de culturas, das plantas de cobertura e, em muitos casos, dos terraços.

As práticas de natureza edáfica têm por finalidade melhorar ou corrigir aspectos da qualidade do solo que afetam a produtividade biológica das plantas e, conseqüentemente, a densidade da cobertura vegetal do solo.

A calagem é uma operação de aplicação de calcário no solo, efetuada para correção da acidez. A faixa ideal de variação de pH tendo em vista a disponibilidade de nutrientes se situa entre 6,0 e 6,5. A correção da acidez do solo tem reflexo direto sobre a produtividade e sobre o vigor dos plantios voltados à recuperação florestal, uma vez que na faixa de pH indicada, a disponibilidade dos nutrientes é máxima e os problemas de toxidez são minimizados. A correção da acidez permite melhor aproveitamento do solo pelas raízes, aumentando o volume de solo explorado, com melhor aproveitamento da água e dos nutrientes, o que tem reflexo direto na produção das culturas.

Adubação verde constitui uma técnica que emprega o plantio de plantas, em geral leguminosas, com capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico, incorporando-o ao solo, que quando aplicada traz ainda como benefícios a obtenção de maior cobertura vegetal do solo em determinadas épocas do ano, além da incorporação de matéria orgânica em profundidade no solo. Em áreas agrícolas, é recomendável a introdução no período entre março e junho, nas áreas de culturas anuais que permaneçam em descanso ou em pousio. Em áreas com culturas permanentes, como café, citros e outras frutíferas, a introdução pode se dar como planta de cobertura nas entrelinhas.

Práticas mecânicas de conservação do solo e da água são aquelas que recorrem a estruturas artificiais, baseadas na disposição adequada de porções

Leia mais sobre tipos, construção e dimensionamento de terraços nos trabalhos de Bertolini et al. (1994a) e de Bertoni & Lombardi Neto (1999). Há também programas computadorizados aplicáveis no dimensionamento de terraços, como o programa Terraço 2.0, desenvolvido em parceria pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente e a Universidade Federal de Viçosa.

Práticas de controle de erosão em estradas rurais, controle de voçorocas, manejo da água, drenagem de várzeas, e de recomposição artificial de mata ciliar constam do trabalho de Bertolini et al. (1994b).

de terra no terreno. Possuem como funções principais diminuir a energia cinética da enxurrada, favorecer a infiltração da água no solo e, em solos pouco permeáveis, promover a retirada do excesso de água do terreno. A distribuição racional dos caminhos em uma propriedade agrícola, considerando a topografia do terreno e projetando-os em contorno, é uma prática importante de conservação. Carreadores pendentes, que fazem a ligação entre os nivelados, devem ser projetados no menor número possível e localizados nos espigões, nos locais onde as declividades do terreno são menores. Outra prática conservacionista, também em áreas agrícolas, é o plantio em contorno, com disposição das fileiras de plantas e execução das operações de cultivo no sentido transversal à pendente, seguindo as curvas de nível.

O terraceamento agrícola é a prática mecânica de controle da erosão mais utilizada e conhecida pelos agricultores que utilizam mecanização agrícola. O terraço é uma estrutura que combina um camalhão

Para saber mais sobre as práticas de conservação de solo e da água leia Bertolini et al. (1994 a e b), Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Rajj et al. (1994).

FIGURA 4.22



Terraço em construção em área de pastagem.

(aterro) e um canal (corte), sendo construído perpendicularmente à linha de maior declive (figura 4.22).

O terraço tem a função de parcelar o comprimento da encosta, reduzindo o volume e a velocidade da enxurrada. A prática deve ser associada, no entanto, com outras práticas que favoreçam o aumento da cobertura vegetal e a melhoria da infiltração de água no solo. Isoladamente, o terraceamento é uma prática ineficiente de controle da erosão.

Concluindo, a escolha de um ou mais de um tipo de prática para obter a conservação do solo em um território depende do conhecimento que se tem sobre os fatores condicionantes e sobre a capacidade

de estimativa de erosão e assoreamento dos responsáveis pelo planejamento da região. Avaliar os riscos de degradação e os impactos diretos e indiretos decorrentes da erosão acelerada representa uma etapa crucial para que se conserve o solo. Por outro lado, é também muito importante entender que as decisões sobre o solo não devem se restringir ao solo, ou seja, que o tomador de decisão observe também os outros fatores do meio, como eles se comportam, como é sua dinâmica, sejam naturais ou antrópicos. Conforme descreve o capítulo 11, somente dessa maneira poderá ocorrer gestão do meio, onde as escolhas estão atreladas umas as outras, de forma integrada dentro da paisagem.

LEITURAS RECOMENDADAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 1999 *Conservação do Solo*. 4ª. edição. São Paulo: Ícone, (Coleção Brasil Agrícola).

GUERRA, J. T., SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. (Org.) 1999 *Erosão e Conservação dos Solos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

LIBARDI, P. L. 2000 *Dinâmica da água no solo*. 2ª edição. Piracicaba: Editado pelo Autor, 509 p

CAPÍTULO 5

O USO DA TERRA E A DINÂMICA HIDROLÓGICA COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO E EROSIVO DE BACIAS DE DRENAGEM

■ Ana Luiza Coelho Netto & André de Souza Avelar

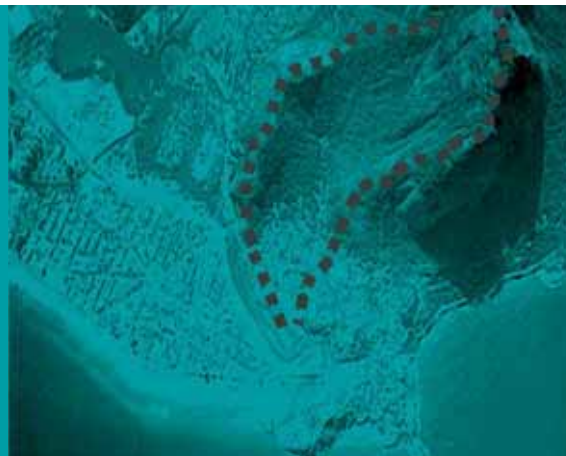


BACIA DE DRENAGEM OU BACIA HIDROGRÁFICA

CAPÍTULO 5

O USO DA TERRA E A DINÂMICA HIDROLÓGICA

COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO E EROSIVO DE BACIAS DE DRENAGEM



Tanto nas áreas montanhosas como nas áreas de colinas rebaixadas, a rugosidade topográfica permite a distinção de áreas que drenam fluxos líquidos, sólidos e solúveis para uma saída comum através de um canal ou de uma rede de canais, denominadas bacias de drenagem ou bacias hidrográficas. Elas constituem uma unidade geomorfológica fundamental, onde os impulsos das chuvas acionam os processos hidrológicos e erosivos que regulam as transformações morfológicas e a evolução interna da bacia (Chorley, 1962). Estes processos, por seu turno, são regulados pelos componentes internos relacionados ao substrato rochoso, aos solos, a morfologia superficial, a cobertura vegetal e ao uso da terra. Significa, portanto, que alterações numa parte do sistema podem afetar outras partes ou mesmo todo o sistema de drenagem, modificando o balanço das entradas de chuvas e as saídas ou descargas residuais da bacia (capítulos 4, 6 e 7).

Enquanto as partes do sistema estiverem bem ajustadas entre si, as respostas hidrológicas e erosivas emitidas pela bacia aos diferentes impulsos de chuvas deverão manter uma certa proporcionalidade e o sistema se manterá estável. Porém, na medida em que ocorram mudanças externas ou internas do sistema de drenagem, numa tal ordem de magnitude que o sistema não consiga absorver e manter-se estável, então, ocorrerá um certo tempo de desajuste entre estes impulsos climáticos e as respostas hidrológicas da bacia. Até quando? Até que as partes, anteriormente modificadas, retornem a uma nova condição de ajuste entre seus componentes e os impulsos incidentes, mas não necessariamente reproduzindo as mesmas condições anteriores. Neste contexto podemos indagar: qual o papel dos eventos extremos de

chuvas no desencadeamento e na intensidade dos processos erosivos, especialmente quando os sistemas de bacias de drenagem passaram por transformações e apresentam desajustes internos nas relações entre suas partes componentes?

No mundo, assim como no Brasil, a degradação dos biomas terrestres reflete um rastro histórico, e ainda atual, de transformações induzidas, principalmente, pela apropriação, uso e ocupação das terras pelo Homem (capítulos 2, 3 e 10). Diante da exploração econômica e predatória dos recursos da natureza, pode-se considerar que grande parte dos sistemas de bacias hidrográficas encontra-se instável. Esta instabilidade resulta no aumento da vulnerabilidade do meio que habitamos, onde as ameaças e os riscos de desastres relacionados à água tendem a se intensificar e a se tornar cada vez mais frequentes. Isto se acentua aonde o adensamento populacional é maior e especialmente entre os mais pobres, os quais geralmente habitam as áreas de maior risco, quer seja no domínio das encostas íngremes, sujeitas a altos índices de erosão por ação gravitacional (deslizamentos), quer seja no domínio das planícies fluviais interiores ou fluvio-marinhas da zona costeira, sujeitas, naturalmente, às enchentes.

Em função dessas questões, este capítulo objetiva mostrar o comportamento hidrológico e erosivo de bacias de drenagem que apresentam mudanças ambientais decorrentes de sucessivas formas de apropriação do espaço urbano e do espaço rural. Discutiremos o papel dessas mudanças na vulnerabilidade das bacias de drenagem e das áreas receptoras, especialmente diante dos perigos e riscos de desastres relacionados aos períodos chuvosos e as ocorrências de chuvas mais intensas.

5.1 – DISTRIBUIÇÃO E ROTAS DOS FLUXOS DE ÁGUA NO CONTEXTO DE BACIA HIDROGRÁFICA

A água é definida como uma substância química composta de um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio (H_2O) e na Terra está freqüentemente misturada com diversos íons ou compostos, ocorrendo sob um dos três diferentes estados (ou fases) da matéria: sólido, líquido ou gasoso (vapor), dependendo das condições de temperatura e pressão aonde se encontra. Além disso, a molécula de H_2O é polar, isto é, possui uma parte com carga positiva e outra negativa, devido ao arranjo em “V” entre os átomos de hidrogênio (íons positivos) e oxigênio (íon negativo), que se observados a partir do centro do átomo de oxigênio apresenta um ângulo de aproximadamente 105° (figura 5.1). Uma molécula de água exerce atração em outra (e vice-versa) através desta polaridade, de modo que um átomo de hidrogênio de uma molécula (parte positiva) interage eletrostaticamente com o oxigênio (parte negativa) de outra molécula, formando uma atração que é chamada de ponte de hidrogênio. É esta atração que mantém as moléculas de água agrupadas em estado líquido, quando a substância encontra-se em temperaturas entre 0 e $100^\circ C$ e pressões em torno de 1 atm. Quando a temperatura supera os $100^\circ C$ (ponto de fusão), há um aumento da vibração das moléculas provocado pela energia térmica, que supera a energia de atração das pontes de hidrogênio, fazendo que o conjunto de moléculas passe para a fase de vapor. O contrário acontece quando a água líquida atinge temperaturas inferiores a $0^\circ C$ (ponto de congelamento), pois a vibração é tão

pequena que o comportamento do conjunto de moléculas torna-se sólido.

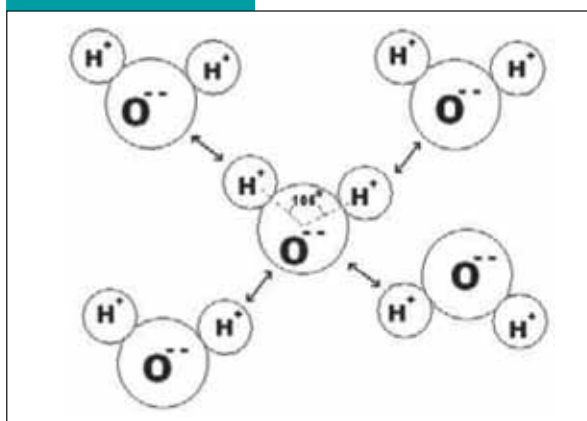
A distribuição da água no planeta depende das características físicas e químicas que envolvem seus estados líquido-sólido-gasoso, associadas aos processos de seu deslocamento no espaço proveniente da aceleração gravitacional da Terra e das variações de energia térmica do sol.

1.1 Ciclo hidrológico

A distribuição e movimentação da água no planeta podem ser expressas através do Ciclo Hidrológico. Tendo em vista que a radiação solar (energia solar) incide diferencialmente na Terra, acontecem amplas variações de temperatura e pressão na atmosfera e na superfície do planeta, induzindo a modificações de estado em associação à movimentação da água causada pela gravidade, através da transformação da energia potencial em energia cinética. Essas transformações de estado da água e sua distribuição na Terra compõem as etapas do ciclo hidrológico (figura 5.2), denominadas como: evaporação (Ev), condensação (Cd), precipitação (P), intercepção (It) (ou intercepção), evapotranspiração (Evt), infiltração (I), escoamento superficial (Es) e escoamento subsuperficial (ESs) (ou subterrâneo).

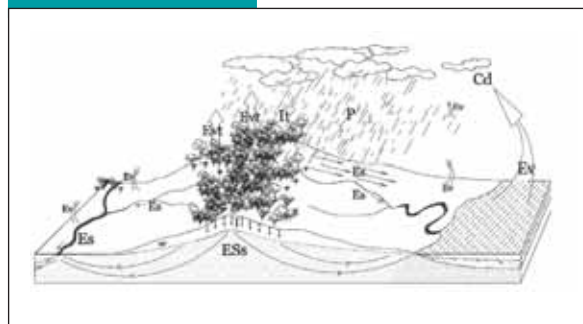
A distribuição espacial e temporal da água se dá através de interação de fenômenos variados, envolvendo componentes e processos específicos relacionados com a hidrosfera, atmosfera, biosfera e litosfera. As movimentações hidrológicas através destas camadas resultam em ocorrências de água nas três diferentes fases, presentes no ar, oceanos, rios, lagos, seres vivos, solos e rochas.

FIGURA 5.1



Estrutura esquemática da água líquida, com moléculas de H_2O em interação eletrostática através de pontes de hidrogênio.

FIGURA 5.2



Mudanças de estado e movimentação da água no Ciclo Hidrológico.

O que é....



Nos próximos itens serão enfocados somente os fenômenos hidrológicos relacionados aos processos geomorfológicos modificadores da paisagem e associados aos desastres.

1.2. A água no contexto das bacias hidrográficas

A identificação da distribuição da água na paisagem, bem como sua quantificação, é difícil de ser estabelecida na escala global do ciclo hidrológico. Por outro lado, a consideração do ciclo hidrológico em escalas regionais ou locais apenas permite adequá-lo como um sistema aberto, parte do todo, onde há entrada e saída de matéria (água) e energia, sendo, portanto, visto como um sub-sistema do ciclo hidro-

lógico global. Desta maneira, para que seja possível quantificar a entrada e saída da água nestes sub-sistemas regionais ou locais, é necessário que se tenha uma área com limites bem definidos, ou seja, a bacia hidrográfica, conforme definida anteriormente. A delimitação de uma bacia é feita a partir de mapas que contenham a rede de canais e a topografia do terreno, sendo que o limite da bacia é chamado de divisor de águas, ou divisor de drenagem ou, simplesmente, divisor (figura 5.3).

O balanço hidrológico é feito a partir da mensuração e cálculo das entradas de água (I, entrada), saídas (O, saída) e da variação da estocagem subterrânea (Δs , estocagens), conforme a equação:

$$I - O = \Delta s$$

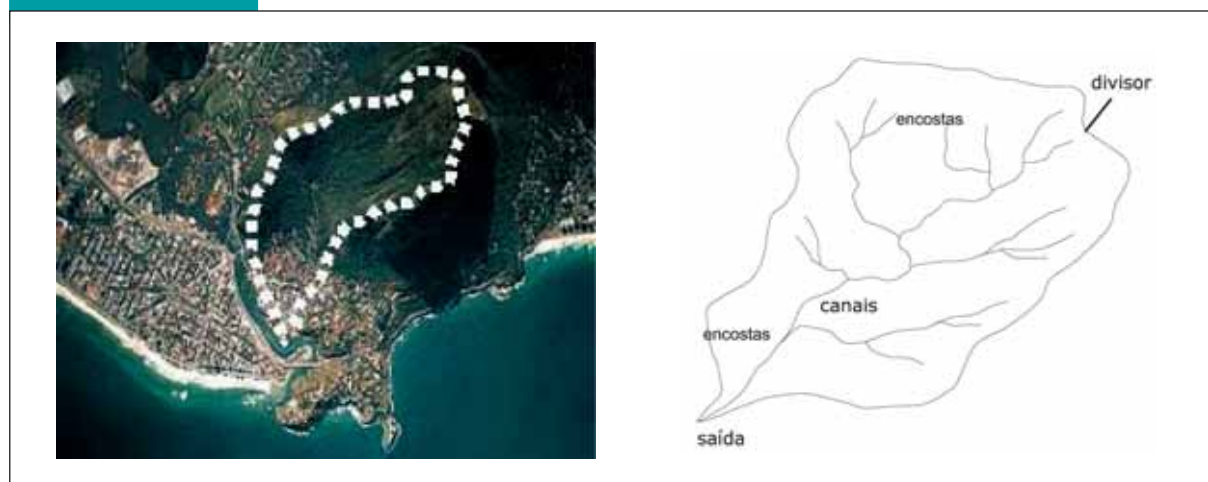
Deste modo, na área da bacia de drenagem consideram-se como entradas (valores positivos) as precipitações (P), como saídas (valores negativos) o conjunto formado pela evaporação (E), evapotranspiração (ET) e a vazão do canal na saída ou desembocadura (V) e como resultado do balanço as variações do nível da água subterrânea (ΔES), podendo ser negativo ou positivo. Analisando nesta perspectiva, a equação anterior pode ser reescrita da seguinte forma:

$$P - E - ET - V = \Delta ES$$

Assim como a água se distribui dentro de uma bacia de drenagem das partes mais elevadas (montante) para as partes mais baixas (jusante), também é possível considerar da mesma maneira sua distribuição ao longo das encostas (figura 5.4). Como já citado no capítulo anterior, nas encostas a água que provém

Balanço hídrico ou balanço hidrológico refere-se às medidas de entrada e saída de água em uma bacia hidrográfica.

FIGURA 5.3



Bacia de drenagem ou bacia hidrográfica.

da precipitação poderá infiltrar-se e/ou escoar na superfície do terreno, neste caso, caracterizando-se como fluxo superficial hortoniano (definido por Horton, 1933) ou fluxos superficial saturado (definido por Dunne, 1970).

O fluxo hortoniano ocorrerá em qualquer parte das encostas sempre que a intensidade de chuva for mais elevada que a capacidade de infiltração do solo e após o preenchimento das micro-depressões na superfície do terreno. Já o fluxo dunneano é característico de solos pouco profundos e saturados de água, especialmente nos fundos de vales: esta condição propicia a exfiltração do escoamento subsuperficial proveniente de montante, o qual, junto com a precipitação sobre a zona saturada, alimenta este tipo de escoamento.

A partir da infiltração, é possível ocorrer fluxos subsuperficiais rasos, aproximadamente paralelos à superfície do solo, como decorrência de variações da capacidade de transmissão de água (condutividade hidráulica) no perfil do solo. A continuidade de percolação vertical da água no perfil do solo, ou através de fraturas das rochas subjacentes, alimenta os reservatórios de água (aquíferos), cujo movimento lateral, em direção aos canais, tende a ser cada vez mais lento com a profundidade: são os chamados fluxos subsuperficiais profundos (ou fluxos subterrâneos). Ambos os fluxos atingirão os canais de drenagem situados nos fundos de vale.

Exfiltração é o contrário da infiltração, ou seja é a saída da água subterrânea para a superfície do terreno.

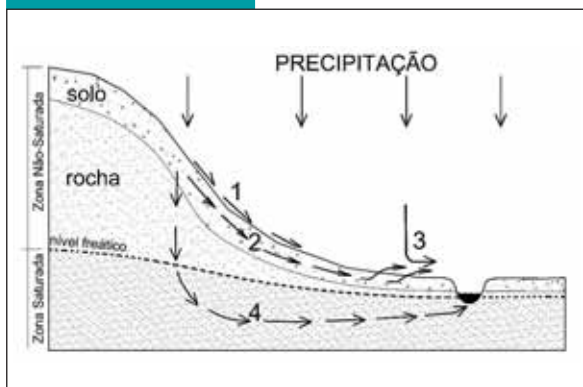
1.3 Hierarquia de bacias hidrográficas e articulação da rede de canais

Assim como qualquer sistema, no interior de uma bacia de drenagem é possível delimitar outras sub-bacias, que são escolhidas conforme as necessidades das análises que se pretende fazer (figura 5.5).

Delimitação das sub-bacias de 2ª ordem (em tracejado) na bacia hidrográfica indicada na figura 5.3.

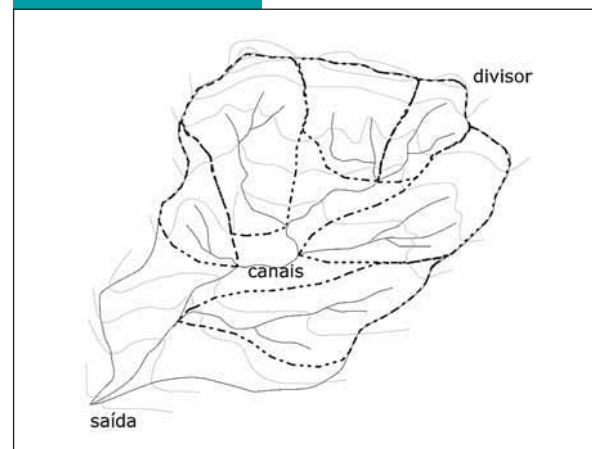
A área de abrangência das bacias de drenagem pode ter tamanho muito variado, não sendo possível estabelecer uma categorização precisa quanto ao tamanho. Podem possuir milhões de quilômetros quadrados, apresentando dimensões continentais, tais como: a bacia do rio Amazonas (6,15 milhões km²), a bacia do rio Paraná (2,58 milhões de km²), dentre outras. Quando assumem centenas de milhares de quilômetros quadrados, são tratadas como de dimensões nacionais, por exemplo a bacia do rio São Francisco (617 mil km²). Já as bacias que apresentam dezenas de milhares de quilômetros quadrados são consideradas como regionais, tais como: a bacia do rio Paraíba do Sul (56 mil km²) e a bacia do rio Tietê (72 mil km²). As bacias de menor porte podem apresentar centenas ou milhares de hectares, caracterizando-se como bacias de dimensões locais, conforme a bacia do rio Carioca, RJ (112 mil ha) e a bacia do rio Paranoá,

FIGURA 5.4



Distribuição dos fluxos d'água nas encostas: (1) fluxo superficial; (2) fluxo subsuperficial raso; (3) fluxo superficial de saturação e (4) fluxo subsuperficial profundo ou fluxo subterrâneo (Dunne e Leopold, 1978, modificado).

FIGURA 5.5



Delimitação das sub-bacias de 2ª ordem (em tracejado) na bacia hidrográfica indicada na figura 3.

DF (366 mil ha). Por fim, é também possível caracterizar pequenas bacias de apenas alguns milhares ou centenas de metros quadrados, geralmente nas zonas de cabeceiras de drenagem, as quais se constituem em domínios preferenciais de expansão regressiva da rede de canais.

A fim de estabelecer um ordenamento hierarquizado da rede de canais que drenam uma bacia, alguns geomorfólogos e hidrólogos propuseram critérios de hierarquização de bacias. Dentre os critérios mais utilizados destacam-se o de Horton (1933) e o de Strahler (1952), como mostra a figura 5.6. Cabe ressaltar que para qualquer critério é necessário que seja mencionada a escala espacial a qual a rede de canais se refere (por exemplo 1:50.000 ou 1:100.000). Isto por que, conforme se amplia o detalhe da escala, maior é quantidade de canais observados e maior deverá ser a hierarquia da bacia. Portanto a mesma bacia na escala 1:50.000 deverá ter maior ordem do que na escala 1:100.000. Para estudos aplicados de bacias regionais ou locais, o ideal é ajustar o mapeamento da rede de canais com apoio de sensoriamento remoto em escala adequada (base mínima de 1:25 000).

Uma vez que se tenha o desenho da rede de canais na bacia de drenagem, o critério de *Strahler* é estabelecido a partir dos seguintes princípios: (A) canais que não possuem afluentes são canais de 1ª ordem; (B) Quando dois canais de mesma ordem se encontram, o canal resultante aumenta uma ordem e quando canais de ordens diferentes se encontram, o canal resultante mantém o valor de maior ordem.

Ler mais em:

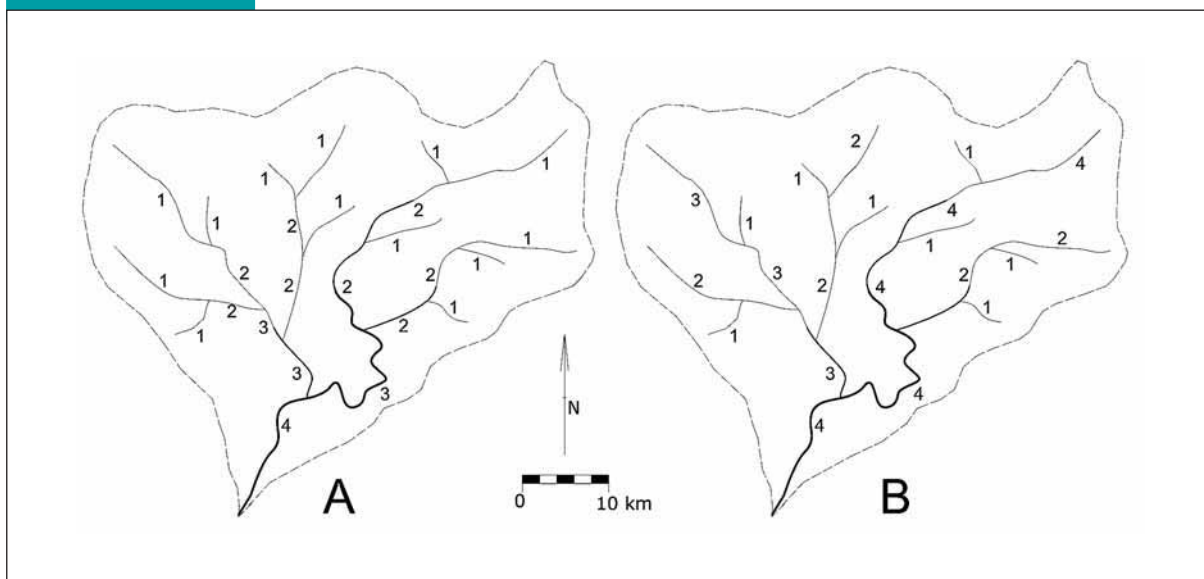
Coelho Netto, 2003 e Coelho Netto et al., 2006

Neste critério, cada segmento de canal existente na rede hidrográfica recebe uma determinada ordem, sendo que a bacia como um todo assume a ordem do canal de maior valor. No critério de Horton cada canal assume uma ordem, sendo que esta ordem se mantém conforme o maior comprimento.

A hierarquização dos canais revela a estruturação ou arranjo interno do sistema de drenagem de uma determinada bacia, facilitando a localização das cabeceiras de drenagem, ou seja, das áreas-fontes dos fluxos (de matéria líquida, sólida e/ou solúvel) que convergem das encostas para os primeiros canais (ou canal de primeira ordem) da rede de canais da bacia considerada. As sub-bacias de nível hierárquico superior (segunda ordem, terceira ordem, quarta, etc) revelam, por seu turno, a articulação espacial do escoamento canalizado da bacia principal. Significa que, no caso da mudança de uso ocorrer numa parte da bacia, os efeitos locais sobre o comportamento hidrológico e erosivo tendem a se propagar em direção às áreas de nível hierárquico superior da bacia, facilitando a projeção espacial dos efeitos da mudança de uso numa parte da bacia.

No contexto do planejamento racional do uso da terra, deve-se levar em conta que a mudança de

FIGURA 5.6



Bacia de drenagem de 4ª ordem definida a partir dos critérios de hierarquia de (A) Strahler e (B) Horton.

uso pode aumentar a vulnerabilidade dos solos frente as ameaças e riscos de deslizamentos nas encostas. Mas a chance disto ocorrer aumenta no domínio das cabeceiras de drenagem; na medida em que a topografia côncava desta porção da encosta (também denominada de vales de cabeceiras) favorece a convergência de fluxos d'água subsuperficiais em direção ao seu eixo central, onde, sob condição de saturação, os solos tendem a se tornar instáveis e suscetíveis à ocorrência de deslizamentos (especialmente do tipo creep ou rastejo e tipo fluxo detrítico ou corrida). Es-

tes deslizamentos deixam cicatrizes erosivas, com solos expostos por certo tempo, onde a erosão superficial atua produzindo altas cargas de sedimentos para os canais fluviais durante os períodos chuvosos. Contribuem, desta forma, para o aumento das taxas de assoreamento no canal fluvial e, portanto, aumentam a chance de ocorrência e a magnitude das enchentes. Estes vales de cabeceiras também são vistos como áreas de maior atividade erosiva por ação do escoamento subsuperficial, o qual favorece a formação e propagação de canais erosivos do tipo voçoroca.

5.2 – MUDANÇAS NA PAISAGEM

Como já visto no capítulo 3, os aspectos morfológicos das bacias de drenagem, assim como suas amplitudes de relevo, conferem uma rugosidade à paisagem que combina, em sua textura superficial, com as diferentes coberturas de vegetação e de uso e ocupação das terras pelo Homem. Trata-se de um mosaico dinâmico cuja transformação é impulsionada por forças da natureza, especialmente climática, ou induzido pelas mudanças de uso e ocupação das terras (capítulo 2 e 10). Nos próximos itens estaremos enfocando as mudanças sob dois recortes distintos: da formação e transformação da superfície terrestre e da visão geográfica da paisagem.

2.1 Mudanças e transformação do modelado terrestre

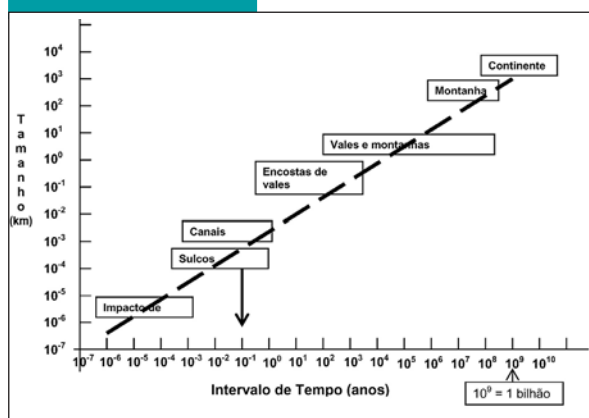
Sob a perspectiva do modelado dos terrenos, podemos dizer que existe uma evidente relação entre tamanho e duração da existência da maioria das formas superficiais terrestres. A figura 5.7 ilustra esta relação para alguns exemplos de formas características; embora os valores não sejam precisos, pode-se perceber a ordem de magnitude destas relações.

Cratônico vem de “craton” que são áreas estáveis da crosta terrestre, muito antigas, como os próprios continentes, e não constituem uma forma específica, mas sim um agregado de formas com grande heterogeneidade de componentes.

Ahnert (2002), o autor dessa figura, indica que numa extremidade estão as micro-formas, como as depressões milimétricas originadas pelo impacto da gota de chuva em solo arenoso ou síltico, as quais podem ser destruídas em poucos segundos ou minutos por uma outra gota. Cessada a chuva, estas micro-depressões podem permanecer por alguns dias. No outro extremo estão as áreas cratônicas continentais que existem desde as primeiras fases da história da Terra e consistem nos mais antigos componentes dos continentes. Em suma, os processos geomorfológicos envolvem o tempo para que as formas se modifiquem: as formas maiores requerem um tempo maior. Significa, portanto, que todos os tipos de formas têm sua escala específica de tempo e espaço, com resoluções específicas, conforme descreve o capítulo 3. Portanto, a investigação das formas e dos processos afins requer resoluções espaciais e temporais específicas.

Frente ao exposto, ressaltamos que para explicar as formas erosivas associadas aos deslizamentos nas encostas, por exemplo, necessitamos examinar alguns eventos destes processos durante alguns meses a alguns anos. Este tempo é suficiente para explicar os processos em seus mecanismos e condicionantes envolvidos, mas a gênese ou evolução da bacia de drenagem que contém esta forma envolve um tempo maior (centenas de milhares de anos ou mais) ou da montanha que contém esta bacia, um tempo maior ainda (dezenas de milhões de anos). Assim sendo, a escala de tempo associada aos estudos aplicados de bacias de drenagem envolvem apenas o tempo presente e com projeções futuras até algumas dezenas de anos, tendo em vista a possibilidade de gestão das bacias. Podemos, entretanto, buscar no entendimento da evolução das bacias, num tempo

FIGURA 5.7



Relações entre tamanho e duração das formas (modificado de Ahnert, 1998).

histórico ou geológico recente (até poucos milhares de anos atrás) algumas pistas para projeções das tendências evolutivas das bacias num futuro próximo. Esta previsão por sua vez, constitui-se num arcabouço fundamental para a tomada de decisões de caráter preventivo.

2.2 Mudanças e transformação sob a perspectiva humana

As mudanças na paisagem também podem ser percebidas numa outra visão espacial e temporal, sob a ótica geográfica, numa perspectiva histórica e atual. Focalizando a cidade do Rio de Janeiro, por exemplo, percebemos, através dos fatos indicados por Figueró (2005), que o crescimento demográfico e a expansão urbana têm sido acompanhados pela alternância entre períodos de degradação florestal e medidas de recuperação e conservação florestal, associadas às políticas conservacionistas implementadas a partir da última década de 60. O caso apontado pelo autor refere-se à área montanhosa do Maciço da Tijuca onde a floresta original foi substituída pela cafeicultura, entre meados dos séculos XVIII e XIX. A decadência econômica desta atividade foi uma decorrência da erosão dos solos orgânicos superficiais que guardavam uma alta fertilidade herdada do ambiente florestal pretérito.

A intensificação da atividade erosiva superficial nas encostas sob plantio de café foi uma resposta às mudanças no comportamento hidrológico, na medida em que modificou as condições anteriormente favoráveis à infiltração e estocagem de água nos solos. A exposição direta dos solos às chuvas propiciou

um aumento da produção de escoamento superficial e, por conseguinte, aumentou a capacidade erosiva. Por outro lado, a redução na estocagem de água no solo acarretou problemas de abastecimento de água diante de uma demanda crescente para abastecimento da cidade em expansão, por volta de meados do século XIX. Este fato, aliado ao desinteresse dos cafeicultores por suas terras já improdutivas, impulsionou, então, as primeiras medidas governamentais voltadas ao reflorestamento, visando a reabilitação dos mananciais de águas. Após a compra destas terras o governo iniciou um processo de reflorestamento heterogêneo, com a reintrodução de várias espécies nativas no domínio das cabeceiras de drenagem, particularmente no maciço montanhoso da Tijuca. A ausência de pressão urbana no entorno permitiu a regeneração do ecossistema florestal.

Entre o final do século XIX e primeiras décadas do século XX, a população do município do Rio de Janeiro cresceu de 274.972 para 1.157.873, em grande parte devido à expansão da função portuária-comercial; porém é a industrialização, e suas consequências políticas e ideológicas, que explicam a progressiva transformação de uma cidade colonial em uma cidade moderna. Coelho Netto e colaboradores (2006) afirmam que no final da década de 1910 aparece a favela como um verdadeiro fenômeno de massa que explodiu no século XX. Em 1947 já existiam 199 favelas com 283.390 moradores (14% da população total da cidade). Em 1996, a população favelada da Cidade cresceu para cerca de 17% da população do Rio de Janeiro. Apesar da crescente expansão da ocupação nas encostas do maciço, a floresta foi preservada como área de lazer. Este fato, aliado a uma certa consciência de preservação do patrimônio natural, estimulou a criação Parque Nacional do Rio de Janeiro em 1961, o qual foi tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN); em 1967 passou a se denominar Parque Nacional da Tijuca. A intensificação da pressão urbana sobre o Maciço acarretou na aprovação do Decreto Municipal 322 de 1976, o qual estabeleceu um zoneamento da cidade e fixou parâmetros urbanísticos de edificação (Código de Obras) para disciplinar a ocupação e criar uma faixa de proteção no entorno do Parque Nacional da Tijuca e no conjunto do Maciço. Porém, as relações espaciais e temporais da cidade na interface com a floresta não são tão fáceis de serem gerenciadas, especialmente quando a cidade expande e se transforma, cada vez mais rápido, numa metrópole ou megacidade como o Rio de Janeiro. A situação se agrava mais ainda quan-

do esta expansão é seguida pelo crescimento demográfico e intensificação da pobreza, aliada a escassez de moradias populares e ausência de medidas reguladoras, mitigadoras ou preventivas de desastres. A crescente vulnerabilidade ambiental e social das áreas de favelas, tanto nas encostas como nas planícies ou baixadas costeiras, anuncia os perigos e os riscos de desastres relacionados às chuvas intensas e especialmente nos períodos mais chuvosos. Nas encostas, os perigos e riscos decorrem, principalmente, do aumento da suscetibilidade à erosão, especialmente associada aos movimentos de massa (ou deslizamentos) e, nas terras baixas, às enchentes. Nestas últimas, a carência de infra-estrutura de saneamento básico potencializa a magnitude dos desastres: segundo a Fundação Oswaldo Cruz, as enchentes no Rio de Janeiro propiciam um crescimento exponencial das doenças infecto-contagiosas logo após as chuvas, com destaque para a leptospirose; já a Defesa Civil alerta para o número de afogamentos na correnteza dos rios e bueiros ocultos pelas enchentes, além das perdas de vidas nos deslizamentos das encostas, conforme descrevem Rosas e Lacerda (1997).

Nas áreas rurais também percebemos os rastros de sucessivos ciclos econômicos os quais, historicamente, também vêm acompanhados pela degradação ambiental. As formações florestais, assim como as formações campestres, recuaram para dar lugar,

Para conhecer melhor as causas, efeitos e soluções dadas a Floresta da Tijuca leia Abreu (1992), Coelho Netto et al., (2006) e (Oliveira et al., 1996); Pernambuco et al. (1979).

principalmente, as atividades pastoris e agrícolas reproduzindo a mesma história em diferentes regiões do país. A diferença nos dias atuais, em relação ao passado histórico, está na aceleração crescente das mudanças no meio rural, governadas por interesses econômicos e fluxos de capital internacional.

A expansão do gado ou da soja na Amazônia, por exemplo, ameaça o futuro não apenas da conservação da biodiversidade, mas também dos recursos da água estocados no meio subterrâneo e conservados pelas atuais formações florestais. Às alterações na cobertura vegetal correspondem mudanças no balanço hidrológico, induzindo uma redução dos estoques de águas guardadas neste meio subterrâneo. Por outro lado, os solos expostos se tornam os mais vulneráveis à erosão superficial por sua exposição direta às chuvas e aumento do escoamento superficial nas encostas e fundos de vales (capítulo 4). Esta carga de sedimentos muitas vezes é acompanhada por uma carga solúvel tóxica, especialmente nas áreas sob uso agrícola em escala comercial de grande porte. A intensificação do assoreamento nos rios pode acarretar impedimentos ao seu aproveitamento para navegação ou instabilizar os ecossistemas aquáticos. Também a concentração de elementos solúveis tóxicos, acima de determinados limites, pode perturbar estes ecossistemas e ainda acarretar problemas de contaminação nas planícies fluviais potencialmente agricultáveis, ou nos aquíferos subjacentes. A magnitude destas perdas pode alcançar dimensões nocivas à preservação da natureza e ao bem-estar social, na medida em que seus impactos resultem em perdas ambientais, sociais e econômicas; neste caso, configura-se um desastre.

5.3 – RESPOSTAS HIDROLÓGICAS ÀS MUDANÇAS

Para compreender as respostas hidrológicas às mudanças ambientais decorrentes dos diferentes modos de uso e ocupação das terras é necessário, primeiro, conhecer o comportamento hidrológico em ambientes representativos das diferentes regiões naturais, ou seja, conhecer o comportamento do gradiente de formações florestais a campestres. Nos próximos itens apresentamos alguns aspectos relevantes da hidrologia de ecossistemas florestados (encostas montanhosas do Maciço da Tijuca, RJ)

junto à interface urbana, inseridos no domínio original da Mata Atlântica. Nessas áreas prevalece a erosão por ação gravitacional, destacando-se os deslizamentos translacionais e os fluxos detríticos. Em seguida, abordamos as alterações na interface com o meio urbano. O médio vale do rio Paraíba do Sul, especialmente nas bacias dos rios Bananal e Sesmarias, serviu de exemplo para representarmos os aspectos hidrológicos e erosivos sob outros modos de uso e ocupação das terras.

3.1 Hidrologia em bacias sob a Floresta Tropical Úmida

Um primeiro estágio do ciclo hidrológico na fase terrestre diz respeito a interceptação das chuvas pelas copas arbóreas. Sabemos que a interceptação varia espacialmente em função da densidade dessas copas e de seus aspectos fisionômicos, bem como da distribuição antecedente de chuvas e da sua intensidade, mas em termos médios podemos considerar que a floresta secundária tardia e conservada do Maciço da Tijuca armazena em torno de 20% do total médio anual de chuvas, levando em conta que o valor médio de chuvas varia em torno de 2.300mm. Uma outra pequena parcela da chuva fica armazenada na serrapilheira, cuja capacidade de retenção varia em torno de 250% em relação ao seu peso seco. Podemos dizer que pelo menos cerca de 75 a 80 % das chuvas tende a infiltrar no solo, especialmente levando-se em conta o fato de que tanto a serrapilheira, como a atividade biogênica (fauna escavadora e raízes) no topo do solo, propiciam altas taxas de infiltração das águas pluviais. As raízes arbóreas, em particular, resultam em vias preferenciais de percolação da

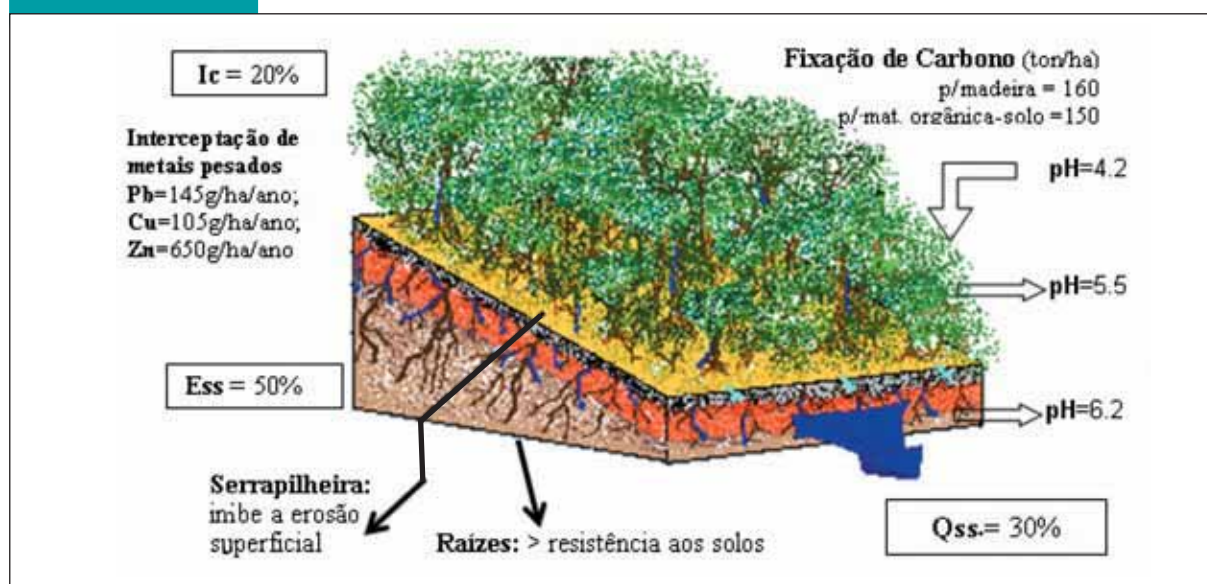
Para saber mais sobre o comportamento hidrológico em florestas leia Prandini et al. (1976), Coelho Netto (1985), Miranda (1992), Jansen (2000), Basile (2004) e Silveira et al. (2004).

água no solo, permitindo a alimentação de uma zona de saturação, suspensa e temporária, na base da zona de enraizamento mais denso. A água acumulada em profundidade no solo e entre as fraturas das rochas subjacentes tende a retornar gradualmente para a atmosfera por evapotranspiração. Estas perdas de água, entretanto, tornam-se cada vez mais lentas em profundidade, o que resulta na estocagem de água “velha” por um determinado tempo de residência.

Na bacia montanhosa do alto rio Cachoeira, que drena a vertente sul do Maciço da Tijuca, apenas 30% da precipitação anual converge para os canais fluviais durante os períodos chuvosos. Portanto, se considerarmos que a interceptação média anual de chuvas pelas copas arbóreas varia em torno de 20% do volume total de chuvas, significa que a bacia estoca cerca de 50% das chuvas anuais nos solos e no meio rochoso fraturado, de onde retorna gradualmente para a atmosfera por evapotranspiração. A figura 5.8 sumariza a distribuição média anual das chuvas numa bacia montanhosa florestada e acrescenta

Floresta secundária tardia é a expressão da sucessão secundária em estado avançado de recuperação (capítulo X).

FIGURA 5.8



Esquema das funções ambientais da floresta preservada (dados obtidos na Estação Experimental do Rio Cachoeira/Parque Nacional da Tijuca) extraído de Coelho Netto (2005). Nos retângulos: distribuição percentual chuvas médias anuais (Coelho Netto, 1985); Ic = interceptação/copas arbóreas; Ess = estocagem/subsuperficial; Qss = carga subsuperficial para descarga fluvial.

ainda outras funções ou serviços ambientais dos ecossistemas florestais. Observamos que a captura de carbono pela madeira é da ordem de 160 ton/ano, e de 150 ton/ano pela serrapilheira como foi indicado por Clevelário (1995). Oliveira e Lacerda (1993) destacam a interceptação de metais pesados incorporados nas chuvas (chumbo, zinco, cobre) e provenientes das indústrias e do intenso tráfego terrestre: esta filtração ocorre na travessia do dossel, da serrapilheira e do topo dos solos. Uma outra função diz respeito à neutralização do pH da chuva ácida ($\text{pH} = 4,2$): o dossel florestal neutraliza para um $\text{pH} = 6,2$, como indicam os trabalhos de Silva Filho (1985) e Silveira e Coelho Netto (1999).

No que diz respeito à estabilidade das encostas, vale destacar o relevante papel dos sistemas radiculares, especialmente das árvores de maior porte, com raízes profundas e ancoradas em bases coesas. Essas raízes, ao mesmo tempo em que sustentam as árvores, reforçam os solos e estabilizam as encostas. Com a presença de blocos de rochas embutidos na matriz de solos, as raízes arbóreas envolvem ou contornam os mesmos, promovendo a sua fixação nas encostas. Castro Jr. (1991) explica que esses mesmos blocos funcionam como superfícies impermeáveis que induzem o desvio dos fluxos d'água subsuperficiais, os quais, ao contornarem os blocos, podem originar dutos ou drenos naturais. Esses dutos, por sua vez, favorecem o alívio de poro-pressões positivas na matriz dos solos e, desta forma, reduzem a probabilidade de instabilidade dos mesmos, ou seja, a ocorrência de deslizamentos.

Vale ressaltar ainda o papel hidrológico desempenhado pelas escarpas rochosas das áreas montanhosas, como o chamado "Pão de Açúcar" no Rio de Janeiro, as quais funcionam como zonas de recarga d'água em profundidade no solo. Significa que os solos situados no sopé dessas escarpas recebem uma carga de água subsuperficial maior do que nas encostas fora de sua influência. Na ausência das funções florestais que regulam a ciclagem das precipitações e a estabilização dos solos e blocos rochosos, essas encostas tornam-se ainda mais vulneráveis à ocorrência de deslizamentos. Oferecem um risco maior à população residente a jusante, nas encostas ou nas baixadas adjacentes. Portanto, para reduzir o perigo de desastres nessas áreas, o código de edificações deve ser altamente restritivo e os atos legais que garantem a preservação das florestas rigidamente obedecidos.

3.2 Respostas hidrológicas a degradação florestal na interface com áreas urbana

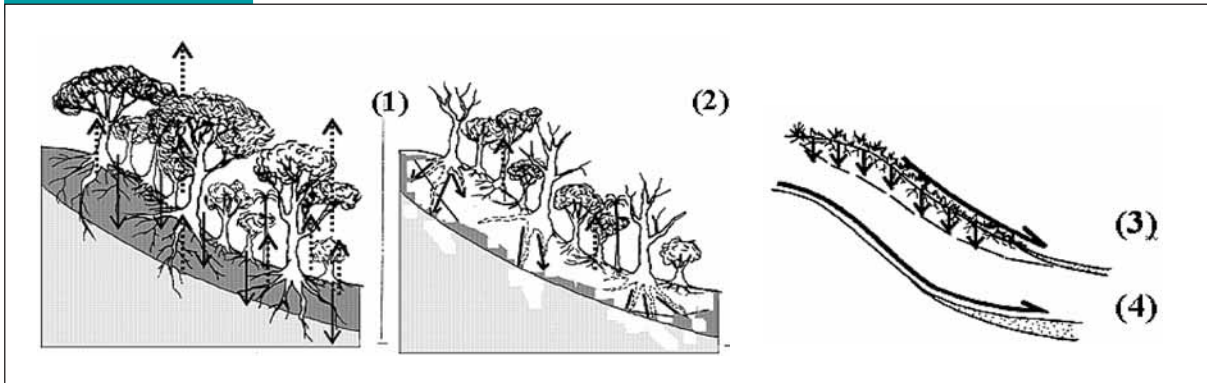
Existem muitas medidas governamentais voltadas à proteção das florestas remanescentes. No entanto, é comumente observado que uma vez aumentada a pressão econômica ou social sobre determinadas áreas de floresta, estas medidas são desobedecidas pela população, e o resultado é a retração florestal. Isto certamente resulta em mudanças na dinâmica dos processos hidrológicos e erosivos como veremos a seguir, por meio de exemplos sobre esta difícil convivência da cidade com a floresta.

Um estudo realizado no laboratório GEOHECO (GEOHECO-UFRJ/SMAC-RJ, 2000) mostrou, por meio de mapeamentos do uso e cobertura vegetal ao longo de três décadas, as taxas de retração florestal. Ele mostra que entre 1972 e 1984 a taxa de retração foi de 0,53 km²/ano e no período entre 1984 e 1996 dobrou para 0,97 km²/ano. No ano de 1996 este maciço montanhoso ainda apresentava cerca de 43% de sua área total (118 km²) recoberta por uma floresta (clímax e secundária tardia) em bom estado de conservação.

Também são frequentes nas encostas do Maciço da Tijuca as áreas edificadas de alta e baixa densidade (26%), de gramíneas (18%) e de florestas degradadas (15%), apesar das medidas conservacionistas vigentes. A degradação das florestas e as coberturas de gramíneas geralmente estão, em grande parte, associadas aos incêndios e queimadas recorrentes. Entre as gramíneas, a dominância maior é do capim colônia nas altitudes inferiores a 400 m. e acima desta elevação ocorre uma progressiva substituição pelo capim gordura e outras gramíneas. Os extensos capinzais incluem espécies lenhosas resistentes ao fogo como a candeia (*Gochnatia polymorpha*), que pode formar adensamentos locais. No entanto, há que se destacar que tais formações não constituem um processo de sucessão ecológica, mas permanecem com esta fisionomia por longo tempo, em função das queimadas periódicas.

A frequência quase anual dos incêndios florestais leva a uma progressiva regressão da floresta como indica a figura 5.9. A recorrência de incêndios acarreta profundas alterações na estrutura da vegetação arbórea e arbustiva, tendendo a substituir a vegetação florestal por gramíneas, com alguns arbustos e árvores mais resistentes ao fogo espaçados entre si, à semelhança de algumas formações campestres naturais. Corrêa (2004) mostra que a morte das espécies arbóreas implica no apodrecimento das

FIGURA 5.9



Interações biota-solo-água: 1 - Floresta conservada; 2 - Floresta degradada; 3 - Gramíneas e 4 - Solo exposto. As setas em linha cheia indicam a direção dos fluxos d'água; as setas pontilhadas indicam as perdas por evapotranspiração.

raízes de ancoragem destes indivíduos e, portanto, também dos solos em sua volta, permanecendo apenas os dutos (ou drenos) que favorecem a recarga de água da chuva em profundidade. Isto implica, por um lado, na perda de resistência dos solos, anteriormente adicionada pelas raízes e, por outro, na alteração das funções reguladoras da evapotranspiração que controlavam a perda gradual de água do solo. Em outras palavras, a infiltração das águas de chuvas e a saturação dos solos tendem a manter as mesmas taxas e, neste contexto, tanto as áreas de florestas degradadas, como as áreas sob gramíneas tendem a se tornar mais susceptíveis aos deslizamentos. As áreas com solos expostos, onde a capacidade de infiltração decresce acentuadamente, tornam-se produtoras de escoamento e erosão superficial (capítulos 4 e 10).

A ocorrência de chuvas intensas nas encostas íngremes e sob florestas degradadas ou substituídas por gramíneas, com efeito, favorece o aumento na frequência dos deslizamentos e a magnitude dos seus impactos. Um caso extremo ocorreu em 13 de fevereiro de 1996, no Rio de Janeiro, quando se registrou um total 380mm de chuva em menos de 24 horas, na porção superior do Maciço da Tijuca. Este evento, concentrado em duas grandes tempestades, detonou centenas de deslizamentos (figura 5.10). Apenas 14% dos casos foram em encostas recobertas pela floresta conservada, em vegetação clímax e secundária tardia; 42% ocorreram em encostas sob

vegetação florestal degradada e 43% sob gramíneas. Extensas avalanches detriticas, ricas em blocos e árvores removidas da floresta remanescente, desceram pelo fundo dos vales principais e causaram o assoreamento imediato dos canais e drenos urbanos na baixada. Os deslizamentos, assim como as enchentes, atingiram as áreas de ocupação formal e áreas de favelas, causando perdas e danos materiais, além de propagar doenças e mortes.

Tanto nas áreas de encostas como nas baixadas, a expansão das áreas edificadas e de ruas pavimentadas ou não-pavimentadas resulta na impermeabilização dos solos e, por conseguinte, no aumento da produção do escoamento superficial. Como bastante discutido nos capítulos 6 e 7 deste livro, a insuficiência de um sistema artificial de drenagem adequada

FIGURA 5.10



Fotografia aérea dos deslizamentos ocorridos em Fevereiro de 1996 na vertente oeste do Maciço da Tijuca, no Rio de Janeiro: em primeiro plano está a bacia do rio Quitite, onde se observam as cicatrizes dos deslizamentos e o rastro da extensa avalanche ao longo do canal principal Foto: A.L. Coelho Netto.

Leia sobre os deslizamentos da Tijuca em Coelho Netto (1996) Oliveira et al. (1996) e Vieira et al. (1997).

do, as enchentes tornam-se cada vez mais frequentes, causando danos na vida cotidiana e espalhando doenças, particularmente nas áreas onde o sistema de saneamento básico é insuficiente. O capítulo 7 explica as causas sobre o rompimento de drenos ou de caixas coletoras de dimensões inadequadas em áreas urbanas. Nessas condições é comum identificarmos uma erosão local e abertura de canais do tipo ravina nas encostas. Como será visto, na ausência de medidas corretivas imediatas estes canais erosivos tendem a expandir e aprofundar com descarga pluvial concentrada durante as chuvas subseqüentes (figura 5.11).

Estas ravinas, originadas pela ação erosiva dos fluxos concentrados na saída dos drenos, podem alcançar o lençol freático, transformando-se em voçorocas (capítulo 4), ou seja, em canais erosivos de crescimento regressivo pela ação dos fluxos d'água subsuperficiais, intensificando a magnitude dos impactos ambientais e sociais nas áreas urbanas.

3.3 - Respostas hidrológicas a degradação florestal na interface com áreas rurais

Historicamente, a devastação das florestas brasileiras tem sido associadas às queimadas induzidas, para "limpeza" do solo, seguindo-se a atividade agrícola e/ou pastoril. Assim como hoje vem ocorrendo nas regiões da Floresta Amazônica ou do Cerrado, a Mata Atlântica foi devastada a partir de meados do século XVIII para dar lugar as monoculturas cafeeiras. O mesmo processo aconteceu ao longo do vale do

rio Paraíba do Sul. A substituição das áreas florestadas por plantios de café resultou na modificação de um sistema hidrológico onde prevalecia a infiltração e estocagem das chuvas em encostas mais estáveis, para um outro, onde preponderava o escoamento superficial do tipo hortoniano e altas taxas de erosão. Dantas & Coelho Netto (1996) destacam que na bacia do rio Bananal (afluente do rio Paraíba do Sul), que drena montanhas e colinas rebaixadas, a erosão nas encostas resultou em altas taxas de sedimentação nas planícies de inundação dos rios tributários principais, em torno de 3.7 m³/km/ano.

A substituição da cafeicultura pela pecuária extensiva no domínio das colinas do vale do Paraíba, que atravessou o século XX, trouxe novas alterações no comportamento hidrológico e erosivo das encostas. A cobertura do solo com gramíneas (gênero *Paspalum*) favoreceu a proliferação da formiga saúva (gênero *Atta*) e o adensamento de raízes no topo do solo aumentou a capacidade de infiltração da água (figura 5.12-III). A redução da transmissão e percolação da água abaixo da camada mais enraizada permitiu a saturação do topo do solo durante as chuvas mais intensas, possibilitando a entrada do escoamento superficial através dos olheiros do saúveiro (Deus, 1991 e Cambra, 1998). Este aumento da infiltração de água nos solos propiciou a recarga dos aquíferos subterrâneos e, por conseguinte, favoreceu a exfiltração dos fluxos d'água subterrâneos, principalmente na porção inferior das bordas dos canais principais (figura 5.12).

Sob condições de descarga crítica nas faces de exfiltração ocorreu a erosão por excesso de poropressão e formaram-se túneis erosivos, os quais, ao atingirem certo tamanho, provocaram o colapso das bordas do canal. Estas mudanças reativaram, então, a formação regressiva dos canais (tipo voçorocas). Com o aprofundamento destes canais e remoção dos depósitos quaternários que até então preenchiam os fundos de vales nas cabeceiras de drenagem, ocorre a exumação da água proveniente do aquífero subterrâneo através de fraturas subverticais, propiciando o aumento das taxas de erosão. Assim, a expansão da rede de canais erosivos ocorre ao longo dos eixos principais dos vales de cabeceiras de drenagem e

FIGURA 5.11

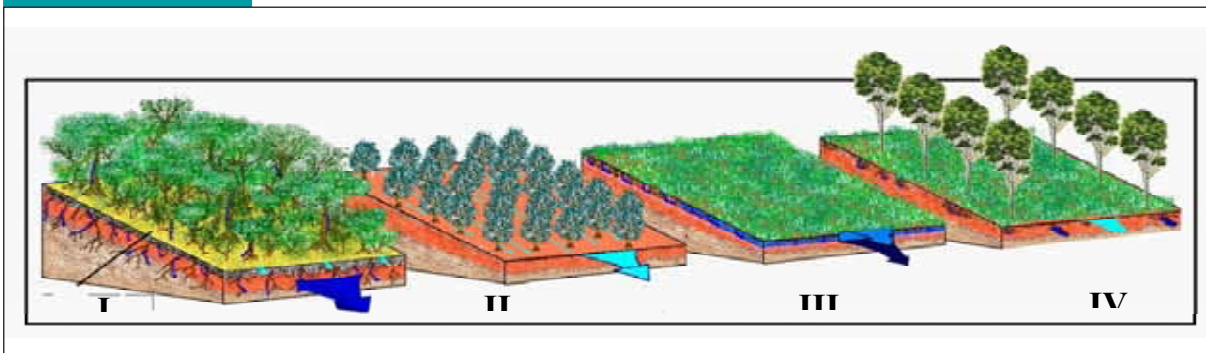


Ravinamento em beira de rua asfaltada, iniciado a partir do bueiro de drenagem, indicado pela seta o qual descarrega diretamente no solo adjacente

Foto: A.L. Coelho Netto.

Leia sobre as consequências do uso da terra no vale do rio Paraíba do Sul em Coelho Netto (1987) e Dantas & Coelho Netto (1996).

FIGURA 5.12



Mudanças sucessivas de uso das terras rurais e resultantes hidrológicas no domínio de colinas do médio vale do rio Paraíba do Sul: I – Floresta Atlântica (8.000 anos atrás até meados do século XVIII): ambiente de infiltração e estocagem; II- Monocultura cafeeira (até o final do século XIX): ambiente de escoamento superficial hortoniano; III- Gramíneas/Pastagem + Saúvas (atual): ambiente de infiltração e recarga dos aquíferos e IV- Plantio de Eucalipto em “ilhas” circundadas por gramíneas (a partir de 2000): ambiente de infiltração e recarga desconhecida.

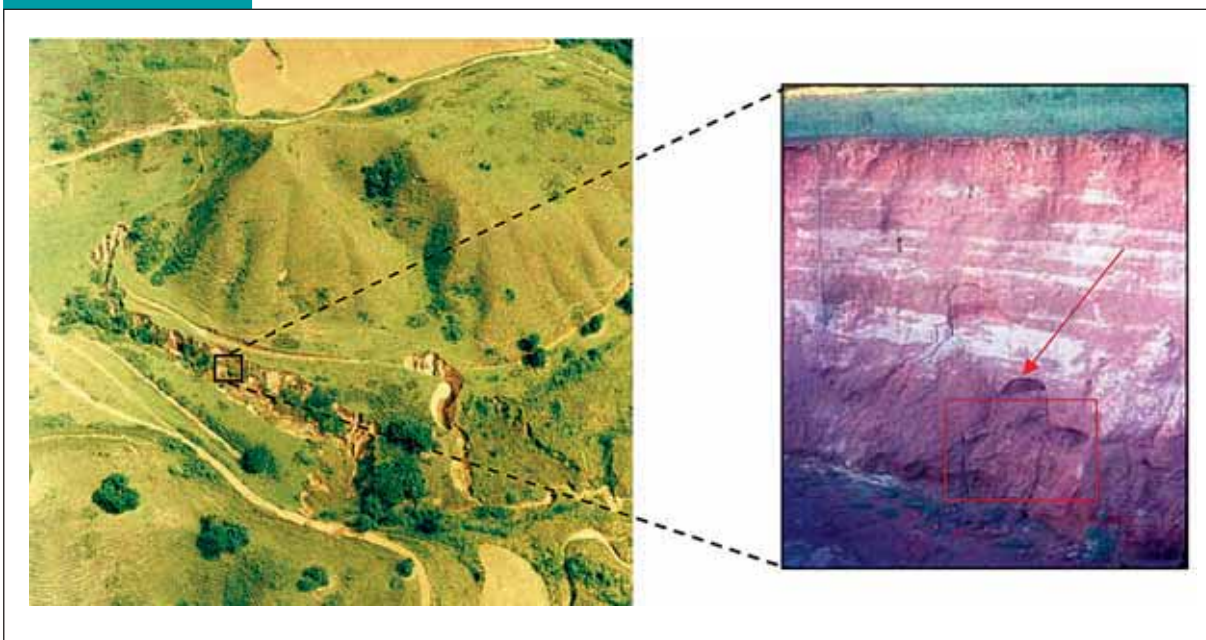
sobrepostos ao fraturamento das rochas subjacentes (figura 5.13). O crescimento regressivo destes canais tende a descalçar a base das encostas mais íngremes possibilitando a detonação de deslizamentos; com

Informações mais detalhadas sobre as mudanças e resultantes hidrológicas no vale do Paraíba do Sul podem ser obtidas em Avelar e Coelho Netto (1992); Coelho Netto (2003) e Fonseca et al. (2006).

o avanço dos movimentos retro-progressivos, esta erosão pode atingir os divisores de drenagem. Configura-se, desta forma, uma fonte relevante de sedimentos para os canais durante os períodos chuvosos, contribuindo para o assoreamento dos canais fluviais receptores.

A partir da década de 1940 a pecuária foi acompanhada pela industrialização, assim como pela expansão dos núcleos urbanos, especialmente das grandes metrópoles de São Paulo e Rio de Janeiro. Desde o começo do século XXI uma nova mudança

FIGURA 5.13



Voçoroca em vale de cabeceira tributário do rio Bananal que converge para o rio Paraíba do Sul: extensão de cerca de 400m e profundidade média em torno de 20m. No detalhe, a direita, a seta indica os túneis erosivos e o retângulo a massa colapsada.

vem se instalando nas áreas rurais, até então degradadas sob o ponto de vista do Homem e do ambiente, com o início de um novo ciclo econômico associado à implementação de plantios de eucalipto. Chama a atenção, entretanto, que desde o ano 2000 os plantios de eucaliptos vêm espalhando, aceleradamente, sobre as colinas rebaixadas. Desta maneira, neste ambiente já bastante degradado, as novas manchas modificam o mosaico da paisagem e contrastam com a matriz ainda dominada por pastagens sobre vegetação de gramíneas, entremeadas por alguns fragmentos esparsos de floresta secundária (Abdalad, 2006).

Diante das atuais questões ambientais relacionadas à água que envolve, de um lado, as estiagens prolongadas e a escassez das reservas de água, e do outro, as chuvas intensas que propiciam altas taxas de erosão (lato senso), assoreamento e enchentes, podemos levantar uma série de indagações sobre a resultante geo-hidroecológica da expansão do eucalipto no vale do Paraíba. Isto porque a cultura do eucalipto tem sido apontada como indutora da desertificação pela queda da produtividade biológica dos ecossistemas através de três maneiras: a) a alta demanda de água dos eucaliptos esgota a umidade do solo e acaba com a recarga da água subterrânea; b) a pesada demanda por nutrientes cria um déficit anual que desestabiliza o ciclo de nutrientes; c) a liberação de substâncias químicas alelopáticas afeta o crescimento de plantas e de microorganismos do solo, reduzindo, assim, ainda mais a fertilidade dos solos. Por outro lado, os estudos de Almeida e Soares (2003) defendem que em áreas de eucaliptais a evapotranspiração anual e o uso de água do solo são

comparáveis às áreas de Floresta Atlântica. Sharda e colaboradores (1998) avaliaram em pequenas bacias de drenagem as implicações da cobertura de eucaliptos no comportamento hidrológico durante o período de dez anos da segunda rotação, numa região de montanha ao sul da Índia. Os resultados mostraram que ocorreu uma redução na média do escoamento superficial (runoff) total anual na área de segunda rotação em 25,4% e do fluxo de base em 27% quando comparados com áreas naturais de gramíneas. Já na primeira rotação esses valores foram de 16% e 15%, respectivamente.

Os trabalhos acima citados demonstram as contradições encontradas nos resultados a respeito dos efeitos dos plantios de eucalipto no ciclo hidrológico, indicando a necessidade de ampliação dos estudos de campo para melhor compreender os diversos efeitos apontados. É urgente a ampliação de estudos científicos que permitam balancear as relações de custo-benefício destas transformações em termos ambientais, para contrabalançar com os benefícios econômicos que certamente são promissores diante do enorme mercado consumidor liderado pela China, na Ásia, e pela Alemanha e Inglaterra na Europa.

Em síntese, temos muito que aprender sobre o comportamento hidrológico e as consequências para o ambiente humano, mas o pouco que sabemos é suficiente para afirmarmos que o elemento água tem relação direta com os processos que condicionam a vida no planeta e que muitas das interferências humanas sobre ela acarretam os desastres descritos neste livro.

LEITURAS RECOMENDADAS

GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (org.) 1994 Geomorfologia. Uma atualização de bases e conceitos, Ed. Bertrand, 2a ed, 472 p.

CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (org.) 1996 Geomorfologia. Exercícios, Técnicas e Aplicações, Ed. Bertrand, Rio de Janeiro, 2a ed, 472 p.

GARCEZ, L.N. & ALVEREZ, G.A. 1988 Hidrologia - Ed. Edgar Blucher, São Paulo, 2a ed., 291 p.

TUCCI, C.E.M (org.) 1993 Hidrologia: ciência e aplicação, Ed. da UFRGS, 943 p.

CAPÍTULO 6

DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS

■ Ricardo Vedovello & Eduardo Soares de Macedo

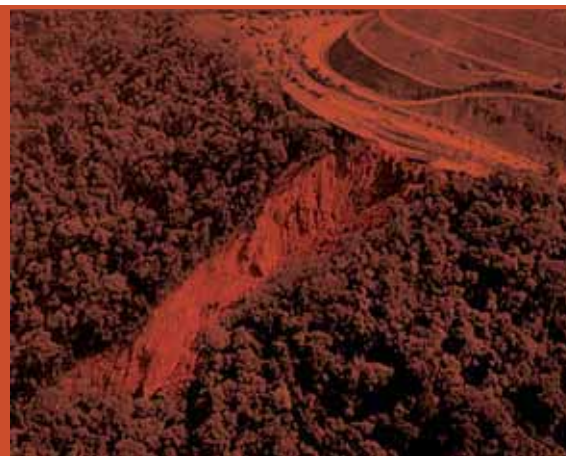


DESLIZAMENTO AFETANDO RODOVIA NA REGIÃO DA SERRA DO MAR (SP)

FONTE: INSTITUTO GEOLÓGICO – IG-SMA/SP

CAPÍTULO 6

DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS



O termo genérico deslizamentos engloba uma variedade de tipos de movimentos de massa de solos, rochas ou detritos, encosta abaixo, gerados pela ação da gravidade, em terrenos inclinados. Também referenciados como escorregamentos, os deslizamentos constituem-se em fenômenos que ocorrem naturalmente na superfície da terra como parte do processo de modelagem do relevo, resultantes da ação contínua do intemperismo e dos processos erosivos. Além disso, podem ser observados em locais onde as ações humanas alteraram as características naturais do terreno, modificando as condições de equilíbrio existentes em um determinado tempo e local, ou gerando novas formas nas encostas, com geometria menos estável do que nas condições originais (figura 6.1). Os deslizamentos podem afetar não apenas encostas naturais, mas também taludes artificiais produzidos ou construídos pelo homem, como, por exemplo, cortes e aterros associados a obras diversas de Engenharia. Da mesma forma, os deslizamentos podem se dar em depósitos de mate-

riais lançados e/ou armazenados em superfície tais como lixo, entulho e pilhas de rejeitos derivados de mineração.

FIGURA 6.1



Ocorrência de deslizamentos generalizados nas encostas da Serra do Mar, Cubatão (SP), 1985.

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT

6.1 – CONCEITOS, MECANISMOS E CARACTERIZAÇÃO DOS DESLIZAMENTOS

Neste item apresentamos ao leitor os principais conceitos e os tipos de deslizamentos predominantes no Brasil, abordando também os mecanismos, as causas e as consequências desse tipo de fenômeno. Além disso, destacamos os fatores que interferem na caracterização de riscos associados a deslizamentos e que, portanto, devem ser avaliados com o intuito de prevenir e mitigar danos decorrentes de sua possível ocorrência.

1.1 Conceitos e tipos de deslizamentos

Deslizamento, em síntese, pode ser definido como o fenômeno de movimentação de materiais sólidos de várias naturezas ao longo de terrenos

inclinados. Dados os ambientes e condições mais propícios para a ocorrência de deslizamentos, tais como terrenos com relevos íngremes e/ou encostas modificadas pela ação humana, é simples verificar que existem áreas com maior possibilidade de serem afetadas pela ocorrência desses processos. Assim, as localidades situadas em regiões serranas, bem como as áreas de intensa urbanização, constituem os ambientes mais propícios para a ocorrência de deslizamentos. Além disso, áreas onde foram instaladas obras de engenharia de grande porte, tais como rodovias, ferrovias, dutovias, linhas de transmissão e outros equipamentos de infra-estrutura urbana, também constituem ambientes favoráveis à ocorrência desse tipo de fenômeno.

FIGURA 6.2a



Processo de rastejo, com evolução de trincas no solo e na moradia. São Sebastião (SP), 1996. Fonte: Instituto Geológico – IG-SMA/SP

Trincas e formação de degraus de abatimento afetando terreno e moradia. Tapiraí (SP), 2005. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT

Em termos de distribuição geográfica e considerando-se as características geológicas, geomorfológicas e climáticas do Brasil, é possível destacar no Sul e Sudeste as regiões das serras do Mar e da Mantiqueira, no Nordeste as cidades assentadas sobre a Formação Barreiras, e as regiões serranas nos planaltos centrais, como as áreas com maior tendência à ocorrência de deslizamentos. Ao considerar-se, por outro lado, as características sócio-econômicas e o modelo de desenvolvimento predominante no país, as regiões metropolitanas de cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Recife, determinam áreas com elevado índice e potencial para a ocorrência desses fenômenos.

Em função do tipo de material envolvido, da magnitude e da geometria das massas de solo, rochas ou detritos mobilizados, e das características mecânicas da movimentação (velocidade, direção, alcance) é possível identificar diferentes tipos de deslizamento, os quais por sua vez podem ser agrupados segundo diferentes classificações. Tais classificações são definidas em função da finalidade de estudo ou de aplicação prática que se considera quando da avaliação e análise dos deslizamentos, tendo em sua maioria conotações técnicas e científicas.

Para fins de entendimento geral e considerando-se os tipos de deslizamentos mais frequentes no Brasil, é possível agrupá-los, conforme proposição do pesquisador Augusto Filho (1992), em quatro tipos principais: rastejos, escorregamentos (*stricto sensu*), quedas e corridas.

Os rastejos constituem movimentos lentos e graduais, atingindo predominantemente solo e horizontes de transição entre o solo e a rocha subjacente. Entretanto podem atingir também níveis de rochas alteradas e fraturadas e depósitos detríticos em regiões de talvegue e sopé das encostas. Os rastejos podem provocar danos a obras e estruturas humanas situadas nas encostas, inclusive tendendo a evoluir para escorregamentos. Indícios desse processo estão associados à ocorrência de muros e estruturas embarrigadas, trincas em paredes, árvores inclinadas, e degraus de abatimento formados nas encostas (figura 6.2a).

Os escorregamentos (*stricto sensu*) são movimentos com velocidade de média a rápida atingindo solos e/ou rochas, em volumes bem definidos e com

FIGURA 6.2b



Escorregamento do tipo cunha. Ouro Preto (MG), 1992. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.



Escorregamento afetando talude de corte. São Bernardo do Campo (SP), 2005. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

As quedas, deslocamentos e tombamentos são processos que ocorrem basicamente em áreas com exposição de rochas, tais como em paredões rochosos ou cortes em maciços rochosos junto, por exemplo, às estradas ou em frentes de lavra de mineração. Sua potencialização se dá naturalmente ou induzida pelo homem. No primeiro caso ocorre individualização de blocos e lascas de rochas devido à percolação da água ou pelo crescimento de raízes vegetais em descontinuidades existentes na rocha. No segundo caso, as ações antrópicas provocam alívios de tensão, devido a cortes em rochas, possibilitando a individualização de blocos e lascas e, conseqüentemente, favorecendo sua movimentação. Já o rolamento de blocos e matacões ocorre quando cortes ou processos erosivos em encostas constituídas por esses materiais, provocam a remoção do seu “apoio” em uma situação inicial de equilíbrio instável, potencializando seu rolamento vertente abaixo.

deslocamento através de planos ou superfícies bem definidas. Tais planos e superfícies são condicionados por estruturas dos solos (contatos entre horizontes e diferentes níveis de alteração) e das rochas (foliação, xistosidade, juntas, fraturas, etc). Dependendo da geometria e da dinâmica de movimentação, os escorregamentos podem ser diferenciados em: planares; circulares; ou em cunha (figura 6. 2b).

FIGURA 6.2c



Parte remanescente de matacão que sofreu ruptura e rolamento em Ilhabela (SP). 2000. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

As quedas incluem movimentos associados a materiais rochosos, que se desenvolvem com geometria variável e em velocidades normalmente altas. Os principais tipos de movimentação agrupados nesta categoria são: quedas de blocos, tombamentos de blocos, rolamento de blocos (matacões) e deslocamentos de lascas e blocos de rochas (figura 6.2c).

Já as corridas, constituem-se em movimentos de massas de solos e rochas em grandes volumes e de grandes proporções, com amplo raio de alcance e elevado poder de destruição. Desenvolvem-se normalmente associadas a drenagens, com velocidades de médias a altas, e comportando-se como o fluxo de um líquido viscoso. Durante seu deslocamento podem atingir moradias e estruturas de engenharia, destruindo-as e/ou incorporando-as à sua massa em movimentação (figura 6.2d).

FIGURA 6.2d



Depósito de material decorrente de processo do tipo “corridas”, com vista para montante (esquerda) e para jusante (direita). Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT

Para saber mais sobre os diferentes tipos de deslizamentos consulte os estudos de Varnes (1978), Hutchinson (1968), Guidicini e Nieble (1984) e Augusto Filho (1992).

As principais características de cada um dos diferentes tipos de deslizamentos considerados podem ser vistas no quadro 6.1.

QUADRO 6.1 Características dos principais tipos de deslizamentos que ocorrem no Brasil (Augusto Filho, 1992)	
PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO, MATERIAL E GEOMETRIA
Rastejo	- vários planos de deslocamento (internos) - velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade - movimentos constantes, sazonais ou intermediários - solo, depósitos, rocha alterada/fraturada - geometria indefinida
Escorregamentos	- poucos planos de deslocamento (externos) - velocidades médias (m/h) a altas (m/s) - pequenos a grandes volumes de material - geometria e materiais variáveis PLANARES — solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza CIRCULARES — solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas EM CUNHA — solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas	- sem planos de deslocamento - movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado - velocidades muito altas (vários m/s) - material rochoso - pequenos a médios volumes - geometria variável: lascas, placas, blocos, etc ROLAMENTO DE MATAÇÃO TOMBAMENTO
Corridas	- muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) - movimento semelhante ao de um líquido viscoso - desenvolvimento ao longo de drenagens - velocidades médias a altas - mobilização de solo, rocha, detritos e águas - grandes volumes de material - extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

1.2. Causas e consequências dos deslizamentos

Simplificadamente, os deslizamentos desenvolvem-se a partir do rompimento inicial, em um determinado ponto da encosta, das condições de estabilidade e de equilíbrio dos materiais que constituem o terreno, com sua conseqüente movimentação e deposição em uma posição inferior à posição inicial, onde se deu o rompimento.

Esse mecanismo geral dos deslizamentos é condicionado por uma série de fatores (agentes) que interagem continuamente, no tempo e no espaço, sendo determinados ou afetados por eventos naturais e por interferências humanas, os quais constituem as causas primárias ou indiretas dos deslizamentos. Assim, para que ocorram os deslizamentos (rompimento em algum ponto da encosta) é necessário que aconteçam eventos (causas primárias ou indiretas) que gerem como efeito (causas secundárias ou diretas) ou a redução da

resistência ao cisalhamento/rompimento dos materiais que compõem a encosta, ou o aumento das solicitações (por exemplo, o aumento da umidade do terreno, construções, ou o aumento do peso da vegetação) a que estes materiais estão submetidos nas condições iniciais. Tais efeitos são variáveis, podendo ocorrer em conjunto ou separadamente, e dependem tanto dos diferentes tipos de causas como dos diferentes tipos e condições dos agentes atuantes no processo.

Como agentes consideramos todos os elementos/componentes físicos envolvidos diretamente nos mecanismos de rompimento e movimentação dos materiais que constituem a encosta, podendo atuar tanto na facilitação ou favorecimento do fenômeno, como na sua deflagração. Assim podemos subdividir os agentes em predisponentes – quando determinam as condições iniciais que favorecem ou dificultam o rompimento e a movimentação dos materiais das encostas e efeti-

vos – quando atuam alterando as condições originais dos materiais e/ou do equilíbrio inicialmente existente na encosta.

Os agentes efetivos, por sua vez, podem ser diferenciados em agentes preparatórios e agentes imediatos. No primeiro caso, os agentes atuam modificando continuamente e progressivamente as condições de equilíbrio inicial existente e, conseqüentemente, aumentando a suscetibilidade dos materiais aos deslizamentos. Já os agentes imediatos são aqueles que determinam a deflagração dos mecanismos de rompimento e movimentação que determinam o fenômeno.

Em relação às causas observamos que podem ser de origem interna – quando desenvolvem-se no interior da encosta, externa – quando são produzidas externamente ou na superfície da encosta, ou intermediária – quando ocorrem afetando tanto porções internas como a superfície da encosta, sendo produzidas tanto por fenômenos naturais como de natureza antrópica.

Existem diferentes maneiras e possibilidades de agrupar as causas e os agentes dos deslizamentos, dependendo da abordagem ou da especialidade

considerada. Em geral, as tentativas revelam uma sobreposição e uma diversidade terminológica de certa maneira justificável, visto a interferência mútua e cíclica entre os eventos, as ações e os efeitos resultantes da interação entre os diferentes tipos de causas e agentes. Nos quadros 6.2 e 6.3 apresentamos uma síntese das principais causas e agentes que atuam na deflagração dos deslizamentos.

O conhecimento das causas e dos agentes condicionantes dos deslizamentos é fundamental para a adoção de medidas preventivas e corretivas voltadas a minimizar ou evitar conseqüências negativas resultantes desse tipo de fenômeno. É importante frisar que embora existam diferentes agentes deflagadores de deslizamentos, as chuvas constituem o principal deles (capítulo 5), em especial para as condições climáticas e geológico-geotécnicas do Brasil. Tal fato tem levado a comunidade técnico-científica a buscar correlações cada vez mais precisas entre índices pluviométricos e a ocorrência dos deslizamentos. Pelo mesmo motivo, os gestores públicos de áreas com elevada pluviosidade e suscetíveis a deslizamentos, tem procurado adotar planos preventivos ou de contingência, durante períodos e estações chuvosas.

Para um maior aprofundamento sobre os agentes e atores envolvidos na gestão territorial em áreas suscetíveis a deslizamentos, sugerimos consultar os seguintes estudos: Varnes (1978), Guidicini e Nieble (1976), Augusto Filho e Virgili (1998).

Informações adicionais sobre a relação chuva – deslizamentos e planos preventivos e de contingência podem ser obtidas em: Tatizana et al (1987a,b), Ide (2005), Macedo, Ogura e Santoro, (1998, 2006).

QUADRO 6.2 Principais causas de deslizamentos (Adaptado a partir de Varnes, 1978; Guidicini e Nieble, 1984; Augusto Filho e Virgili, 1998)		
CAUSAS DOS DESLIZAMENTOS		
Causas Primárias	Causas Secundárias	Efeito Geral
- terremotos, vulcanismo, ondas gigantes (tsunamis); - chuvas contínuas e/ou intensas; - oscilações térmicas; - erosão e intemperismo; - vegetação (peso, ação radicular); - ações humanas (cortes, depósitos de materiais, estruturas construídas, aterros, tráfego, explosões e sismos induzidos); - oscilações naturais ou induzidas do nível d'água em subsuperfície; - desmatamento.	- remoção de massa; - sobrecarga; - solicitações dinâmicas (vibrações); - pressões em descontinuidades do terreno (p.ex. entrada de água ou crescimento de vegetação em fraturas das rochas).	Aumento da solicitação sobre os materiais componentes da encosta, acarretando variações nas condições de tensão no talude.
	- diminuição nas propriedades de coesão e ângulo de atrito dos materiais presentes nas encostas; - variações nas relações de tensões, estruturas e geometria dos materiais presentes nas encostas.	Redução da resistência ao rompimento / cisalhamento dos materiais componentes da encosta

QUADRO 6.3 Agentes condicionantes dos deslizamentos (Adaptado a partir de Varnes, 1978; Guidicini e Nieble, 1984; Augusto Filho e Virgili, 1998)			
AGENTES CONDICIONANTES DOS DESLIZAMENTOS			
PREDISPONENTES		EFETIVOS	
Grupo ou Tipo de Condicionante	Características condicionantes	Preparatórios	Imediatos
Clima	- pluviosidade - temperatura - sazonalidade	- chuvas - variações de temperatura - dissolução química - erosão eólica e pluvial - presença de nascentes ou fontes de água, mananciais, e surgências d'água. - oscilações do nível d'água subterrânea ou em sub-superfície. - desmatamento - lançamento de lixo e entulho - remoção da cobertura vegetal - execução de cortes e aterros e deposição de materiais - concentração de águas pluviais e servidas	- chuvas intensas e/ou contínuas; - vento - fusão de gelo e neve - tremores de terra - vibrações produzidas por tráfego e explosões - intervenções antrópicas inadequadas, como por exemplo cortes e aterros mal dimensionados - vazamentos nas redes de abastecimento de água, nas redes de esgoto e em fossas
Substrato	- tipo de material (rochas, solos, depósitos e sedimentos) - propriedades físico-químicas dos materiais - estruturas geológicas internas (foliação, xistosidade, juntas, fraturas) - relações geométricas entre perfis de alteração e horizonte de solos		
Relevo	- declividade - tipo do perfil da encosta - amplitude		
Águas superficiais e subsuperficiais	- escoamento - infiltração - nível d'água - dinâmica e geometria do fluxo de água em sub-superfície.		
Vegetação	- cobertura e proteção superficial - evapotranspiração - ação radicular - peso		
Uso e ocupação da terra	- tipos de ocupação urbana - densidade de ocupação - agricultura - obras de engenharia		

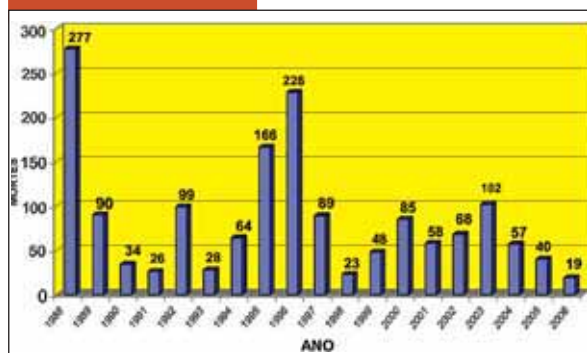
Deslizamentos podem acarretar danos e perdas ambientais, de ordem humana, social, econômica e natural de diferentes portes e extensão. Tais danos e perdas, embora com efeitos e freqüências variáveis de local para local, afetam tanto regiões ricas como pobres, áreas urbanas ou rurais, e comunidades preparadas ou não para enfrentá-los.

Uma das conseqüências mais expressivas e marcantes dos deslizamentos refere-se à perda de vidas humanas e ferimentos às pessoas presentes nas áreas afetadas por eventos dessa natureza. No mundo inteiro, verificam-se anualmente perdas de vidas humanas em decorrência tanto de escorregamentos de grande porte como de eventos mais localizados. No Brasil, as perdas dessa natureza ocorrem predominantemente em áreas urbanas tendo tido um incremento considerável a partir da década de 80. Tal constatação é explicada pela ocupação acelerada e na maioria das vezes sem planejamento de áreas suscetíveis a deslizamentos, em particular nas grandes cidades e regiões metropolitanas. A fi-

gura 6.3 apresenta os dados sobre número de vítimas fatais por deslizamentos no Brasil, desde 1988, a partir principalmente de notícias na imprensa. Tais informações fazem parte do Banco de Dados mantido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT (2006).

Esse fato é agravado pelo empobrecimento geral da população, o que implica em falta de recursos para aquisição de terrenos em áreas mais aptas à ocupação urbana (mais valorizadas) e conseqüentemente na ocupação de áreas mais suscetíveis a deslizamentos. Como a ocupação dessas áreas pela população mais carente na maioria das vezes é feita de forma irregular e sem respaldo técnico e profissional adequado, sucede-se a execução de cortes para construção de moradias, aterros, lançamento concentrado de águas sobre as vertentes, estradas e outras obras, o que tende a favorecer a instabilização de setores da encosta. Por isso, é muito comum a ocorrência de deslizamentos em zonas com ocupações precárias de população de baixa renda.

FIGURA 6.3



Número de mortes por deslizamentos no Brasil.
Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

Além das perdas de vidas, a ocorrência de deslizamentos em áreas urbanas acarreta danos às propriedades e aos equipamentos de infra-estrutura urbana. Conseqüentemente, ocorrem efeitos sociais e econômicos adversos que incluem: interrupção de atividades sociais e econômicas, interrupção de vias públicas e rotas de transporte; custos com obras para reparação de estruturas viárias e de abastecimento; sobrecarga dos setores de saúde, de assistência social, de atendimento emergencial, e custos médicos, entre outros.

Além das conseqüências mais diretamente relacionadas às áreas urbanas, deslizamentos podem atingir grandes obras de engenharia tais como rodovias, represas e barragens, sistemas de transmissão e de transporte de recursos energéticos, entre outros. Da mesma forma, podem acarretar impactos nos recursos naturais essenciais para as atividades econômicas e para a manutenção da qualidade de vida humana, tais como os recursos hídricos e florestais. Para o caso dos recursos hídricos, por exemplo, os deslizamentos podem acarretar problemas de disponibilidade de água, tanto em termos de qualidade como de quantidade, uma vez que pode haver rompimento e/ou assoreamento de reservatórios, provocando turbidez ou contaminação da água e, como conseqüência, interrupção no abastecimento.

A degradação ambiental é uma outra possível conseqüência dos deslizamentos, embora seja habitualmente pouco considerada na avaliação dos danos resultantes desse fenômeno. Dependendo do porte, do local e da área de abrangência, os deslizamentos podem acarretar: desflorestamento, impactos em ecossistemas terrestres e aquáticos, acarretando perda ou diminuição de populações de plantas e de animais, inclusive com valor econômico (por exemplo,

peixes) e destruição de monumentos geológicos e marcos geográficos.

Ainda que raros e, na maioria das vezes causando impactos temporários e reversíveis naturalmente, quando os deslizamentos atingem proporções suficientes para causar danos significativos no ambiente é possível ocorrer transformação definitiva de ambientes e ecossistemas naturais, gerando até mesmo o desaparecimento de espécies locais ou endêmicas.

Portanto, as conseqüências dos deslizamentos incluem tanto impactos diretos nas condições de vida e nas atividades sociais, econômicas e naturais das áreas afetadas como, também, efeitos negativos de natureza sócio-econômica, devido aos custos financeiros e ações necessárias para reparar os danos e os prejuízos verificados e para restabelecer a vida e a moral das comunidades afetadas.

1.3 Vulnerabilidade e riscos associados aos deslizamentos

Visto tratar-se de processo que ocorre naturalmente na superfície terrestre, os deslizamentos, por si só, não determinam a ocorrência de conseqüências indesejadas para o homem. Tais conseqüências só são verificadas quando a ocorrência dos deslizamentos acarreta danos tais como mortes, ferimentos e prejuízos sociais, econômicos ou sobre o meio ambiente. Quando se considera a possibilidade de que a ocorrência de deslizamentos possa causar conseqüências indesejáveis ao homem, às suas atividades, ou ao meio ambiente, normalmente se está ingressando no campo das avaliações de riscos.

As avaliações de riscos envolvem uma grande diversidade de termos, os quais precisam ser bem conhecidos e entendidos, para que possamos definir, identificar e adotar corretamente os instrumentos e as medidas que visem mitigar impactos negativos da ocorrência de deslizamentos e de outros fenômenos potencialmente perigosos. Com esta preocupação, e considerando as definições adotadas pela comunidade internacional que trata de riscos sintetizadas em relatório da ONU (2004), apresentamos na seqüência os principais termos e conceitos relacionados à avaliação de riscos.

Os deslizamentos podem ser considerados como fenômenos geológicos, potencialmente perigosos, cuja ocorrência, sem conseqüências socioeconômicas diretas, constitui apenas um

evento. Conforme já descrito no capítulo II, quando a ocorrência de um ou de vários eventos acarreta o registro de consequências sócio-econômicas (perdas e danos), tem-se um acidente e a possibilidade ou probabilidade de ocorrência de um acidente, por sua vez, constitui um risco.

De maneira mais detalhada pode-se considerar como Risco (R), o grau de perdas esperadas, resultantes da possível ocorrência de deslizamento, ou seja, o evento perigoso quer seja ele natural ou induzido pelo homem. Constitui, portanto, uma situação potencial de dano, para a qual é possível definir quem ou o quê pode ser afetado (Elemento em Risco), qual a probabilidade de ocorrência de um determinado tipo de evento perigoso que pode causar danos (Ameaça ou Perigo de deslizamento), e que consequências são esperadas caso o evento ocorra (Danos).

Para a conceituação apresentada neste livro, Elemento em Risco (E) pode referir-se a indivíduos, populações, propriedades e empreendimentos, atividades econômicas ou meio ambiente.

Como Ameaça ou Perigo (P) consideramos o evento ou fenômeno geológico potencialmente danoso, no caso os deslizamentos, o qual pode causar perda de vidas e ferimentos às pessoas; danos às propriedades, rupturas sociais e econômicas, ou degradação ambiental. Em sua análise, cada perigo deve ser caracterizado em termos de localização, área de alcance, intensidade e probabilidade de ocorrência. Já os Danos (D), ou consequências, referem-se ao cálculo dos impactos resultantes de um possível acidente. Constitui uma estimativa e uma valoração da extensão das perdas previstas expressas normalmente em função do número de pessoas ou do valor das propriedades, bens e ambientes naturais sob risco de deslizamento.

É importante observar que a avaliação dos Danos, ou das consequências, depende intrinsecamente do grau ou nível de Vulnerabilidade (V) dos elementos que estão em risco e que podem ser impactados. Vários capítulos deste livro utilizam o conceito de vulnerabilidade com uma conotação diferente da aqui adotada. Porém, dependendo do tipo de fenômeno considerado, o termo pode apresentar significado específico. Assim, para o estudo de deslizamentos julgamos ser mais conveniente a conceituação da ONU (2004) que considera Vulnerabilidade como o conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais

Para saber mais sobre vulnerabilidade leia Hermelin (2002), Tominaga et. al. (2004) e ONU (2004).

determinam quanto uma comunidade ou elemento em risco estão suscetíveis ao impacto dos eventos perigosos. Compreende, assim, tanto aspectos físicos (resistência de construções e proteções da infraestrutura) como fatores humanos, tais como, econômicos, sociais, políticos, técnicos, ideológicos, culturais, educacionais, ecológicos e institucionais.

Evidentemente, quando uma determinada comunidade ou um dado grupo possui mecanismos para minimizar ou diminuir a probabilidade de ocorrência de um deslizamento e/ou dos danos potenciais esperados, o grau de risco tende a diminuir. O conjunto de mecanismos existentes em uma dada comunidade ou empreendimento para enfrentar as consequências de um acidente, minimizado as perdas e possibilitando o restabelecimento das condições anteriores ao acidente pode ser referenciado como Capacidade (C) de Enfrentamento ou de Mitigação.

A Capacidade (C) positiva da comunidade de enfrentar e recuperar-se dos impactos dos perigos age no sentido de reduzir o grau de Vulnerabilidade. Pode, assim, ser considerada uma característica intrínseca à Vulnerabilidade, ou constituir um fator de análise independente.

Com base nos conceitos apresentados, o risco associado à probabilidade de ocorrência de deslizamentos pode ser representado, de maneira similar aos demais tipos de eventos perigosos, através da equação:

$$R(E) = P \times V(E) \times D$$

Onde:

- R(E) é o risco (R) a que está submetido um determinado elemento (E) de ser impactado por deslizamentos;
- P é a probabilidade de ocorrência de deslizamentos, com determinada tipologia, magnitude e localização;
- V(E) é a vulnerabilidade (V) do elemento em risco (E);
- D são os danos potenciais avaliados, caso o elemento em risco (E) seja impactado pela ocorrência de deslizamentos.

Caso se considere a Capacidade (C) de enfrentamento como uma variável independente e considerando que ela atua na diminuição do grau de vulne-

rabilidade e dos danos esperados, a equação acima poderia ser reescrita da seguinte forma:

$$R(E) = \frac{P \times V(E) \times D}{C}$$

Com base nas considerações e conceituação anterior, fica claro que a análise e a avaliação de riscos só será feita de forma ampla e completa, se todos os

fatores que compõem a equação apresentada forem considerados. Entretanto, dependendo da finalidade e da aplicação prática da avaliação de risco, é possível considerar-se simplificações ou a avaliação parcial ou individual dos fatores de análise, de maneira a responder de forma mais breve ou específica a determinadas características ou estágios da análise das situações de risco.

6.2 – GESTÃO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A DESLIZAMENTOS E DE SITUAÇÕES DE RISCO

Os deslizamentos constituem processos que podem ser previstos, uma vez que é possível conhecer e monitorar: as condições naturais que favorecem sua ocorrência; os agentes e fatores condicionantes, potencializadores, e deflagradores do fenômeno; e os mecanismos envolvidos na movimentação dos materiais mobilizados nos diferentes tipos possíveis de deslizamentos. Em outras palavras, é possível conhecer as áreas mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, bem como estimar a tipologia e a magnitude do fenômeno esperado, ou mesmo prever e estimar as condições, a frequência e os locais onde provavelmente ocorrerão os eventos. Conseqüentemente, é possível definir e implantar mecanismos e ações diversas com o objetivo de evitar e/ou de minimizar as conseqüências indesejáveis decorrentes da ocorrência de deslizamentos em um determinado território. Para tanto, a gestão do território deve considerar três premissas essenciais: evitar o aparecimento de áreas e situações de risco; identificar e caracterizar as áreas e situações de risco já existentes; e solucionar ou minimizar os riscos existentes. Essas premissas contemplam, certamente, ações de planejamento e gerenciamento do território, que reúnem estratégias para diagnosticar, definir alternativas e acompanhar as decisões tomadas (capítulo XI). Os caminhos são muitos, porém alguns são consagrados pela literatura científica e comumente usados pelos pesquisadores brasileiros, conforme apresentado a seguir.

2.1 Avaliação de suscetibilidade

A melhor forma de evitar danos e prejuízos decorrentes de deslizamentos consiste em obstar o aparecimento de áreas e situações de risco. Para tanto, uma ação essencial consiste em planejar o uso e a ocupação do território de forma compatível com as características e limitações naturais do terreno, levando-se em conta, também, a possibilidade de adoções

de medidas tecnológicas complementares em apoio às intervenções planejadas.

Dadas as diferentes características das rochas, solos, e relevo que compõem as encostas, bem como a diversidade climática de região para região, existem terrenos mais suscetíveis (instáveis) ao desencadeamento de deslizamentos enquanto outros são menos suscetíveis (estáveis). Dessa forma, uma informação essencial a ser incorporada em estudos de planejamento territorial refere-se à avaliação de suscetibilidade das áreas a serem ocupadas. Essa informação normalmente é produzida por profissionais especializados (por exemplo, geólogos, geógrafos, engenheiros) e apresentada em mapas de suscetibilidade à ocorrência do fenômeno.

De forma simples, a avaliação de suscetibilidade a deslizamentos consiste em apresentar um zoneamento da área estudada em classes que indicam a maior ou menor predisposição do terreno para a deflagração do fenômeno estudado. Em geral, a avaliação apresenta a área dividida em três ou quatro classes qualitativas, com graus de suscetibilidade de baixo a muito alto. A título de exemplificação apresentamos no quadro 6.4 as classes de suscetibilidade utilizadas na avaliação do município de São Sebastião (SP), em projeto desenvolvido pelo Instituto Geológico (IG-SMA/SP, 1996).

Outra informação importante a ser incorporada na avaliação de suscetibilidade a deslizamentos refere-se à indicação sobre quais tipos de deslizamentos são esperados, conforme descrito anteriormente. Tal informação também pode ser inferida a partir da identificação das características locais das rochas, solos, relevo e das possíveis alterações de natureza antrópica já existentes. O conhecimento da tipologia dos processos esperados é importante para fins de planejamento, uma vez que permitirá a adoção de técnicas e recursos tecnológicos adequados para subsidiar a implantação do uso e ocupação do território.

QUADRO 6.4
Característica dos graus de suscetibilidade normalmente utilizada na avaliação de áreas sujeita a deslizamentos
 (Adaptado a partir de IG-SMA/SP, 1996)

Trecho do mapa de suscetibilidade a deslizamentos (São Sebastião, SP), obtido a partir da análise das características das rochas, solos, e relevo da região.

CLASSIFICAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE	FAISORES DE CLASSIFICAÇÃO PROBABILIDADE E SUSCETIBILIDADE DAS OBRAS			
ENQUADRAÇÃO	1 - Baixa	2 - Média	3 - Alta	4 - Muito Alta
II - Escarpamentos de mais de 30 metros de altura (corte)	III - Bacias, Depressões e Saneamento Urbano	IV - Movimento de massa e rochas	V - Cortes	VI - Projeções artificiais de taludes e cortes
FAISORES	FAISORES	FAISORES	FAISORES	FAISORES
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade	Relevo de alta declividade
Relevo de alta declividade	Rele			

2.2. Avaliação de áreas e situações de risco

Como nem sempre é possível planejar a ocupação do território previamente à presença e às intervenções humanas é bastante comum existirem áreas e situações de risco já instaladas e que necessitam de ações mitigadoras. Assim, uma importante ação de gestão territorial consiste em identificar, conhecer e caracterizar os riscos existentes, de maneira que se possa hierarquizar, priorizar, definir e adotar medidas adequadas para a eliminação ou para a minimização dos riscos e de eventuais acidentes. Para tanto, são realizadas atividades voltadas à identificação dos riscos e de delimitação das áreas de sua ocorrência, resultando no mapeamento de risco. As informações são obtidas por meio de trabalhos de campo, com a avaliação da probabilidade (ou possibilidade) de ocorrência dos eventos e as suas conseqüências em um local e período de tempo definido, e com características determinadas, referentes à sua tipologia, mecanismo, material envolvido, magnitude, velocidade, tempo de duração, trajetória, severidade, poder destrutivo, entre outros fatores.

No Brasil, os mapeamentos de risco são predominantemente realizados por meio de avaliações qualitativas, onde a opinião técnica da equipe, baseada em sua experiência, é decisiva. Desta maneira, quanto maior a experiência da equipe provavelmente será melhor o resultado obtido. A realização de mapeamentos de risco por meio de métodos quantitativos exige uma quantidade de dados que, infelizmente, muitos dos municípios brasileiros não possui.

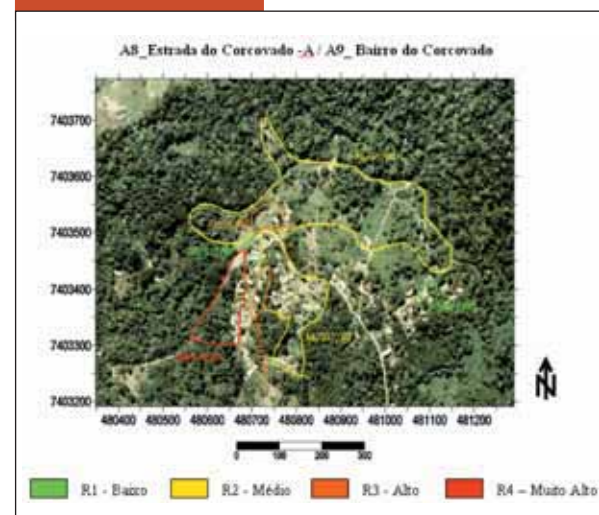
Nos mapeamentos é imprescindível a adoção de critérios, de métodos e de procedimentos de campo, os mais precisos possíveis, assim como um cuidadoso registro das observações realizadas e um indispensável conhecimento dos processos destrutivos em análise.

Os mapeamentos de risco podem ser realizados em dois níveis de detalhe distintos: o zoneamento (ou setorização) de risco e o cadastramento de risco. No zoneamento de risco de áreas urbanas ou periurbanas são delimitados setores nos quais, em geral, encontram-se instaladas várias moradias. Desta

forma, admitimos que todas as moradias do setor se encontram em um mesmo grau de risco, como, por exemplo, risco alto. Entretanto, em meio às moradias deste setor pode haver algumas edificações que não apresentam situação de risco tão elevada. Assim, pode-se realizar um cadastramento, com caracterização do risco, moradia a moradia, cujo grau de detalhe é bem maior em relação aos zoneamentos (figura 6.4) Tanto para os zoneamentos como para o cadastramento, os trabalhos utilizam bases cartográficas existentes e ou fotografias aéreas ou imagens de satélites em escalas compatíveis com a necessidade de detalhamento. De forma geral, a literatura recomenda a escala 1:5.000.

Nos trabalhos de campo devem ser definidas as tipologias dos processos de deslizamentos, seus condicionantes e evidências (sinais ou feições) de instabilidade, a delimitação dos setores por níveis de probabilidade (ou possibilidade) de ocorrência do processo, atualmente adotando-se como base a classificação indicada pelo Ministério das Cidades (quadro 6.5), e a estimativa das conseqüências.

FIGURA 6.4



Exemplo de zoneamento de risco realizado sobre base de ortofoto digital, para o município de Ubatuba (SP).

Fonte IG-SMA/SP, 2005.

Para saber mais sobre mapeamento e cadastramento de riscos leia: Cerri, 2006, Ministério das Cidades e Cities Alliance (2006), Canil et.al. (2004), e Marchiori-Faria et al. (2005).

QUADRO 6.5 Critérios para definição do grau de probabilidade de ocorrência de processos de instabilização (Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006)	
Grau de Probabilidade	Descrição
R1 Baixo	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano.
R2 Médio	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
R3 Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
R4 Muito Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.

2.3. Medidas de prevenção e de mitigação

Uma vez conhecidas as áreas e as situações de riscos potencializadas em função da possibilidade de ocorrência de deslizamentos em um dado território, é necessário avaliar, definir e adotar medidas de

prevenção e mitigadoras. Tais medidas têm como objetivo tanto prevenir acidentes como minimizar os danos decorrentes de deslizamentos, e podem ser de natureza estrutural ou não-estrutural. As características gerais e os principais tipos dessas medidas estão sintetizados no quadro 6.6.

QUADRO 6.6 Natureza e principais tipos de medidas estruturais e não-estruturais utilizadas para a prevenção e mitigação de deslizamentos (modificado de Macedo et al., 2004)		
Medidas Preventivas e Mitigadoras	Natureza	Principais Tipos
Estruturais	As ações estruturais são aquelas onde se aplicam soluções da engenharia construindo muros, sistemas de drenagem, relocação de moradias, etc., naquilo que alguns chamam de “tecnologia dura”. Sem dúvida, essas ações normalmente são muito custosas, sobretudo se é necessário conter deslizamentos de grande magnitude	- obras de terraplanagem - obras de proteção superficial - obras de drenagem - obras de contenção - reurbanização de áreas
Não Estruturais	As ações não-estruturais são aquelas onde se aplica um rol de medidas relacionadas às políticas urbanas, planejamento urbano, legislação, planos de defesa civil e educação, fundamentalmente. Normalmente, têm custo muito mais baixo que as medidas estruturais (obras de contenção) e resultados muito bons, principalmente na prevenção dos desastres. Trata-se, portanto, de medidas sem a construção de obras de engenharia.	- congelamento de áreas à urbanização - adoção de políticas habitacionais - planos preventivos de defesa civil - educação ambiental - vistorias

A definição do tipo de medida a ser adotado vai depender: dos diferentes níveis ou graus de risco verificados; das condições naturais do terreno; da tipologia esperada para os deslizamentos; do estágio do processo de instabilização; e da capacidade de enfrentamento existente junto às comunidades e governos atingidos. Frequentemente, a prevenção e a mitigação dos riscos envolve a adoção conjunta e complementar de medidas estruturais e não-estruturais.

Outra importante ação preventiva e mitigadora, contemplada em conjunto com a implementação tanto de medidas estruturais como não estruturais, refere-se ao monitoramento das encostas.

O monitoramento tem como objetivo identificar e avaliar as condições de instabilidades de uma dada área, de maneira a permitir a adoção de medidas específicas para prevenir a ocorrência e mitigar as possíveis consequências dos deslizamentos. Assim, o monitoramento pode ser adotado para definir o momento e o tipo de uma dada intervenção necessária, ou pode, por outro lado, constituir a base para a deflagração de ações mitigadoras contempladas, por exemplo, em planos emergenciais.

Os fatores normalmente observados no monitoramento de encostas são: os índices pluviométricos, visto que a chuva constitui-se no principal agente deflagrador dos deslizamentos, as intervenções antrópicas, e evidências de movimentação do terreno.

Os índices pluviométricos são avaliados a partir de estudos de correlação entre as chuvas e os deslizamentos. Essa correlação é definida a partir de levantamentos históricos sobre acidentes devido a deslizamentos, onde são verificados os índices (acumulados de dias e intensidades horárias de chuvas isoladas ou concentradas) que estiveram associados à deflagração dos deslizamentos.

Planos preventivos ou de contingência de defesa civil são instrumento de convivência na prevenção de acidentes naturais e/ou tecnológicos, induzidos ou não pela ocupação humana, visando à proteção da vida e a diminuição dos prejuízos sócio-econômicos. Esses planos são baseados em critérios e parâmetros técnico-científicos, os quais devidamente avaliados e monitorados permitem a definição e a implementação de ações e mecanismos operacionais específicos, voltados para a proteção da população sob situações de risco ou de acidentes.

No estado de São Paulo, a Defesa Civil utiliza índices de chuva acumulada em 3 dias para disparar ações de prevenção nos municípios mais atingidos por deslizamentos. Na cidade do Rio de Janeiro foi definido um sistema de alerta automatizado, com leitura de índices pluviométricos em tempo real, para informar a população nas áreas de risco sobre procedimentos a serem adotados. Para saber mais consulte www.defesacivil.sp.gov.br e www.rio.rj.gov.br/georio.

Vários desses estudos já foram realizados no Brasil, destacando-se os de Guidicini e Iwasa (1976), Tatizana e colaboradores (1987) e Ide (2005). Em geral, esses estudos indicam que a ocorrência de deslizamentos afetando massas de solo está mais associada à ocorrência de chuvas acumuladas em dias anteriores do que aos eventos pluviométricos mais concentrados. Isso é explicado pelo “encharcamento” do solo o que, conseqüentemente, implica na diminuição da pressão neutra e no aumento do peso e da ação da força da gravidade. Já deslizamentos afetando massas rochosas podem ser deflagrados por chuvas concentradas em curtos períodos de tempo. Isso ocorre em função da pressão exercida pela água em descontinuidades existentes nas rochas. Os eventos do tipo corridas, por sua vez, estão associados à ocorrência de chuvas intensas e contínuas com índices pluviométricos excepcionais.

O estabelecimento de uma correlação entre índices pluviométricos críticos e a deflagração de deslizamentos tem como principal objetivo permitir a previsibilidade de eventos desse fenômeno. Por esse motivo, os índices pluviométricos costumam ser utilizados na definição e na operação de planos preventivos ou de contingência, que visem evitar ou minimizar acidentes.

As feições antrópicas principais para a deflagração de deslizamentos são: os cortes com inclinações e alturas excessivas; aterros mal construídos (lançados e não compactados); depósitos nas encostas; fossas; e concentração de águas servidas e pluviais em superfície (figura.6.5). Tais feições devem ser avaliadas e monitoradas continuamente de maneira a se evitar a indução de processos erosivos e o rompimento dos materiais que constituem as encostas.

Já as evidências de instabilização demandam que os responsáveis pelas vistorias sistemáticas ou

FIGURA 6.5



Exemplos de feições antrópicas e evidências de instabilidade associadas à deflagração de deslizamentos. À esquerda, lançamento de águas servidas, lixo, cortes e presença de vegetação (bananeira) que favorece a concentração de águas e a instabilização da encosta. Observar deslizamento (centro da foto), já ocorrido, afetando moradias. São Paulo (SP), 2003. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. À direita, trincas no terreno, associadas ao desenvolvimento de processo de rastejo. Caraguatatuba (SP).

Fonte: Instituto Geológico – IG-SMA/SP.

mesmos os moradores fiquem atentos para as seguintes feições: trincas no solo, em paredes e muros; degraus de abatimento; árvores, postes e muros inclinados ou embarrigados; e feições erosivas e cicatrizes de deslizamentos.

2.4 Instrumentos e mecanismos para a gestão de áreas suscetíveis a deslizamentos

Para efetivamente obter a gestão do território é necessário fazer uso de diferentes instrumentos e mecanismos que conduzem ao planejamento e gerenciamento das áreas que estão sujeitas a deslizamentos. A lógica de gerar, sistematizar e associar as informações pode variar em função das características regionais, mas algumas estratégias são usuais. São elas que, em conjunto, permitem a efetividade da compreensão e controle do fenômeno do deslizamento.

• Identificação e características dos instrumentos técnicos

A prevenção e o tratamento das situações de risco relacionadas com deslizamentos nas encostas, só é possível conhecendo as condições de estabilidade das vertentes e o nível de perigo ou risco a que estão submetidas as atividades humanas. Ao longo deste capítulo destacamos que isso significa o estudo dos fenômenos, suas causas, localização espacial,

análise de ocorrências do passado, e possíveis consequências. Assim, a participação de profissionais capacitados e habilitados, produzindo e orientando a utilização de instrumentos e produtos técnico-científicos é fundamental. A atuação desses profissionais se dá tanto pelo desenvolvimento de pesquisas específicas como pela aplicação de métodos, técnicas e tecnologias dessas áreas do conhecimento. Em geral, os profissionais produzem materiais cartográficos e/ou projetos executivos específicos que se aplicam a todas as etapas de gestão do território discutidas anteriormente.

A forma de obtenção dos principais produtos cartográficos destacados já foi descrita nos itens 2.1 e 2.2 deste capítulo. Um dos principais produtos realizados para tratar da questão dos deslizamentos em encostas é a carta ou mapa de suscetibilidade a escorregamentos. Essas representações espaciais, utilizadas principalmente em suporte a ações de planejamento territorial e em abordagens mais regionais, apresentam o terreno classificado em termos de áreas com maior ou menor predisposição a ocorrência do fenômeno. Embora de maneira mais restrita e menos direta, informações sobre suscetibilidade aos deslizamentos podem estar presentes também em mapas geológicos, geomorfológicos e pedológicos.

Outro produto normalmente produzido é o mapa de perigos ou ameaças. Nesse mapa representa-se o nível de exposição de pessoas e bens aos deslizamentos, levando em conta a localização, a

magnitude, a área de abrangência, a probabilidade, e a frequência de ocorrência do fenômeno. Os mapas de vulnerabilidade são os instrumentos por meio dos quais se estuda o nível de danos a que um dado elemento (população, indivíduos, uso e ocupação do solo, atividade, meio ambiente) está sujeito. Já mapas ou cartas de risco são produtos resultantes da associação de informações presentes nos mapas de perigos e nos mapas de vulnerabilidade, tendo como resultado a avaliação probabilística dos danos potenciais decorrentes da possível ocorrência dos deslizamentos (figura. 6.6).

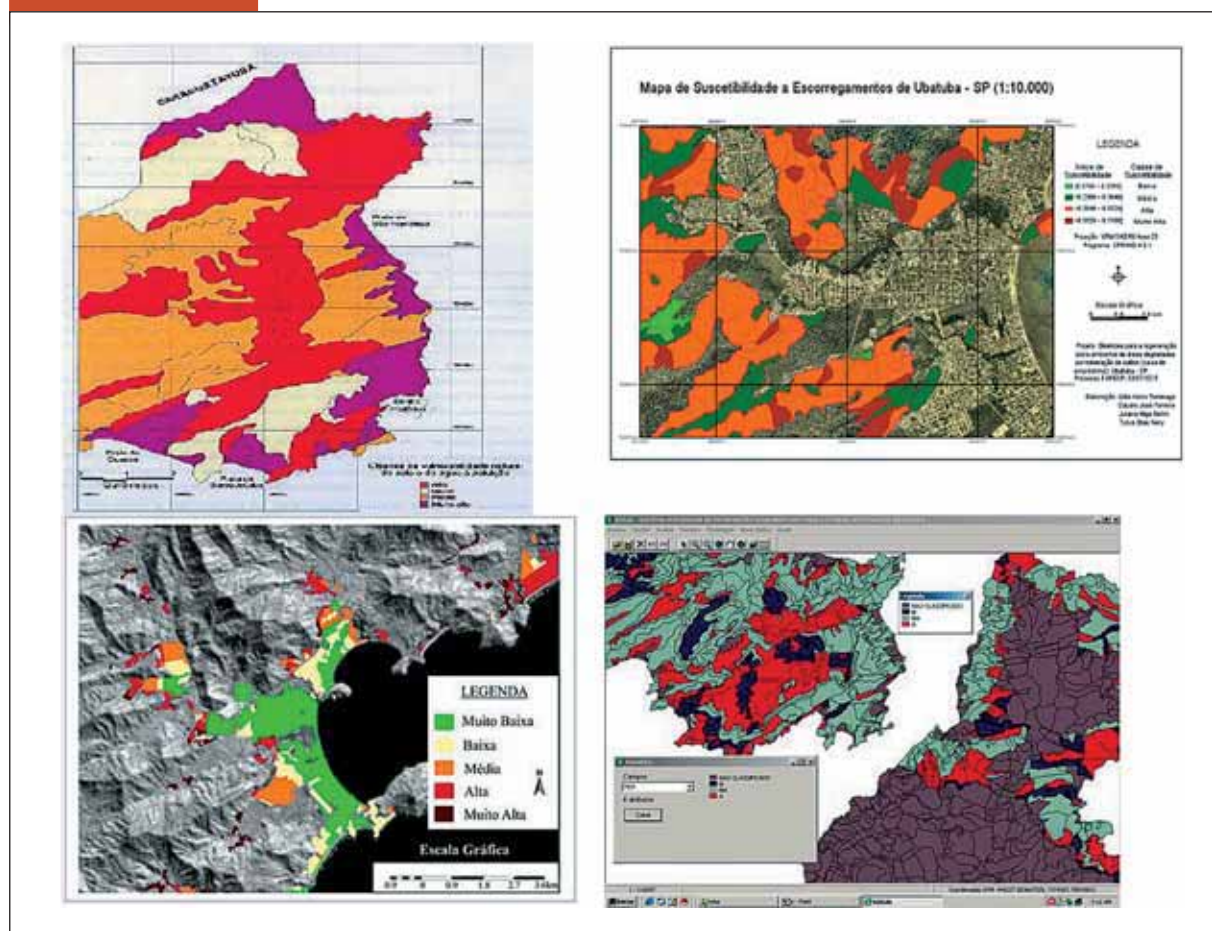
Esses produtos cartográficos voltados à gestão mais ampla do território permitem identificar áreas específicas de risco que podem, por sua vez, ser detalhadas em outros produtos cartográficos. Tais produtos são os mapeamentos de áreas de risco, e o cadastramento de áreas de risco, já apresentados an-

teriormente. Enquanto os mapeamentos de áreas de risco apresentam a setorização das áreas estudadas em termos de maiores ou menores graus de risco, o cadastramento apresenta um detalhamento dos setores, com avaliação do risco, elemento a elemento. Normalmente o cadastramento é feito para os setores mais críticos e resulta na identificação de medidas específicas visando à eliminação ou à redução do grau de risco verificado.

Quando a avaliação e a análise dos riscos indica a necessidade de obras de engenharia, os profissionais habilitados elaboram projetos executivos.

Além da elaboração de produtos cartográficos e de projetos executivos, a atuação dos técnicos contempla a realização de pesquisas e atividades voltadas para: a definição e operacionalização de ações preventivas e emergenciais diversas; subsidiar a elaboração e implantação de sistemas de alerta e de

FIGURA 6.6



Exemplos de produtos cartográficos relacionados com a avaliação de riscos associados a deslizamentos, para o litoral do Estado de São Paulo. À esquerda, trechos dos mapas de vulnerabilidade para os municípios de São Sebastião (acima) e para o município de Ubatuba (abaixo). À direita, trecho do mapa de suscetibilidade a deslizamentos para o município de Ubatuba (acima) e trecho do mapa de perigos para a região dos municípios de São Sebastião e Ilhabela.

Fonte: Instituto Geológico – IG-SMA/SP.

Para saber mais sobre deslizamentos e obras de engenharia, sua aplicação e etapas de implementação, sugere-se consultar: Alheiros (2002) e IPT (1991).

planos de contingência; a adoção de soluções de engenharia, incluindo a identificação de materiais mais adequados para obras e construções, e a definição de soluções não-estruturais.

Dependendo do estágio de ocupação das áreas suscetíveis a deslizamentos ou do estágio de risco já existente ou mesmo dos danos decorrentes da ocorrência do fenômeno, podem ser adotados um, alguns, ou vários dos produtos, projetos e ações técnicas mencionados.

• Recursos tecnológicos para gestão

Os principais recursos tecnológicos utilizados na gestão de áreas suscetíveis a deslizamentos em encostas e no gerenciamento e mitigação de riscos associados são as obras de engenharia. Elas podem apresentar tanto caráter preventivo como corretivo e serem agrupadas em diferentes categorias, conforme apresentado no quadro 6.7. Na elaboração e aplicação das medidas são envolvidos diversos atores sociais, como setores de governos nacionais, estaduais e municipais; defesa civil, universidades, institutos de pesquisa, ONGs e empresas privadas.

QUADRO 6.7 Tipos de medidas estruturais para a prevenção e controles de deslizamentos (fonte: Macedo et al., 2004 modificado)	
Categorias	Características
Obras com e sem estruturas de contenção	Incluem os retaludamentos e aterros, as obras com estruturas de contenção e de proteção. Os retaludamentos estão representados por cortes de taludes e aterros compactados. As obras de contenção incluem os muros de gravidade (muros de pedra seca, de pedra argamassada, de gabião, de concreto ciclópico, de concreto armado). Outras obras de contenção são a estabilização de blocos de rocha, os atirantamentos e os aterros reforçados principalmente com geotexteis. As obras de proteção contra massas mobilizadas incluem as barreiras vegetais e os muros de espera. Cada problema precisa ser avaliado para se determinar qual a obra mais eficaz, principalmente em relação aos custos envolvidos.
Drenagem	As obras de drenagem têm por objetivo captar e conduzir as águas superficiais e subterrâneas da vertente, evitando a erosão e a infiltração no solo, que podem gerar um deslizamento. Todas as obras de contenção têm a drenagem como uma das suas mais importantes medidas complementares. A drenagem superficial pode utilizar valas revestidas, canaletas moldadas <i>in situ</i> , canaletas pré-moldadas, guias e sarjetas, tubos de concreto, escadas de água, caixas de dissipação, caixas de transição. A drenagem das águas subterrâneas utiliza as trincheiras drenantes e os drenos profundos. Todos os tipos de obras de drenagem devem ser devidamente dimensionados em função da quantidade de água que deve conduzir.
Reurbanização de áreas	A enorme quantidade de famílias que vivem em áreas de risco, a falta de terrenos nas cidades que sejam propícios para a construção de novas moradias, o alto custo de programas habitacionais, a incapacidade do Poder Público em evitar a ocupação de áreas sem planejamento prévio, faz com que a reurbanização de áreas seja, em muitos casos, a solução alternativa adequada para minimizar o impacto de deslizamentos. Os projetos de recuperação de áreas devem conter soluções para o sistema viário, água potável, drenagem de águas pluviais e de esgotos, fornecimento de eletricidade, coleta de lixo, abertura de espaços de lazer, relocação e melhoria de moradias e obras para diminuir riscos.
Moradias	As moradias em áreas de encostas devem ser devidamente projetadas levando em conta as características dessas áreas. Devemos evitar ou reduzir a necessidade e dimensão de cortes e aterros, localizando as edificações com seu lado maior paralelo às curvas de nível. As moradias com mais de um pavimento devem ser construídas em desnível, acompanhando a declividade natural da encosta. Os componentes e sistemas construtivos devem incluir materiais mais resistentes, principalmente paredes, muros e estruturas que possam servir como contenção de solo, com impermeabilização, tubulações hidráulicas estanques (para não haver vazamento), as águas pluviais captadas em telhados e áreas livres devem ter destinação adequada impedindo-se o despejo sobre terrenos e aterros desprotegidos.
Proteção de superfície	A proteção das superfícies dos terrenos impede a formação de processos erosivos e diminuem a infiltração de água no maciço. Essa proteção pode utilizar materiais naturais ou artificiais. A proteção com materiais naturais incluem: a cobertura do terreno, de preferência com revestimento vegetal típico da área; a cobertura com gramíneas; o uso de solo argiloso para preenchimento de trincas, fissuras e sulcos erosivos; o uso de blocos de rocha, tanto assentados sobre o talude como na forma de gabião. A proteção com materiais artificiais inclui alternativas como a impermeabilização asfáltica, a aplicação de solo-cal-cimento; a aplicação de argamassas; aplicação de argamassa projetada sobre tela (tela e gunita) e aplicação de telas metálicas ou não sobre a superfície, principalmente para a contenção de blocos de rocha.

• Instrumentos e mecanismos institucionais

A adoção de instrumentos e mecanismos institucionais legais tem como objetivo definir, planejar, e gerenciar o uso do território em compatibilidade com a capacidade do meio e preservando a qualidade de vida e a segurança da população. Assim, as informações, avaliações e análises sobre a suscetibilidade a deslizamentos e sobre os riscos em um território, devem ser incorporadas na definição, na operacionalização e na execução desses instrumentos e mecanismos.

Devemos observar que a preocupação com o gerenciamento institucional da questão dos deslizamentos pode ser contemplada tanto em instrumentos e mecanismos mais gerais como, por exemplo, os planos diretores, quanto em instrumentos específicos,

definidos para tratar especificamente do assunto.

Os mais conhecidos exemplos de instrumentos específicos aplicados para o gerenciamento emergencial de áreas de risco, referem-se aos sistemas de alerta baseados em planos preventivos e de contingência de defesa civil.

No quadro 6.8 apresentamos uma breve descrição dos principais dispositivos institucionais que incorporam a questão dos deslizamentos. Da mesma forma que observado para a utilização dos instrumentos técnicos, a adoção dos instrumentos e mecanismos institucionais para a gestão de áreas suscetíveis a deslizamentos envolve diversos atores, tais como setores de governos nacionais, estaduais e municipais, defesa civil, universidades e institutos de pesquisa, ONGs e empresas privadas, além, é claro, da comunidade.

QUADRO 6.8 Principais características de dispositivos institucionais que devem contemplar a questão dos deslizamentos (modificado de Macedo et al., 2004)	
Categorias	Características
Legislação	Existe legislação em todos os níveis, principalmente as relacionadas ao meio ambiente, à regulamentação do uso e ocupação do solo, às normas de construção (principalmente municipais), à Defesa Civil e aos Planos Diretores. A legislação só será eficaz se incluir normas técnicas que tornem efetiva a sua implantação. O instrumento que regulamenta o uso e ocupação do solo deve conter o zoneamento da área do município; a obrigação do exame e do controle da execução dos projetos pela Prefeitura e do licenciamento de parcelamentos (loteamentos).
Planejamento urbano	Deve resultar de um processo participativo do Poder Público com representantes de setores da sociedade, englobando também sua área rural e considerando sua interação com municípios vizinhos. Existem vários instrumentos para o planejamento urbano. O Plano Diretor ou Plano de Ordenamento Territorial é um instrumento que organiza o crescimento e o funcionamento da cidade, indicando o que pode ser feito em cada área, orientando as prioridades de investimentos e os instrumentos urbanísticos que devem ser implementados. Esses planos devem ser feitos para níveis regionais, metropolitanos e municipais. Uma das bases para os Planos Diretores são os mapas geotécnicos voltados para planejamento e para a análise de risco.
Política habitacional	A maioria dos casos de desastres causados por deslizamentos está ligada à população de baixa renda ocupando áreas não apropriadas, geralmente por falta de melhores opções de moradia. As políticas habitacionais devem conter programas para populações de baixa renda, com acompanhamento técnico, e projetos e materiais adequados aos espaços que serão ocupados. Esses programas devem estar relacionados aos projetos de requalificação de espaços urbanos, urbanização de favelas ou de assentamentos urbanos precários e mapeamentos detalhados de risco.
Sistema de alerta e contingência (defesa civil)	O fato de os deslizamentos serem passíveis de previsão permite preparar Planos de Alerta (ou Preventivos) de Contingência. Esses Planos estão baseados no monitoramento das chuvas, nas previsões de meteorologia e nos trabalhos de campo para verificação das condições das vertentes. Para a montagem desses Planos devemos fazer levantamentos das áreas de risco de deslizamentos, capacitação das equipes locais para realizar visitas às áreas durante todo o período das chuvas, difusão do plano para a população por meio de palestras, folhetos, cartilhas, realização de simulados (ensaios) de evacuação de áreas, entre outros.

• Participação comunitária

A gestão de áreas de encostas e dos riscos associados aos deslizamentos não deve ser encarada apenas como uma responsabilidade da esfera pública, mas deve incorporar, também, a participação da comunidade e dos indivíduos. Como agente diretamente envolvido tanto na potencialização de riscos, como se constituindo no principal alvo dos acidentes, prejuízos ou desastres resultantes da ocorrência dos deslizamentos, a população constitui um ator fundamental para a eficiência, eficácia e o sucesso das medidas preventivas e mitigadoras de acidentes.

A participação da comunidade deve se dar tanto no sentido de compreender globalmente a relação entre deslizamentos – interferência antrópica – perigos – riscos (para colaborar com a prevenção), como no sentido de participar da definição e operacionalização dos mecanismos de gerenciamento e mitigação, para envolver-se na minimização de desastres. Assim, ações de caráter educativo e de capacitação técnica são fundamentais para que a compreensão, a cooperação e o consenso sejam obtidos.

A existência de um sistema educativo eficaz que gere e difunda uma cultura de prevenção, é o melhor instrumento para reduzir os desastres. Essa educação deve abranger todos os níveis de ensino, com a inclusão de conhecimentos e experiências locais, com soluções que possam ser colocadas em prática pela própria população.

Devem ser organizados cursos, oficinas, palestras, manuais, livros, cartilhas ou toda sorte de estratégias e instrumentos que possibilitem a capacitação de equipes locais e população. O conteúdo desses instrumentos deve, pelo menos, abranger a identificação dos perigos, da vulnerabilidades, das medidas de prevenção e mitigação, da legislação e dos sistemas de alerta. O uso dos meios massivos de informação como rádio, televisão e imprensa escrita, devem ser incentivados.

Em síntese, a adoção do conjunto de atividades discutidas neste capítulo, teoricamente embasadas e politicamente dirigidas pela sociedade ciente e organizada, é que possibilitará evitar ou reduzir os riscos resultantes dos deslizamentos, naturais ou induzidos pelas ações humanas, que em determinadas condições pode gerar danos extremos para o homem.

LEITURAS RECOMENDADAS

MACEDO, E. S. et al. 2004 Deslizamientos. Prevención. São Paulo: Programa Iberoamericano de Ciência y Tecnología para el Desarrollo – Cyted; Red Habitat en Riesgo. 22p.

CARVALHO, C.S. e GALVÃO, T. (Org.) 2006 MINISTÉRIO DAS CIDADES / CITIES ALLIANCE: Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 111 p.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS 2004 Living with risk. A global review of disaster reduction initiatives. Inter-agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra – Suíça, www.unisdr.org. 398p. e anexos.

CAPÍTULO 7

ENCHENTE E INUNDAÇÃO

■ Adilson Pinheiro



ENCHENTE EM PORTO VELHO

Fonte: Oscar de Moraes Cordeiro Neto

CAPÍTULO 7

ENCHENTE E INUNDAÇÃO



Enchente é um fenômeno natural que ocorre nos cursos de água em regiões urbanas e rurais. Ela consiste na elevação dos níveis de um curso de água, seja este de pequena (córrego, riacho, arroio, ribeirão) ou de grande (rio) dimensão, podendo causar inundações, ou seja, o transbordamento de água do canal principal. Não existe rio sem ocorrência de enchente. Todos têm sua área natural de inundação e esse fenômeno não é, necessariamente, sinônimo de catástrofe. Quando o homem ultrapassa os limites das condições naturais do meio em que vive então as inundações passam a ser um problema social, econômico e/ou ambiental. Assim, a inundação torna-se um evento catastrófico quando a área inundável não apresenta uma ocupação adequada como construção de residências nas áreas ribeirinhas. Ela pode ser provocada devido a um excesso de chuvas ou uma obstrução que impediu a passagem da vazão de

enchente, como por exemplo, um bueiro mal dimensionado ou entupido (capítulo 8).

No passado, as enchentes eram consideradas como um fenômeno benéfico, pois permitiam o aporte de material rico em nutrientes e desejáveis à agricultura das várzeas. No entanto, na atualidade, as enchentes têm provocado importantes impactos ambientais negativos, com perdas materiais significativos e, em alguns casos, com perdas de vidas humanas. Notícias de ocorrências de enchentes em vários pontos do país são veiculadas constantemente. As ocorrências mais frequentes estão relacionadas com as grandes cidades como São Paulo e Rio de Janeiro, onde as enchentes provocam sérios problemas à sociedade. No entanto, este tipo de problema ocorre em muitos outros locais, com registros de danos econômicos, sociais e ambientais significativos.

7.1 – CONCEITO E CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE INUNDAÇÃO

Enchente e cheia são sinônimos e representam o mesmo fenômeno. As enchentes ocorridas em pequenas bacias são chamadas popularmente de enxurradas e, se, ocorrem em áreas urbanas, elas são tratadas como enchentes urbanas.

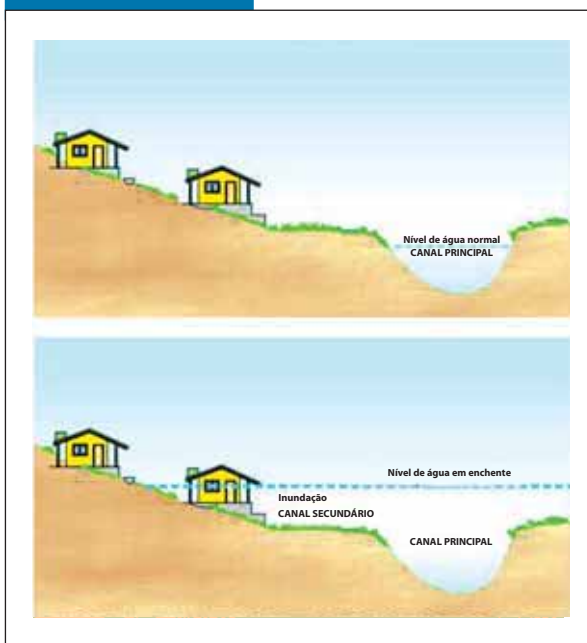
A elevação do nível está intimamente associada a uma seção de escoamento fluvial. Para uma mesma variação de vazão (figura 7.1), a elevação será mais ou menos importante, dependendo das condições físicas do curso de água, como a declividade do canal e material do leito e das margens do rio. A seção transversal de um curso de água pode ser dividida em canal principal e canal secundário. O canal principal sempre apresenta escoamento de água, enquanto que o canal secundário pode ter escoamento durante certos intervalos de tempo, de forma temporária. Isto é característico de rios denominados de perenes. A presença de escoamento da água, no canal principal, ao longo de um período de tempo e a ausência em outros períodos, pode ser encontrada em rios de-

nominados intermitentes, situados em regiões com pouca ou sem precipitação, durante alguns meses, como é o caso de rios do centro oeste e nordeste brasileiro. Neste caso, o canal principal não deve jamais ser ocupado.

Quando a elevação do nível atinge a parte superior da seção, provocando o extravasamento da água, tem-se a inundação das áreas laterais ao canal principal (figura 7.2). A inundação é temporária. Após a passagem da onda de cheia a superfície lateral retorna ao seu estado natural, permanecendo os materiais que foram transportados pela água.

As enxurradas são produzidas após chuvas com altas intensidades, as quais ocorrem, em geral, no final das tardes de verão. Elas ocorrem em pequenas bacias de elevada declividade, com baixa capacidade de retenção e/ou com elevada geração de escoamento superficial. Estas enchentes apresentam grandes capacidades de transporte, provocando grandes estragos, como erosão das margens, arrastamento de

FIGURA 7.1



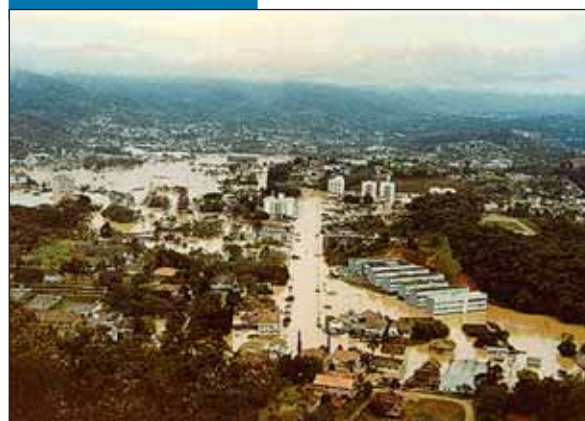
Vazão: volume escoado em uma seção transversal durante um intervalo de tempo.

veículos e destruição de casas e estradas. Os efeitos aparecem principalmente nas confluências dos rios quando eles não têm mais capacidade de escoar os fluxos, nas curvas dos cursos de água ou quando as enchentes transportam materiais (por exemplo, lixo jogado as margens dos cursos de água em períodos secos) que provocam bloqueios dos escoamentos e que após o rompimento provocam ondas violentas, com elevadas capacidades destrutivas. A previsibilidade da ocorrência das enxurradas está associada à previsão de chuvas. Atualmente, o uso de radar meteorológico permite acompanhar a evolução do sistema e a previsão das quantidades precipitáveis, com boa precisão.

As enchentes de grandes bacias caracterizam-se pela subida lenta e progressiva das águas, com ocorrência de extravasamento do canal principal. A subida dos níveis é facilmente previsível, podendo ser de várias horas ou, mesmo, dias de avanço. Geralmente, as áreas ribeirinhas ficam inundadas por vários dias, como às enchentes de 1983, ocorridas no sul do Brasil, no qual vários municípios ficaram inundados por várias semanas e as enchentes que atingiram a região nordeste em 2004, entre outras.

Para entender a formação das enchentes é necessário analisar o ciclo hidrológico, no qual existe a transferência da água entre compartimentos, geralmente, sobre a forma líquida ou vapor (capítulo 5). Podemos iniciar a explicação do processo pela formação da precipitação, que pode ocorrer sob diferentes tipos, conforme ilustra o quadro 7.1. A ocorrência de enxurradas ou enchentes urbanas é associada à precipitação do tipo convectiva.

FIGURA 7.2



Inundação da cidade de Blumenau – SC
Fonte: IPA/FURB

QUADRO 7.1
Tipos de precipitação

precipitações frontais	Ocorrem quando massas de ar frio entram em contato com massa de ar quente, provocando a ascensão destas últimas e carregando a umidade para altas altitudes, que após condensação, geram precipitações. Estas precipitações são de longa duração, abrangem grandes superfícies e apresentam intensidades baixas ou moderadas.
precipitações orográficas	São similares as precipitações frontais, sendo causadas por movimentos laterais de massas de ar quente e úmido que, encontrando barreiras naturais (montanhas) são forçadas a se elevar, dando origem a precipitações. Ocorrem geralmente em regiões costeiras com cadeias de montanhas.
precipitações convectivas	São causadas pelo aquecimento diferenciado da superfície e das camadas mais baixas da atmosfera, provocando uma ascensão brusca do ar quente e úmido. Elas ocorrem em pequenas áreas, com curta duração e elevada intensidade.

A água da precipitação é armazenada em diversos compartimentos do ciclo da água, conforme descrito no capítulo 5. Uma parte é retida pela cobertura vegetal e o restante atinge a superfície do solo. Dependendo das condições da superfície do solo, a água poderá infiltrar no solo e seguirá vários caminhos no seu interior, podendo atingir as águas superficiais, de forma lenta e contínua. A água que permanece na superfície do solo escoará rapidamente em direção ao sistema de drenagem superficial, formado por canais artificiais, rios, lagos e reservatórios. Esta parcela da precipitação é a principal responsável pela formação das enchentes. Assim a quantidade que escoa na superfície do solo é controlada pelo tipo de superfícies. Como já citado em outros capítulos deste livro, superfícies permeáveis, como área com cobertura vegetal, infiltram maior quantidade da água de chuva, restando pouco ou nenhuma água para escoamento superficial. Superfícies impermeáveis, como áreas asfaltadas, estacionamentos pavimentados, coberturas das edificações, produzem pouca infiltração e muito escoamento superficial. Desta forma, tem-se que a impermeabilização das superfícies é o principal fator de agravamento das enchentes enquanto que a manutenção de superfícies permeáveis reduz o risco de ocorrência de enchentes. Além disso, armazenam a água no solo para serem utilizadas em períodos sem precipitação, tendo como consequência uma

redução dos efeitos das estiagens. Além de áreas urbanizadas e impermeabilizadas, as enchentes podem ser agravadas nas zonas costeiras, devido ao aumento das marés e dos ventos contrários ao escoamento fluvial.

1.1 Agravantes e atenuantes no fenômeno da inundação

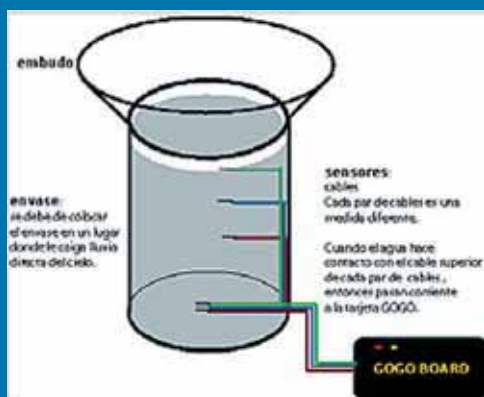
A ocorrência de uma enchente é o resultado de vários fatores que interferem na formação dos escoamentos e na sua propagação ao longo da bacia de contribuição. Toda a área de drenagem situada a montante contribui com o volume de água escoada em uma seção transversal do rio. Os fatores intervenientes na formação das enchentes podem ser de origem natural e de origem artificial, resultante das intervenções humanas. Os fatores naturais são a topografia e a natureza de drenagem à montante das zonas inundáveis. As altas declividades das vertentes e dos cursos de água reduzem o tempo de resposta da bacia às precipitações, gerando vazões importantes à jusante. As vazões máximas são proporcionais às declividades da rede de drenagem e das alturas de precipitação na bacia de contribuição. As velocidades dos escoamentos são igualmente proporcionais às declividades. Quanto maior a declividade maior a velocidade e, portanto, maior a capacidade destrutiva dos escoamentos.

A capacidade de escoamento de uma seção de um rio representa a vazão que ela pode escoar. Ela depende da rugosidade do leito e das margens, do perímetro da seção molhada, da área da seção transversal e da declividade do rio. Alterações nestas características alteram as profundidades da lâmina de água. Em consequência, para uma mesma vazão, um rio com margem sem cobertura vegetal apresentará nível da água menor do que um rio com margem com cobertura vegetal. Certas espécies vegetais provocam mais rugosidades do que outras. Por outro lado, a cobertura vegetal nas vertentes atrasa o tempo de resposta da bacia, além de reduzir os volumes escoados no sistema de drenagem. Em suma, como melhor detalhado no capítulo 10, a cobertura vegetal é de

Pluviômetro e Pluviógrafo

Pluviômetro : Instrumento para medir a altura de precipitação em determinado intervalo de tempo, geralmente, igual ao dia (quantidade de chuva dado em mm).

Pluviógrafo : registrador contínuo da quantidade de chuva, permitindo determinar o instante de ocorrência e a intensidade (quantidade por unidade de tempo).



Tempo de resposta: tempo decorrido entre o início da chuva na bacia e a ocorrência da vazão máxima (nível máximo) em uma seção do rio.

Rugosidade: representa as asperezas da superfície. Margens de rios com concreto são menos rugoso do que superfície com cobertura vegetal.

fundamental importância na redução da magnitude das enchentes, devido ao aumento da água interceptada e infiltrada no solo. Ela é importante à montante das áreas suscetíveis a inundação. Ela deve atuar no controle da geração dos escoamentos superficiais.

A permeabilidade dos solos influencia na geração de escoamentos superficiais, mas seu papel passa a ser secundário em caso de chuvas intensas, quando o solo é rapidamente saturado na camada superficial, podendo tornar-se quase impermeável, principalmente em vertentes de elevada declividade e com pouca cobertura vegetal. Neste caso, as águas escoam rapidamente para o sistema de drenagem, sem perdas importantes à infiltração.

A estrutura temporal das precipitações é também determinante. Precipitações com maiores intensidades ocorrendo no final do tempo de resposta de uma bacia são mais prejudiciais, pois atingem os solos quase saturados, favorecendo a geração de escoamentos superficiais, do que aquelas que ocorrem no início do evento chuvoso.

Vazão máxima: representa o máximo escoamento na seção fluviométrica. Ela ocorre para o nível máximo observado em uma enchente.

A retenção da água a montante das áreas de risco de inundação é de fundamental importância na redução das vazões máximas. Ela pode ocorrer devido à interceptação da água precipitada pela cobertura vegetal, infiltração da água no solo e armazenamento da água nas depressões naturais ou áreas planas situadas ao longo dos cursos de águas, como zonas úmidas ou secas. Um campo de futebol ou parques localizados próximo ao rio e a sua área de preservação permanente (capítulo 2) podem constituir em importantes áreas de retenção. Esta água retirada chegará mais lentamente aos cursos de água, proporcionando uma regularização dos escoamentos, com redução das vazões máximas.

É importante enfatizar que as intervenções humanas realizadas ao longo da bacia hidrográfica são os grandes causadores de danos ou que podem agravar ou reduzir a magnitude das enchentes. As principais intervenções estão ligadas à urbanização e aos obstáculos que se criam ao escoamento da água. Como já citado, a urbanização impermeabiliza os solos provocando aumento dos volumes de águas escoados superficialmente, das velocidades dos escoamentos e a redução do tempo de resposta da bacia. Uma bacia urbanizada pode apresentar um tempo de resposta de 5 a 20 vezes menor do que uma bacia natural. Esta redução do tempo de resposta, torna a bacia mais sensível às precipitações mais curtas, as quais são mais intensas. A expansão dos espaços urbanos, com a implantação de zonas industriais e de novos loteamentos tende a agravar a situação.

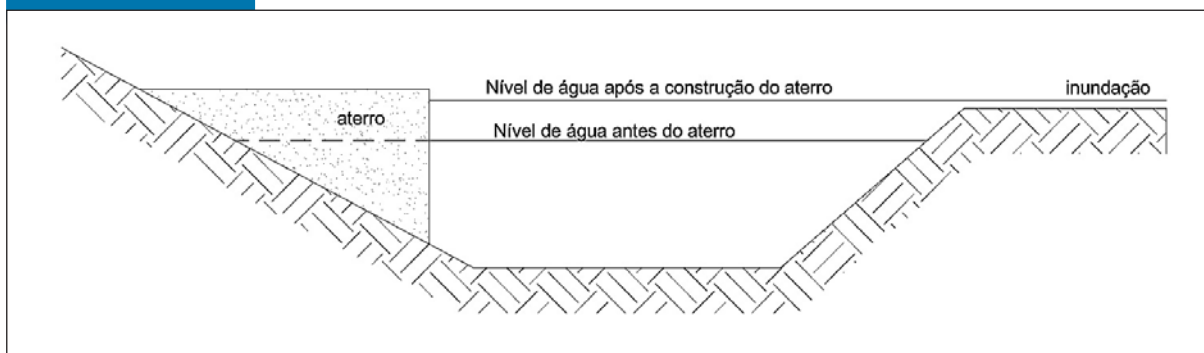
FIGURAS 7.3 E 7.4



Reservatório de retenção da água escoada em telhados e estacionamentos devido a construção de edifício residencial



Reservatório de retenção para armazenamento da água escoada devido ao aumento da superfície asfaltada em uma rodovia

FIGURA 7.5

Efeito do aterramento sobre o nível de água no rio.

Legislações municipais têm sido aprovadas visando à retenção na fonte dos excessos de escoamento superficiais, provocadas pela impermeabilização do solo, como a implantação de áreas de estacionamentos e coberturas das edificações. Porém, essa preocupação é mais usual fora do Brasil, em países desenvolvidos. Em vários deles, é obrigatória a retenção dos excedentes de escoamentos superficiais resultante do asfaltamento das ruas e construção de prédios (como exemplifica as figuras 7.3 e 7.4). Os obstáculos aos escoamentos podem ocorrer de diferentes maneiras. Eles provocam o aumento dos níveis de água à montante dos mesmos. Em muitos casos, eles são resultantes do sub-dimensionamento de bueiros e pontes (capítulo 8) e, pelo aterramento de terrenos baixos situados ao longo dos cursos de água. Em geral, os aterramentos são prejudiciais devido à redução da seção transversal, que pode provocar aumento das velocidades do escoamento à jusante e elevação dos níveis da água a montante, pela redução das áreas de retenção da água e conseqüente transferência do problema para jusante (figura 7.5).

A deposição de resíduos sólidos (lixo e materiais volumosos) nas margens dos rios tem efeito similar ao de aterramento. O agravante é que eles podem ser transportados à jusante, retido nos pilares das pontes, reduzindo a seção de escoamento ou o entupimento das canalizações. O capítulo 8 detalha como pode também ocorrer o entupimento das bocas de lobo, dificultando a drenagem das ruas.

Nos projetos de pontes, bueiros e de drenagem urbana é preciso sempre levar em conta o aumento da urbanização nas áreas contribuintes situadas à montante. A avaliação destes aumentos constitui-se em uma tarefa difícil, mas deve ser realizada. Deve ser

superada a busca de economia nas obras em prol da segurança das mesmas e da redução do risco a inundações. Neste contexto a implantação de galerias fechadas pode apresentar um efeito extremamente nefasto devido à superação dos parâmetros de projetos ou da deposição de materiais no seu interior, criando obstáculos significativos. A manutenção e conservação das galerias existentes são de fundamental importância ao perfeito funcionamento hidráulico das mesmas.

1.2 Risco hidrológico: natural ou induzido pelo homem?

A precipitação, principal fenômeno gerador de enchentes, é gerada por condições meteorológicas que não podem ser controladas e podem ocorrer de forma aleatória no tempo e no espaço. Em longo prazo, a sua ocorrência e sua magnitude não podem ser previstas, mas estimadas em função dos dados históricos disponíveis e das alterações que ocorrem no uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica. Como descrito no capítulo 2, reconhecemos os danos causados por um fenômeno pelas perdas resultantes da ocorrência de um determinado evento mas, no caso específico sobre enchentes, preocupamo-nos mais em avaliar os riscos, que designam a probabilidade de ocorrência de um acontecimento de pequena, média ou grande magnitude, num determinado intervalo de tempo, ou seja, que consideram a linha temporal de acontecimentos. No caso de projetos de engenharia, quando se estabelece uma vazão de projeto significa que foi feita a escolha de um risco aceitável para a obra desejada. O risco hidrológico é representado pelo período de retorno adotado.

TABELA 7.1 Períodos de retornos dos níveis e vazões do rio Itajaí-Açu em Blumenau – SC										
TR (anos)	2	5	10	25	50	100	150	200	500	1000
Níveis (m)	6,97	9,92	11,64	13,57	14,88	15,95	16,66	17,12	18,37	19,49
Vazão (m3/s)	1650	2800	3600	4600	5350	6000	6450	6750	7600	8400

Fonte: Cordero e Medeiros, 2003

Período de retorno significa o intervalo de tempo, em média, com que um evento hidrológico extremo, seja precipitação ou vazão, pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez. Ele é obtido pelo inverso da probabilidade de superação de um dado valor. A tabela 7.1 apresenta valores dos períodos de retornos para os níveis do rio Itajaí-Açu, na estação fluviométrica de Blumenau, em Santa Catarina. Quando é realizado o projeto de uma estrutura hidráulica, adota-se um período de retorno. Para estruturas que, em caso de falha, possam causar danos elevados, adotam-se períodos de retorno elevados. Para pequenas estruturas, como obras de micro-drenagem, os períodos de retornos adotados são pequenos.

É preciso notar que o custo da ação de proteção proporcionada pela estrutura hidráulica aumenta com o período de retorno adotado. Um estudo da relação custo/benefício da medida de controle de enchentes permite estabelecer o melhor valor do período de retorno. Isto implica que

as medidas de controle de enchentes projetadas apresentam limitações, e dificilmente permitem obter uma segurança completa. O custo para reduzir substancialmente o risco de ocorrência de inundações em um determinado local, em geral, é extremamente elevado.

Concluimos que as ações humanas podem, portanto, aumentar os riscos de ocorrências de inundações. Os fatores naturais são relativamente estáveis. Além disso, os fatores induzidos pelo homem podem ser alterados no tempo e no espaço, podendo ampliar a frequência de ocorrência de enchentes. Portanto, planejamento e intervenções adequadas na bacia hidrográfica podem reduzir os riscos de ocorrência de inundações dos canais secundários, ou os danos materiais e humanos podem ser reduzidos, se os riscos de ocorrência de inundação foram considerados nos processos de planejamento de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica, e em especial, das zonas inundáveis em áreas urbanas.

7.2 – GESTÃO AMBIENTAL EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES

As medidas para controle de enchentes envolvem regras de disciplinamento estabelecidas pelo setor público competente (municipal, estadual e federal), de maneira a permitir uma convivência com a inundação provocada pelo extravasamento da onda de cheia no canal fluvial. Estas medidas são alcançadas pelo gerenciamento da bacia hidrográfica e pelo gerenciamento da planície de inundação, ambos somados e norteados por diagnósticos obtidos com base científica e métodos de avaliação eficazes (capítulo 11). O gerenciamento da planície de inundação, e do uso do espaço que pode vir a ser inundado é recomendável, principalmente, para os casos em que a planície se encontra nas fases iniciais do processo de desenvolvimento urbano e industrial. O planejam-

to e ocupação do espaço inundável são realizados em função dos estudos hidrológicos sobre o regime de cheias e das expectativas de sua ocorrência.

2.1 Medidas de controle das inundações

As medidas de controle e/ou prevenção visam minimizar os danos das inundações. De acordo com o pesquisador brasileiro Tucci (2002), elas são tratadas de duas formas distintas, porém complementares: as medidas estruturais e as medidas não estruturais. As primeiras envolvem as tradicionais obras de engenharia para controle das enchentes, visando à correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes

de enchentes. As medidas não estruturais compreendem todos os tipos de medidas que possam proporcionar um convívio com as enchentes, isto é, reduzir os danos e/ou suas conseqüências.

As medidas estruturais podem ser extensivas ou intensivas. Medidas extensivas são as que agem na bacia, procurando modificar as relações entre a precipitação e a vazão, como a alteração da quantidade de cobertura vegetal, que reduz e retarda os picos de cheias e controla a erosão do solo (capítulo 4). Podem ser pequenas obras ou ações, distribuídas ao longo da bacia, cujo efeito de integração é importante ao conjunto da bacia. Estas medidas dizem respeito à contribuição de cada um na redução dos

volumes escoados nas vertentes, geradores de enchentes nos rios. As medidas intensivas agem no rio, podendo (a) acelerar o escoamento – como diques, *polders* e melhoramentos fluviais); (b) retardar o escoamento – como reservatórios e bacias de amortecimento); e (c) desviar o escoamento – como canais de desvio e retificações dos cursos de água (figura 7.6). Uma característica importante da aceleração e desvio dos escoamentos é a transferência do problema de inundações para áreas situadas à jusante. Esta situação ocorre frequentemente quando se busca resolver o problema de inundações em pontos isolados na bacia.

FIGURA 7.6



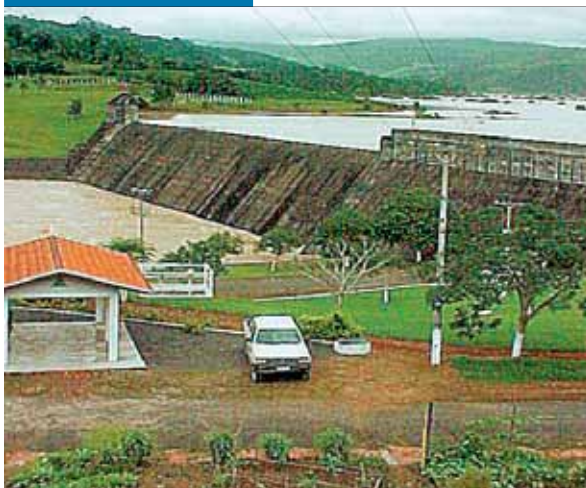
Exemplos de medidas estruturais extensivas e intensivas.

Na bacia do Itajaí, por exemplo, foram implantadas varias medidas estruturais, principalmente barragens de contenção de cheias, as quais servem unicamente para contenção de um volume de água da enchente (figura 7.7). Temos observado que a construção das barragens diminui o risco de inundação a jusante, mas, de fato, não soluciona o problema. Para a população, a construção das barragens gerou uma falsa segurança, principalmente nos municípios a jusante e próximos às barragens. Ela permite

a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que posteriormente podem resultar em danos materiais e humanos significativos. Além disto, esta segurança é transformada em receio quando, as barragens transbordam aparecem boatos de um possível rompimento. Isto ocorreu com grande intensidade na enchente de julho de 1983.

Na bacia do Itajaí a convivência com as enchentes foi considerada desde o final do século XIX, quando se tornou hábito construir casas de alvena-

FIGURA 7.7



Barragem de contenção de cheias na bacia do Itajaí – SC.
Fonte: IPA/FURB

ria com dois pisos, sendo que o primeiro se situava em cota superior a 12m. Este nível garantia a proteção da inundação da edificação para enchentes com período de retorno de cerca de 13 anos. Este é um exemplo simples de medida não estrutural que mostrou eficiência. As medidas não estruturais podem ser agregadas em regulamentação do uso da terra e do solo, construções à prova de enchentes, seguro de enchentes, sistemas de previsão e alerta de inundações e serviços de defesa civil. Outras alternativas apresentadas nos próximos capítulos, como desentupimento de bueiros e programas de educação ambiental, têm também se mostrado bastante efetivas. A combinação dessas medidas permite reduzir os impactos das cheias e melhorar o planejamento da ocupação das áreas inundáveis. Elas podem ser eficazes a custos mais reduzidos e com horizontes de atuação mais longos.

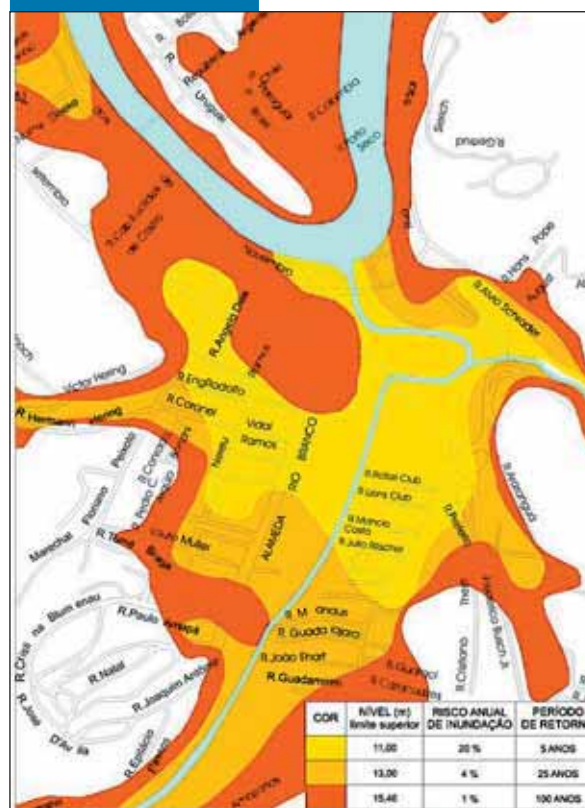
2.2 Mapeamento de áreas inundáveis

O mapeamento de áreas inundáveis é obtido pela elaboração da carta enchente, na qual são representadas as áreas inundadas quando determinado nível de água é atingido na seção fluviométrica de referência. A figura 7.8 apresenta um exemplo da carta de enchente do município de Blumenau elaborada por pesquisadores da Universidade Regional de Blumenau, em 1987. Os mapas podem ser realizados em mais de uma escala, com diferentes níveis de detalhamentos. O estudo para o município de Blume-

Cota de inundação : nível máximo da enchente, ao longo do rio, referenciada a uma estação fluviométrica. Ela corresponde a um plano inclinado com inclinação igual ao da linha de água. É diferente da cota topográfica que corresponde a uma linha plana.

nau, por exemplo, foi realizado nas escalas de 1:2.000 e 1:10.000. As áreas sujeitas à inundação são referenciadas a uma seção de medição de nível (estação fluviométrica). O método adotado para este exemplo foi realizar, após a enchente de agosto de 1984, um levantamento das cotas de inundação das marcas observadas em 879 pontos da cidade de Blumenau. Os pontos escolhidos corresponderam aos cruzamentos de ruas, de maneira a cobrir toda a área sujeita à inundação. No traçado da carta de inundação devem ser considerados os perfis da linha de água. Os perfis da linha da água são definidos pelos níveis máximos observados no curso de água durante a passagem de uma onda de cheia. Em Blumenau foram obtidos a partir de um levantamento realizado ao longo do rio principal.

FIGURA 7.8



Zonas de inundação no município de Blumenau (SCHULT e PINHEIRO, 2003)

Os mapas de áreas inundáveis e as medidas de controle são ferramentas importantes para nortear o processo de gestão, seja em nível federal, estadual ou municipal. Os itens a seguir exemplificam sua aplicação, tanto no direcionamento da tomada de decisão como na orientação das Defesas públicas e civis sobre o controle do fenômeno e na manutenção da saúde do homem e do ambiente em que vive.

2.3 Instrumentos legais e esforços nacionais na contenção de enchentes

As ações de planejamento devem ser traduzidas por meio de instrumentos legais, como os Planos Diretores Municipais. Esses instrumentos devem considerar, pelo menos, a definição dos riscos de ocupação para as faixas de superfície de inundação e da tipologia adequada das construções. O zoneamento é outro instrumento, utilizado pelos municípios para a definição de um conjunto de regras para uso e ocupação das áreas de maior risco de inundação, visando a minimização futura das perdas materiais e humanas face às grandes enchentes. O conhecimento das zonas de inundação, além de auxiliar na ação de planejamento no que diz respeito à definição dos riscos de ocupação para as faixas e a tipologia adequada das construções, também contribui para a atuação dos órgãos de Defesa Civil nos momentos de ocorrência destes eventos.

Em alguns municípios da bacia do Itajaí, por exemplo, as cartas-enchente têm sido utilizadas como subsídio na elaboração do Plano Diretor Físico-Territorial. No Plano Diretor de Rio do Sul, de 1995, foi criada uma área de preservação permanente, “Área Emergencial”, onde ficou proibida qualquer construção e descaracterização da condição natural existente. Em Blumenau, no Plano Diretor, o Código de Parcelamento do Solo define que abaixo do nível de referência de 12,00m é proibido para loteamentos residenciais. No Código de Zoneamento e Uso do Solo ficam proibidos os usos industriais e comerciais abaixo do nível de referência 10,00m, e o uso residencial abaixo do nível 12,00m. Ainda neste código acima da cota 10,00m, os aterros somente serão permitidos desde que, comprovadamente, não interfiram nos fluxos máximos de enchentes no local, atendendo à vazão com período de retorno de 25 anos. O Código de Diretrizes Urbanísticas define como áreas frágeis as baixadas abaixo da cota 10,00m e contíguas aos cursos de água. Estas áreas

poderão comportar usos agrícolas e de lazer, condicionados a existência de projetos específicos. Neste caso, estas áreas baixas serão usadas para retenção natural dos excessos de escoamento, contribuindo para a redução dos volumes escoados a jusante. No mesmo código ainda é criada a ANEA – Áreas Não Edificáveis e Não Aterráveis ao longo dos cursos de água com larguras variáveis conforme a área da bacia hidrográfica que integram e que faz novamente referência à ocupação restritiva abaixo da cota 10,00m.

Não podemos esquecer que toda tomada de decisão relativa às águas de um município deve respeitar a Lei Federal nº 9433 de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecendo uma série de instrumentos necessários à gestão dos recursos hídricos. Entre eles tem-se em primeiro lugar o plano de recursos hídricos, que deve ser realizado em nível da bacia hidrográfica. Eles são indicados como planos diretores que visam fundamentar e orientar o gerenciamento dos recursos hídricos. Os planos de bacia hidrográfica definem orientações de valorização, proteção e gestão equilibrada da água, de âmbito territorial. Em geral, as preocupações estão associadas aos aspectos da quantidade de água para os diversos usos estabelecidos e os requerimentos de qualidade da água associada. No entanto, eles podem e devem estabelecer metas e ações visando reduzir a ocorrência de enchentes e os riscos em áreas inundáveis. As soluções neste caso serão prioritariamente do tipo extensivas, devendo abranger o conjunto da bacia de modo integrado.

Em nível municipal, os planos de uso e ocupação da terra e do solo deverão limitar a urbanização de áreas inundáveis, assim como a excessiva impermeabilização do solo, para evitar o agravamento das inundações. Nas áreas inundáveis, deverão ser definidas tipologias construtivas adequadas para cada nível de risco. Associado ao plano de uso e ocupação, as municipalidades devem desenvolver planos de defesa civil, no qual é estabelecido um conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar ou minimizar os desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social.

O plano de defesa civil estabelece os procedimentos legais e organizacionais para operações no território de abrangência, em resposta a vários tipos de desastres ou em situações de emergência. Ele define responsabilidades conforme as atribuições específicas de cada órgão governamental e organiza-

Para saber mais sobre Plano de Defesa Civil leia “Manual de Planejamento em Defesa Civil” (4 volumes) acessível em <http://www.defesacivil.gov.br>.

ções de suporte para preparação, socorro, assistência, reabilitação e reconstrução. O plano de defesa civil deve contemplar ações em situações de normalidade e anormalidade, garantindo o emprego de procedimentos rápidos e seguros na eminência de desastres ou na sua efetivação.

O plano de defesa civil do município de Blumenau, por exemplo, contém um plano de enchente, dividido em etapas e descrições de atividades, promovendo a sua efetividade e boa compreensão. Ele descreve a organização espacial da cidade com a criação de áreas de defesa civil, abrigos e centro de operações de defesa civil. As atividades que ocorrem nas áreas de defesa civil ficam a cargo do Grupo de Atividades Coordenadas. Faz-se uma descrição dos objetivos das fases de prevenção e preparação, resposta e reconstrução, em relação às enchentes. Em seguida são descritas as atribuições pertinentes aos diversos integrantes do Grupo de Atividades Coordenadas, que tem em sua estrutura órgãos Federais, Estaduais, Municipais, além de representantes de Organizações Não Governamentais. As atribuições são especificadas as diversas fases: prevenção e preparação, resposta e reconstrução. São descritos os abrigos, com sua designação; localização; limites do abrigo; área de abrangência; ruas atingidas até a cota de inundação 16 m, referenciada a estação fluviométrica; responsável pelas instalações do abrigo; coordenação do abrigo; pessoal; logística, que envolve: alimentação, água, alojamento, depósito de móveis e utensílios e combustíveis; segurança; transportes; saúde; sepultamento; comunicações; energia elétrica e prescrições diversas. As entidades e pessoas integrantes do Grupo de Atividades Coordenadas são relacionadas, com os seus respectivos telefones de contato.

2.4 Sistema de previsão e alerta de cheias

Um sistema de previsão e alerta de cheias consiste em alertar e informar a população em caso de elevação dos níveis da água no rio podendo apresentar algum perigo de provocar inundações. Ele se baseia no monitoramento hidrometeorológico e no conhecimento da dinâmica dos processos hidrológi-

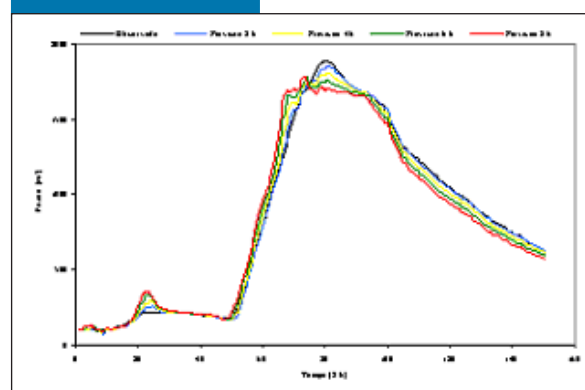
cos, permitindo acompanhar e projetar a evolução das ondas de cheias nas áreas sujeita a inundação (figura 7.9).

O sistema de previsão e alerta permite evitar o fator surpresa, reduzindo prejuízos devidos ao alagamento das vias, aprisionamento de veículos, inundações de bens materiais e equipamentos nas edificações residenciais, comerciais e industriais. O alerta facilita as ações preventivas de isolamento e retirada de pessoas e de bens, das áreas sujeitas à inundação, para os níveis de água futuros previstos pela previsão hidrológica.

O serviço técnico do sistema de previsão e alerta de cheias deve monitorar, em tempo real, os níveis dos rios, nas seções fluviométricas de interesse, realizar a previsão de níveis futuros e informar a defesa civil sobre esta evolução. Com base nas informações, a defesa civil desenvolve uma série de ações, definidas no plano de defesa civil, para situações identificadas como emergenciais. Entre as ações encontra-se a evacuação das populações das áreas de risco, para os níveis de água previstos e a mobilização dos abrigos. A informação gerada pelo alerta de cheias tem sua utilidade aumentada à medida que as populações potencialmente atingidas por inundações estiverem aptas a responder a esta informação. A capacitação e a organização para lidar com enchentes cabem aos órgãos de defesa civil e se materializam através do plano de defesa civil, constituído de ações na fase de prevenção e preparação, a fase de resposta (atenção, alerta e prontidão) e a fase de reconstrução.

O sistema de previsão e alerta de cheia realiza a estimativa de níveis ou vazões futuras para dado instante de tempo. A previsão dos níveis dos rios é realizada com o emprego de ferramentas técnicas, conhecidas como modelos matemáticos de previsão de cheias. Ela é importante para uma gestão e tomadas

FIGURA 7.9



Hidrogramas da enchente de agosto de 1984.

de decisão, adequada e rápida em períodos de crise, como no caso da ocorrência de inundações. Para a previsão de vazão existem os modelos conceituais e os modelos empíricos. Os primeiros são baseados no conhecimento físico da bacia hidrográfica, e os modelos empíricos visam inferir, a partir dos dados observados, relações estruturais entre as variáveis de entrada e de saída. A previsão da vazão para um tempo futuro é realizada a partir das informações disponíveis no tempo presente. Estas informações são os valores de vazões observadas em intervalos de tempo passado, assim como de informações meteorológicas, como a precipitação. Podemos considerar igualmente as precipitações previstas a partir de dados obtidos com radares e/ou satélites meteorológicos. A figura 7.10 apresenta uma estação telemétrica de coleta de dados de chuvas e de níveis usados na previsão de cheias da bacia do Itajaí.

Enfim, ao longo deste capítulo pretendemos enfatizar que para evitar impactos negativos resultantes de enchentes é necessário ter um sólido embasamento teórico-técnico sobre o fenômeno que, por sua vez, deve subsidiar as decisões sobre as medidas de controle. Essa condição deve estar clara para

a população e o esclarecimento deve se dar por meio de diálogo entre atores sociais. Os danos e número de vítimas só serão reduzidos se forem expostas, sem pré-conceitos, as responsabilidades pelo evento e pelo dano de qualquer ordem, seja natural ou humana, seja política ou do cidadão comum.

FIGURAS 7.10



Estação telemétrica para aquisição de dados pluviométricos e fluviométricos. Fonte: IPA/FURB

LEITURAS RECOMENDADAS

TUCCI, C.E.M. 2002 Controle de enchentes. In: Hidrologia Ciência e Aplicação, 3ª ed., Porto Alegre, ABRH-Editora UFRGS, p.621-658.

SCHULT, S. I. M.; PINHEIRO, A. 2003 Ocupação e Controle das áreas urbanas inundáveis In: Enchentes na bacia do Itajaí: 20 anos de experiências. 1.ª ed. Blumenau : Editora da FURB, , v.1, p. 173-190.

CANHOLI, A.P., 2005 Drenagem urbana e controle de enchentes, São Paulo, Oficina de Textos, 302 p.

CAPÍTULO 8

DRENAGEM URBANA

■ Antonio Carlos Zuffo



ITABUNA, 1967, UMA CIDADE INUNDADA.

Fonte: Jornal A Região

CAPÍTULO 8

DRENAGEM URBANA



Os capítulos anteriores descreveram o sistema de drenagem das bacias hidrográficas como um condutor da água pluvial por depressões naturais do terreno. Ressaltaram que essas depressões foram desenvolvidas, ao longo do tempo, pela erosão da água sobre o solo, resultando em dias atuais uma rede hídrica muitas vezes de grande complexidade. Esta descrição cabe para um sistema de drenagem natural. Porém, o homem interfere sobre esse sistema, pelo desmatamento, impermeabilização do solo, formação de canais artificiais e construção de reservatórios, entre outras inúmeras ações.

Nas áreas urbanas, comumente, as ruas são asfaltadas e o passeio público tem calçamento. Quando chove sobre a cidade, a água é conduzida para os cursos de água, porém com uma dinâmica diferente da situação original. Temos, então, o sistema de drenagem artificial. Para entender o sistema de drenagem

artificial temos que imaginar o caminho que a água percorre na cidade. As calçadas são mais altas que a rua, as ruas são mais elevadas no centro, e têm uma declividade transversal para conduzir o escoamento das águas pluviais para as guias e sarjetas, que passam a funcionar como canaletas condutoras de água. Um exemplo desse “sistema condutor” construído pode ser verificado na figura 8.1, retratado dentro da cidade de Campinas (SP). Em suma, quando estamos na cidade precisamos reconhecer a topografia e desenhar esse sistema de drenagem condizente com a dinâmica natural.

Drenagem é o termo dado ao sistema natural ou artificial condutor de água pluvial ou subterrânea para fora de uma determinada área.

FIGURA 8.1

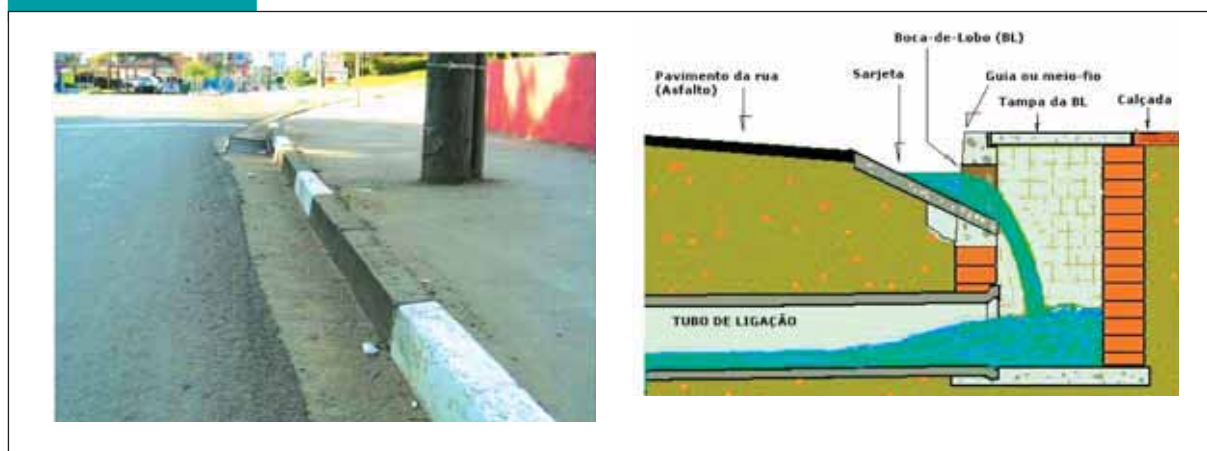


Foto de uma guia e sarjeta na cidade de Campinas, em São Paulo, e um desenho esquemático dessa estrutura construída pelo homem

8.1 – TIPOS DE SISTEMA DE DRENAGEM

Existem dois sistemas distintos de drenagem urbana construídos pelo homem: o de macro e de micro drenagens. Esses dois sistemas têm por objetivo afastar rapidamente as águas das áreas urbanas, para garantir o funcionamento adequado do sistema de transporte urbano e dos serviços essenciais da cidade durante a chuva.

O sistema de micro-drenagem é composto pelas ruas, sarjetas, bocas-de-lobo, poços de visita, e pequenas galerias. Sua função é de deixar as ruas e avenidas em condições de funcionalidade, livres do obstáculo “água”, ou melhor, dos alagamentos. Ele é dimensionado para vazões correspondentes ao período de retorno que varia de 2 a 10 anos (veja definição no capítulo 7). As guias e sarjetas funcionam como canais condutores de água. As sarjetas são encarregadas de conduzir as águas até as bocas-de-lobo que ligam a superfície coletora ao sistema de galerias de águas pluviais. As bocas-de-lobo são aberturas laterais nas guias que coletam as águas pluviais que escoam pela sarjeta, reduzindo a vazão que corre pela superfície da rua (figura 8.2).

FIGURA 8.2



Típica boca-de-lobo combinada com grelha de barras transversais.

O cálculo da redução do volume de água que escoar pelas ruas dependerá de sua classificação: uma rua secundária pode ter todo o seu pavimento coberto pelas enxurradas, enquanto que uma via principal deverá manter, pelo menos uma faixa livre das águas, geralmente no centro do arruamento. As avenidas precisam manter pelo menos uma via livre das águas em cada sentido. Enquanto que uma via expressa só pode comprometer uma única faixa com os alagamentos, mantendo as demais livres das águas.

As bocas-de-lobo jogam as águas da sarjeta para as galerias de águas pluviais por um tubo de ligação, reduzindo a faixa de alagamento das ruas e avenidas. A ligação com a galeria é feita pelo poço de visita (PV) ou caixa de ligação. O PV possui um tampão que dá acesso ao “balão” do PV que funciona como uma conexão de alvenaria. A caixa de ligação é quase igual ao PV, possui somente o “balão”, mas não possui uma passagem com a rua, não podendo ser acessado para inspeção e/ou limpeza.

A capacidade de “engolimento” de água pelas bocas-de-lobo é de extrema relevância, dependendo de muitas variáveis tais como: da declividade transversal e longitudinal da via, da altura da guia em relação a sarjeta, da largura e da inclinação da sarjeta, da existência ou não de rebaixamento na sarjeta, da existência ou não de grades, da direção das barras da grade, do espaçamento entre as barras ou do tamanho das aberturas. De forma geral, podemos dizer que essa capacidade corresponde a uma vazão que pode variar de 5 a 120 litros por segundo (l/s) por 1 metro linear. Esse aspecto é importante, uma vez que muitos municípios, arbitrariamente, adotam o valor

FIGURA 8.3



Boca-de-lobo destruída pelas raízes da árvore.

FIGURA 8.4



(a) Lobo da campanha de 1999 da PMSP.



(b) bocas-de-lobo completamente obstruídas pelo lixo, e argamassa de concreto.

(a) Campanha de conscientização da população para a manutenção da limpeza das bocas-de-lobo e (b) boca-de-lobo completamente obstruída pelo lixo. Fonte: Revista Veja (17/11/1999)

de 100 (l/s) por metro linear de abertura em qualquer situação – sem dúvida, gerando graves problemas. Em condições especiais, podemos adotar valores compreendidos entre 40 a 60 l/s por metro linear de abertura, que estariam mais próximos à realidade de uma situação usual da cidade, porém todo cuidado no dimensionamento é bem-vindo.

A limpeza das bocas-de-lobo é fundamental para manter o funcionamento correto do sistema de micro drenagem urbana. Infelizmente não se tem, no Brasil, a consciência sobre os problemas que podem ser provocados quando se varre folhas e sujeira das calçadas e ruas para dentro delas. Essa sujeira poderá tornar a boca-de-lobo inoperante durante as chuvas, o que acarretará no alagamento das ruas. A figura 8.3 ilustra um caso de não conservação de uma boca-de-lobo. A falta de manutenção possibilitou o crescimento das raízes da árvore dentro dela, destruindo sua abertura e tomando todo o espaço destinado a ligação com a galeria de águas pluviais, reduzindo a capacidade de drenagem da via de acesso.

De forma comum, são realizadas campanhas de conscientização sobre a necessidade de conservar as bocas-de-lobo sempre limpas de forma a evitar alagamentos. São medidas que costumam dar bons resultados no que tange a manutenção e bom funcionamento do sistema de micro-drenagem (figura 8.4).

O sistema de macro-drenagem compreende os fundos de vale, que fazem a drenagem das áreas maiores, aonde chegam os afluxos dos escoamentos das ruas e pequenas galerias. São constituídos, comumente, por cursos d'água naturais que escoam pe-

quenas vazões mesmo em períodos secos, porém são responsáveis pela transferência de grandes vazões durante as chuvas. São constituídos pelos córregos, ribeirões ou rios que cortam as cidades, recolhendo as águas provenientes de todo o sistema de micro-drenagem das bacias urbanas. Por esta razão, o período de retorno indicado para o seu dimensionamento é maior que o utilizado para o dimensionamento da micro-drenagem. O período de retorno para este sistema varia, geralmente, entre 25 e 100 anos. Quanto maiores os volumes a serem transportados por esses cursos receptores de água, maiores deverão ser os períodos de retornos adotados.

É importante repetir que as galerias encaminham as águas pluviais aos canais de macro drenagem, que são os córregos, riachos e rios urbanos. Assim, para não ocorrerem problemas, todo o sistema de drenagem deve trabalhar sem pressão, seja micro ou macro-drenagem, canal natural ou artificial, com as águas escoando livremente, somente pela ação da força da gravidade. A figura 8.5 ilustra dois tipos de canais abertos artificiais de macro-drenagem urbana. Os canais abertos deveriam ser preferíveis aos fechados, porém, no Brasil, as galerias são mais utilizadas para diminuir o odor nefasto das águas desses córregos que também transportam, indevidamente, o esgoto doméstico.

Também no sistema de macro-drenagem os resíduos jogados pela população representam um grande problema. De forma comum, são lançados em tal quantidade que costumam represar as águas, incrementando as grandes enchentes urbanas (figura 8.6). A limpeza e monitoramento do lixo são funda-

FIGURA 8.5



Canais de macro-drenagem, a céu aberto, revestidos em concreto em seções (a) trapezoidal e (b) retangular.

mentais para garantir a máxima eficiência do sistema de drenagem.

O sistema de macro-drenagem urbana muitas vezes impacta com o excesso de água, que provoca erosões de suas margens e de seus leitos. Em função da artificialidade do sistema, os efeitos das enxurradas nas áreas urbanas são maiores que os das zonas rurais, uma vez que os volumes e velocidades de água escoados são geralmente muito maiores. Nas áreas urbanas os solos estão impermeabilizados e não há muita área disponível para a devida infiltração da água no solo (capítulo 4), o que aumenta o volume a ser escoado pelas ruas. As águas que deveriam ser perdidas por infiltração reduziram o volume escoado causando a diminuição das enxurradas. Desta forma, o volume gerado por cada metro quadrado em área

urbana pode ser muito maior que o volume gerado por uma mesma área localizada em uma zona rural, considerando que ambas as áreas estiveram sujeitas a uma precipitação de mesma magnitude.

De forma errônea, para resolver esse problema os municípios costumam atacar as consequências e não as causas que desencadeiam danos. Assim, para reduzir a erosão das margens dos cursos de água, ao invés de reduzir a impermeabilização na cidade, eles canalizam e revestem os canais, geralmente com a utilização de pedras, alvenarias, blocos ou concreto e “enterram” o curso d’água. O revestimento dos canais também propicia o aumento do escoamento, ou melhor, um canal revestido consegue dar vazão a um volume muito maior que um canal, de mesmas dimensões, não revestido. O revestimento diminui o

FIGURA 8.6



Lixo acumulado às margens de curso d’água
Fonte: www.terragaucha.com

Lixo acumulado às margens de curso d’água.

FIGURA 8.7



Seção de um córrego (a) sem e (b) com revestimento das margens. Aquele que foi revestido teve sua seção transversal alterada para propiciar uma maior capacidade de escoamento.

atrito do escoamento e a velocidade do fluxo de água aumenta (figura 8.7). É necessário atentar que o fato de não solucionar as causas da enxurrada pode induzir danos a própria medida mitigadora. Assim, a figura 8.8 ilustra que o efeito das enxurradas pode ser visto sobre as paredes revestidas em concreto, com ocorrência de erosão nas margens que ficaram expostas.

Em suma, é necessário estar atento que as velocidades altas do escoamento constituem um grande problema para o sistema de drenagem urbana: por um lado propiciam o aumento da eficiência de drenagem, mas por outro lado, podem propiciar danos às paredes e leitos dos cursos d'água, que estão sujeitos aos efeitos de erosão e abrasão das enxurradas.

A abrasão refere-se ao efeito de partículas de areia, pedras e outros materiais transportados pelas forças das águas e que colidem com o leito e as paredes do canal, causando o desgaste do material do revestimento. Quanto maiores forem as velocidades das águas, maiores serão as quantidades e dimensões dessas partículas carregadas pelas águas e maiores os problemas de abrasão nas paredes. Um problema sério também relacionado a velocidade das águas das enxurradas diz respeito a pessoas e animais que, caindo nessas águas, ficam sujeitos a ação da turbulência e do material suspenso, com pouquíssima chance de sobrevivência.

As canalizações feitas pelo homem podem ser abertas ou fechadas. As canalizações a céu aberto são chamadas de canais, e as fechadas de galerias. Assim, os canais e galerias constituem o sistema de macro drenagem urbana e são responsáveis pelo escoamento de um volume muito grande de água, pois recebem os ramais da micro-drenagem. No Brasil é comum a utilização de galerias fechadas ao invés de canais abertos, geralmente com a justificativa de melhorar o aspecto visual da cidade. A figura 8.9 ilustra uma obra de transformação de canal a céu aberto para galeria fechada.

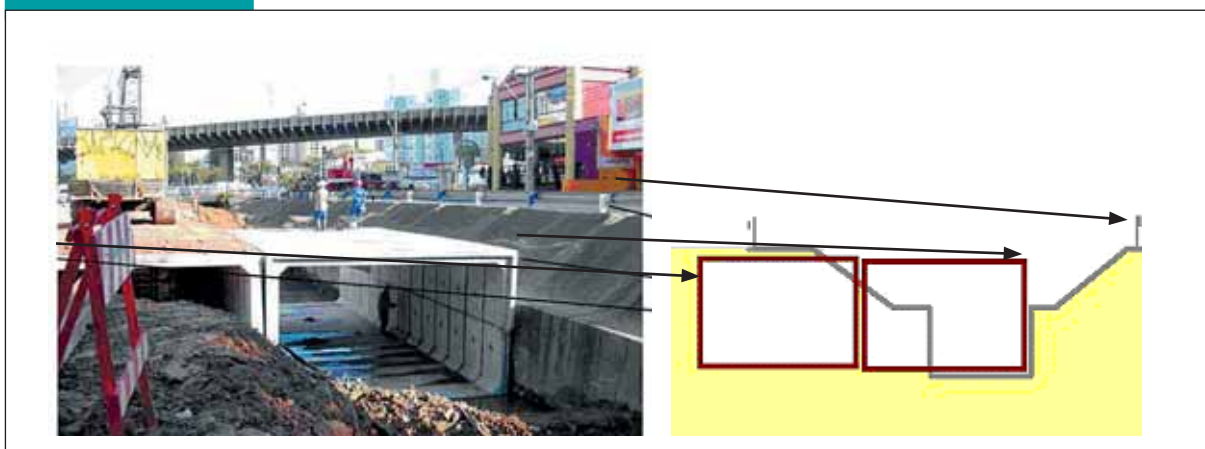
Ao longo da história, os córregos urbanos brasileiros foram sendo transformados em coletores de esgoto e de lixo a céu aberto. Os rios "não levam em-

FIGURA 8.8



Seção trapezoidal com revestimento em concreto destruído, devido à erosão em margens expostas e erodidas.

FIGURA 8.9



Obra substituindo uma seção mestra retangular-trapezoidal para uma seção celular retangular dupla

bora as sujeiras”, apenas as transportam até que elas se enrosquem em algum lugar nas margens dos rios, acumulando toda sorte de resíduo, dificultando o escoamento das águas, atraindo roedores que podem transmitir doenças, criando mau cheiro e degradando o ambiente (figura 8.10). Quando as águas estão dentro de galerias os resíduos ficam ocultos, mas permanece o problema ao longo das tubulações.

A capacidade de escoamento das galerias é reduzida entre 20 a 30% quando as águas tocam no seu teto, também chamado de geratriz superior. Essa redução é causada devido ao aumento da área de contato da água com as paredes, no caso, com o teto, pois esse freia o escoamento, reduzindo a capacidade de vazão da galeria. A redução é brusca e o escoamento passa a ocorrer sob pressão. Nessas cir-

Geratriz superior é a laje da galeria (o teto), que delimita a altura máxima que a água pode atingir dentro da galeria.

cunstâncias, o nível da água da galeria passa a subir e alimentar as bocas-de-lobo, ou seja, ao invés da água entrar na galeria pelas bocas-de-lobo ela é devolvida para as ruas. O alívio de pressão é dado pela saída da água pelas bocas-de-lobo e tampões dos poços de visita, aumentando a vazão da via ao invés de drená-las. Quando isso ocorre, o sistema existente não é suficiente para a boa drenagem da área, muito pelo contrário, ele está contribuindo para o alagamento da região (figura 8.11). A pressão também propicia o

FIGURA 8.10



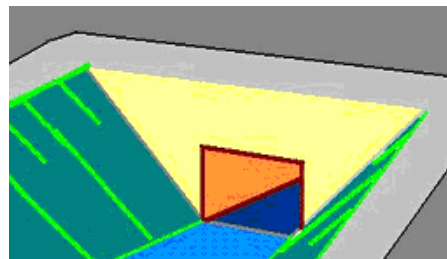
Ribeirão urbano com carga de esgoto doméstico e lixo.

FIGURA 8.11



Rua alagada após a ocorrência de uma chuva. No canto inferior direito, observa-se que a boca de lobo “fornece” água à rua (água “brotando” por turbilhão) ao invés de drená-la.

FIGURA 8.12



Seção trapezoidal em canal aberto para a seção celular quadrada, com redução de área de escoamento e possibilitando o extravazamento de água para as ruas adjacentes.

vazamento da água da galeria através das juntas das células formadoras, o que provocará a erosão do solo que, por sua vez, pode criar buracos junto à estrutura da galeria e na via pública. Em suma, as galerias de águas pluviais não devem trabalhar em carga (sob pressão).

Nos canais a céu aberto não ocorre essa redução, somente quando o escoamento encontra uma estrutura que restringe o fluxo, que pode ser uma ponte ou um bueiro com uma seção inferior ao do canal de chegada. Essas estruturas são chamadas de pontos singulares, responsáveis pelo estrangulamento da seção de escoamento, podendo causar o transbordamento das águas para as margens e provocando o alagamento das ruas, avenidas ou quadras próximas, conforme ilustra a figura 8.12.

Um sistema de micro drenagem deficiente causará o alagamento das ruas, reduzindo o fluxo de veículos e causando o espirro d'água sobre o passeio público, atormentando os pedestres.

Um sistema de macro-drenagem deficiente pode provocar a interrupção do tráfego de veículos, causar grandes congestionamentos, arrastar carros, provocar inundações e gerar a necessidade de deslocar a população atingida. Após a descida das águas sobram os resíduos e a lama, com conseqüente perigo à saúde devido a doenças de veiculação hídrica e animal, como a leptospirose (transmitida por ratos) ou picadas de cobras, escorpiões e aranhas, entre outros (figuras 8.13).

FIGURA 8.13



Situação indesejada devido ao alagamento da via pública.
Fonte: Jornal A Região

8.2 – PRINCIPAIS FATORES QUE INTERVÊM NO PROCESSO DE DRENAGEM URBANA

Os fatores que afetam a drenagem urbana podem ser climáticos ou físicos. Os fatores climáticos podem ser estabelecidos pelo macroclima, que por sua vez é definido pela circulação atmosférica, altitude, latitude e longitude. Também podem ser definidos pela alteração do microclima, cuja mudança é precedida por alterações localizadas como derrubada de florestas, represamentos de água, aumento da poluição atmosférica local (industrialização), grandes movimentações de terra ou grandes alterações em áreas em virtude dos tipos de uso e ocupação da terra.

É reconhecido que as áreas impermeabilizadas com concreto ou asfalto tendem a absorver maiores quantidades de energia solar o que provoca o aquecimento das áreas urbanas. As áreas rurais, com maiores áreas verdes têm temperaturas bem mais amenas que as das cidades próximas. Essas temperaturas tendem a ser maiores com o aumento da urbanização. Este efeito de diferenças de temperatura entre as cidades e o campo é responsável pelo aumento das precipitações convectivas em grandes áreas urbanas. Um estudo realizado na Unicamp sobre as precipitações na Região Metropolitana de Campinas, São Paulo, mostrou uma estreita relação entre crescimento da área urbana e aumento das alturas precipitadas máximas diárias anuais. Essa região teve uma das maiores taxas de crescimento do Brasil nos últimos 60 anos, com um crescimento médio de 3,36% ao ano.

A figura 8.14 ilustra a evolução populacional da cidade de Campinas-SP de 1941 a 2003, juntamente com as precipitações máximas diárias anuais. Observamos que as precipitações máximas diárias observadas com valores acima de 100 mm são muito mais frequentes nos últimos 20 anos que no início do período de observação em 1941. A reta representa o comportamento ascensional das precipitações, que é ainda mais pronunciado se fossem considerados apenas os períodos da série a partir da década de 1970, quando esse aumento foi mais expressivo. Esses fatos também estão relacionados a ação humana nas cidades vizinhas à Campinas. Nas proximidades, ao leste e ao sul, existe o Sistema Cantareira (SP), que foi construído na década de 70, formado por três grandes reservatórios.

Na região dos lagos formadores desse sistema, próximo a região metropolitana de Campinas, a temperatura é mais amena devido a topografia mais acidentada, altitude mais elevada e, com a presença

desses corpos d'água, a temperatura tende a diminuir ainda mais devido ao aumento da área inundada, o que diminui a absorção de energia solar. Porém, a umidade do ar da região apresentou maiores valores. Desta forma, quando há muita absorção de energia pela Região Metropolitana densamente urbanizada de Campinas, e conseqüentemente, um aumento da atividade convectiva, a massa de ar que vem ocupar o local deixado pela massa de ar quente justamente é aquela mais úmida e mais densa da região dos lagos do Sistema Cantareira, que também é favorecida pela ação dos ventos de leste. Esta é a explicação para o aumento das magnitudes das chuvas convectivas na RMC e para a tendência de crescimento mais acentuada das precipitações diárias a partir da década de 70 em relação à tendência do período total observado (figura 8.14).

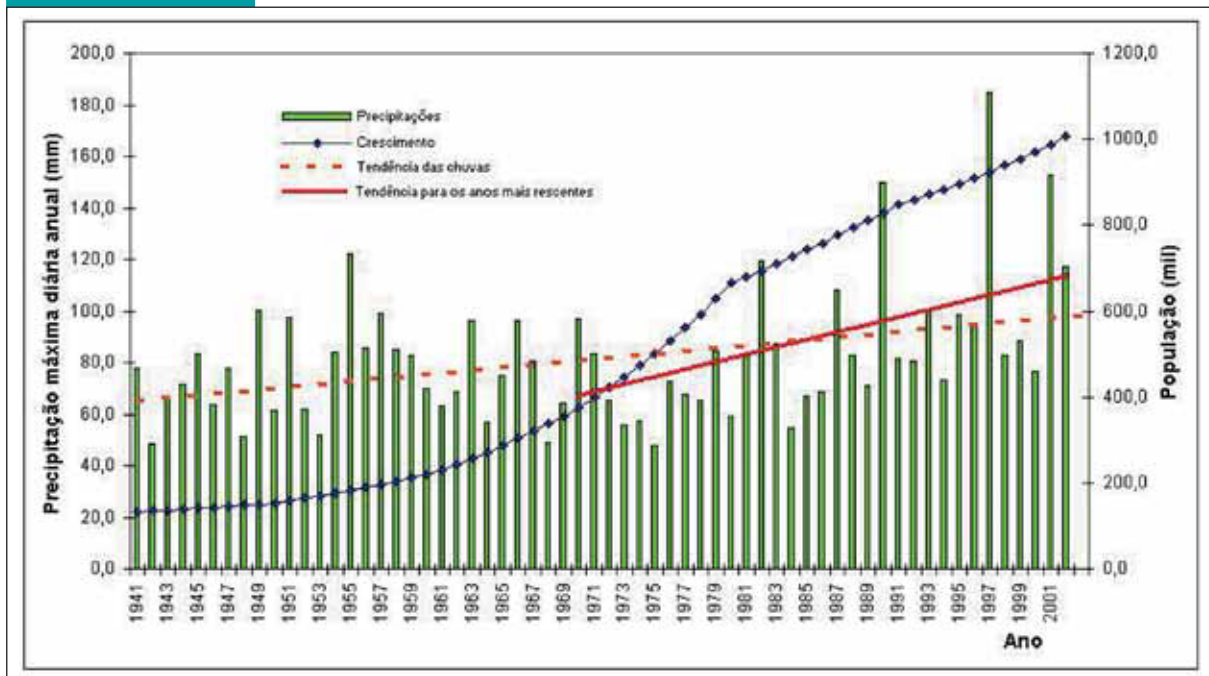
As áreas verdes nas cidades têm o efeito de amenizar o calor ao mesmo tempo em que aumentam a possibilidade de infiltração das águas das chuvas, diminuindo as vazões. Em muitos centros urbanos brasileiros a redução da área verde em detrimento a outros interesses, como construções de condomínios ou terminais de ônibus, contribui para o aumento da temperatura, pois aumentaram as áreas impermeáveis, além de diminuir o valor visual e os espaços de lazer da população.

No capítulo anterior foram descritos diversos fatores físicos em bacias hidrográficas que tem uma relação estreita com as enchentes. Eles referem-se, diretamente ou indiretamente, aos sistemas urbanos. De maneira específica, podemos considerar que as enchentes urbanas estão bastante relacionadas às características da geologia, da topografia e da morfologia da bacia hidrográfica.

A geologia determina o tipo de solo predominante que, por sua vez, tem características que determinam sua permeabilidade. Como já apresentado no capítulo 4, é esperado, por exemplo, que em bacias hidrográficas com predominância de solos arenosos a frequência das enchentes seja

Maiores detalhes em Zuffo, A. C. (2004) – “Equações de chuvas são eternas?” In: XXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica, Anais, São Pedro, São Paulo, Brasil.

FIGURA 8.14



Crescimento populacional e das precipitações máximas diárias anuais para a cidade de Campinas-SP, para o período de 1941 a 2003, posto DAEE-SP D4-044.

menor que nas bacias com solos predominantemente argilosos. Essa característica perde a importância à medida que a bacia vai sendo impermeabilizada pela urbanização. A topografia de uma bacia define a velocidade de escoamento das águas sobre a superfície. Bacias planas geralmente têm escoamentos com velocidades mais baixas que as bacias mais íngremes, o que diminui a ocorrência de grandes picos de enchentes, devido o tempo de concentração ser maior em relação àquelas mais declivosas. Por outro lado, áreas muito planas estão mais sujeitas a alagamentos que as áreas de maiores declividades. As bacias hidrográficas com declividades mais acentuadas possuem uma maior frequência das cheias. Isso é devido ao fato de a impermeabilização contínua provocada pelo crescimento urbano propiciar o crescimento dos volumes de escoamento das águas provenientes das chuvas, que produzem velocidades de fluxos cada vez mais rápidos, picos de vazão mais pronunciados e, conseqüentemente diminuindo os tempos de concentração. Por outro lado, as áreas sujeitas a alagamentos são menores em extensão apesar da força das águas ser mais destruidora nas bacias mais íngremes do que nas bacias mais planas.

A forma da bacia hidrográfica também tem influência na formação das enchentes urbanas. Uma bacia mais alongada é menos propensa a

enchentes que uma bacia de mesma área, porém mais arredondada. Uma forma mais arredondada significa que os pontos mais afastados da seção de saída da bacia estão localizados a uma mesma distância média, ou melhor, as águas provenientes das áreas mais distantes da bacia atingem a exutória aproximadamente no mesmo tempo. Isso faz com que o tempo necessário para que toda a bacia esteja contribuindo em escoamento superficial provocado por uma precipitação seja menor que aquela ocorrente em uma bacia de mesma área, porém, mais alongada. Desta forma, a chuva que provoca as cheias nessas bacias mais arredondadas tem uma intensidade média maior que aquela mais alongada, desde que esteja na mesma região hidrográfica. Neste aspecto devemos também considerar o fator da direção do caminhamento das nuvens de chuvas convectivas que possuem uma área de cobertura que varia em torno de um valor médio de cerca de 25 Km² quadrados. Lembrando que as bacias urbanas que sofrem com as enchentes em geral possuem áreas inferiores a 20 Km².

Em uma bacia mais arredondada de qualquer direção que venha a nuvem é muito provável que esta cubra toda a bacia. Já em uma bacia alongada a vazão de cheia somente ocorrerá quando a direção da chuva for no sentido do escoamento superficial. Qualquer outra direção da chuva pode

ser que não atinja toda a bacia, mas sim apenas parte desta. Assim sendo, bacias mais alongadas têm menor propensão às enchentes que as bacias mais arredondadas, do ponto de vista qualitativo, uma vez que são vários os fatores que agem concomitantemente sobre a formação das enchentes.

O tempo de concentração ou tempo de resposta é o tempo contado a partir do início da chuva, do momento em que a gota d'água cai no ponto mais distante da bacia hidrográfica até ela atingir a seção do curso de água que está sendo considerada, ou seja, a exutória ou a saída da bacia.

8.3 – O QUE AGRAVA AS ENCHENTES URBANAS E COMO MEDÍ-LAS?

Não se consegue representar todas as variáveis naturais que agem simultaneamente em uma chuva ou em uma vazão de um rio, não sabemos equacioná-los exatamente, mas podemos representá-los simplificando a compreensão dos fenômenos, tomando os valores médios, fazemos estimativas com prováveis situações. Como descrito no capítulo 7, o tempo de resposta, a vazão máxima, a altura da precipitação e a estrutura temporal são os principais aspectos que devem ser observados para equacionar um sistema de drenagem eficiente. Conseguimos estimar ou determinar esses indicadores, mas não prever como e quando ocorrerão exatamente. Serão apenas estimativas prováveis ou possíveis de ocorrerem. Daí a existência de vários casos de obras que não foram suficientemente projetadas para suportar um determinado evento ou foram destruídas por eventos maiores que aqueles estimados ou previstos no seu dimensionamento hidráulico. Quando a mídia destaca que muitas obras não suportaram ou foram destruídas pelas águas, é provável que elas tiveram problemas com erros de projeto ou erros construtivos. Os erros de projeto são de natureza humana, podem ocorrer por falta de dados hidrológicos, concepções equivocadas do problema, erros de cálculos e/ou de dimensionamentos. Os erros construtivos são de origem física tais como a utilização de materiais inadequados ou técnicas construtivas deficientes, entre outros.

Na realidade, uma obra não é projetada para suportar o pior dos eventos porque ela seria muito cara. O custo costuma ser a característica limitante da tomada de decisão. De forma geral, os recursos são muito limitados e escassos, razão pela qual cos-

tuma-se assumir algum tipo de risco de falha para a estrutura. Assumimos, desta forma, a frequência do evento de acordo com o custo e com a importância da obra a ser construída. Quanto mais cara e maiores os danos potenciais, que podem ser danos humanos, causados por uma possível ruptura ou falha, menores os riscos que poderemos assumir, daí uma menor frequência a ser assumida.

A medida da frequência de um evento hidrológico não é imediata. Ela é de difícil compreensão e o caminho mais simples adotado é pela estimativa do tempo de recorrência, representado pelo inverso da probabilidade de ocorrência de um determinado evento. Como não se conhece a probabilidade teórica de ocorrência desses eventos com precisão, então, em geral, assume-se que a probabilidade possa ser estimada a partir da frequência observada desse evento. Assume-se que a probabilidade de ocorrência é aproximadamente igual à frequência de ocorrência desse evento, ou seja $P \cong F$ quando o número de observações é muito grande, a estimativa da probabilidade pela frequência pode ser bastante próxima, porém, quando o tempo de observação é pequeno, pode haver grande diferença entre eles. Desta forma, uma avaliação do tempo de retorno, ao invés de informar o número de vezes em que ocorrerão eventos iguais ou superiores a um determinado valor em “n” anos, informará o intervalo médio em anos em que um evento de magnitude igual ou superior pode ser esperado. De maneira simplificada, divide-se o intervalo de tempo considerado pelo número de vezes em que ocorreram os eventos de magnitude igual ou superior àquele considerado, ou outro evento qualquer. Para se determinar a frequência de ocorrência de

um evento extremo podemos somente considerar um único evento por ano, somente o máximo deles. É comum que em determinado ano ocorram vários eventos de cheias que foram superiores às cheias máximas de outros anos, porém, não o foram em seu próprio ano de observação, razão pela qual não poderão ser considerados como eventos extremos.

Após a identificação do período de retorno procuramos estimar as vazões de projeto para uma determinada obra. Cada estimativa carrega consigo um erro ou uma incerteza. Existem diferentes metodologias para se determinar as vazões de projetos. Quando se dispõe de dados de vazões observadas, cuja série histórica seja de bom tamanho (superiores a 30 anos) é possível a utilização de métodos estatísticos. Porém, esses dados são mais comuns em grandes rios, e quase que inexistentes em pequenos cursos de água, tais como os córregos e ribeirões urbanos. Desta forma, quando não se dispõe de dados de vazão, mas existem os dados de precipitação, é muito comum a utilização de métodos determinísticos.

Os métodos determinísticos, como a própria palavra sugere, determinam as vazões de projeto a partir dos dados de chuvas - observadas e/ou estimadas - e das características fluviomorfológicas da bacia hidrográfica. Assumem que as frequências das vazões sejam iguais às das chuvas que as provocaram, o que não é verdade. No entanto, costumamos assumir como valores próximos da realidade somente para bacias urbanizadas, e quanto mais urbanizada maior será a aproximação. Em bacias rurais, com pouca impermeabilização, não se pode assumir tal relação, pois as condições anteriores de umidade do solo têm bastante influência na geração das vazões. Essa condição não ocorre nas bacias urbanas pois o solo está coberto pelo asfal-

Frequência de um evento é o número de vezes que um evento qualquer de uma determinada magnitude é igualado ou superado em um certo intervalo de tempo considerado pelo analista. Tempo de recorrência, por sua vez, representa o intervalo de tempo médio em que um evento, de uma determinada magnitude, é igualado ou superado.

$$(T_R = 1/p)$$

Tr-Tempo de recorrência

P- Probabilidade de ocorrência de um determinado evento

to e o concreto, ou melhor, sempre em “condições ótimas” para gerar as vazões máximas – aquelas indutoras de enchentes.

O agravamento das enchentes urbanas ou o aumento da frequência de suas ocorrências está relacionado a vários fatores de ordem humana, como mudanças na ocupação das bacias, mudanças nos sistemas naturais de drenagem e mudanças no microclima.

Uma prática muito comum nas cidades brasileiras é a retificação de córregos e ribeirões segundo o conceito higienista de drenagem. A retificação é a diminuição do percurso natural desses córregos que, em planícies fluviais são meandrados, ou seja, possuem curvas. A retificação torna o percurso do rio mais curto, menos tortuoso, cortando os meandros e diminuindo as áreas originalmente alagadas (figura 8.15)

O pensamento higienista iniciou-se no final do século XVIII e ainda encontra lugar nas práticas atuais em projetos de drenagem urbana. Segundo seus princípios, a água “parada” está relacionada às doenças, a criadouros de mosquitos e a presença de parasitas. Então, todo o corpo d’água com água circulando em muito baixa velocidade deveria ser afastado das cidades. Assim, nessa lógica, muitos cursos de água foram rapidamente drenados e secos, muitas lagoas e mangues foram drenados e aterrados. Os rios urbanos que atravessavam as cidades, rapidamente foram retificados para aumentar a velocidade de escoamentos das águas, levando as águas para longe das cidades, diminuindo as distâncias até a exutória (saídas) das bacias, e suas várzeas naturais foram aterradas e ocupadas. Como exemplo dessa prática podemos citar a retificação dos rios Tietê e Pinheiros, em São Paulo.

No princípio, as soluções de construção da infra-estrutura hidráulica urbana brasileira criadas sob essa lógica foram eficazes, no que dizia respeito ao controle das enchentes urbanas e melhoria das condições sanitárias da população. Porém, um

Em um período de 99 anos de observação, com 99 eventos máximos anuais de precipitação ou vazão, como seriam determinadas as frequências desses eventos?

Ordenando decrescentemente esses eventos é possível definir suas frequências. As frequências observadas são chamadas de frequências empíricas, pois estão baseadas apenas em eventos observados em um determinado período.

grande problema foi sendo criado ao longo desses anos com o crescimento das áreas urbanas, principalmente nas grandes cidades e nas regiões metropolitanas. As obras que afastam rapidamente as águas para fora das cidades também diminuem o tempo de concentração das áreas contribuintes. A diminuição desse tempo de concentração é um dos responsáveis pelas crescentes e freqüentes enchentes que atingem essas regiões.

A falta da percepção sobre os efeitos das ações humanas ao longo do tempo em um recurso natural (capítulo 2), neste caso, resultou no agravamento das cheias urbanas e na observação tardia de que os impactos eram transferidos para áreas mais abaixo (jusante) da bacia hidrográfica e área urbana, quase sempre ampliando a probabilidade de ocorrência de inundações na área rural. Além disso, a falta de uma política habitacional basea-

da em princípios ambientais e de equidade social empurra a população mais carente para as áreas sujeitas as inundações, ampliando o problema ambiental e sacrificando a comunidade desassistida, seja urbana, seja rural.

Hoje, a ocupação adensada e sem controle ambiental é um dos mais importantes fatores responsáveis pelas cheias urbanas. Sem um planejamento da ocupação e uso da terra não é possível prever e garantir a existência de áreas adequadas para o manejo e controle dessas cheias (capítulo 3 e 10). Assim, por exemplo, quando obras de contenção das águas em um município são solicitadas pela população local, sua solução será muito mais cara, devido à necessidade de desapropriações de áreas já ocupadas e remoção de um número muito grande de famílias.

FIGURA 8.15



Curso d'água retificado, o canal retificado segue o talvegue do curso original, mas não os meandros
fonte: GoogleEarth (2006) modificado.

8.4 – AS TENDÊNCIAS ATUAIS NO TRATAMENTO DE ENCHENTES URBANAS

Na Europa e na América do Norte, a partir de 1970, começou uma nova abordagem com relação às soluções adotadas para diminuir as enchentes urbanas. Esse novo conceito trouxe à tona a necessidade de reduzir o escoamento superficial e de retardar o tempo de percurso dessas águas pluviais e não mais de acelerá-las. Trata-se de soluções simples, de pequeno porte e de grande abrangência. São chamadas de soluções alternativas ou compensatórias, que favorecem a infiltração da água no solo. Diversamente do pensamento higienista, sob o ponto de vista ambiental, a tendência é a de adotar não uma, mas um conjunto de medidas que tentam reduzir o volume do escoamento superficial. Essas medidas procuram reter a água no terreno, facilitando o processo de infiltração da água no solo ou ao longo do trajeto do escoamento dessas águas. Quais as medidas e quais as obras serão necessárias são decisões locais, em função das características regionais. Podemos, por exemplo, decidir sobre reservatórios de retenção ou bacias de amortecimento. As decisões podem ser feitas em diferentes escalas, dependendo da gravidade e dimensão do problema exposto. Em cidades maiores estão sendo construídos atualmente os “piscinões”, que retêm volumes maiores de água (figura 8.16).

Outra solução é quanto ao tipo de pavimentação a ser adotado na cidade. Pavimentos permeáveis permitem a infiltração da água no solo, mas têm uma eficiência muito pequena quando são implementados de forma pontual. Devemos, portanto, estimular a população e governos a multiplicar essa ação pelas bacias hidrográficas que compõem a unidade de gestão. A somatória, sem dúvida, pode ser responsável por uma redução significativa do escoamento superficial e contribuir efetivamente com a redução das vazões de enchentes. Essas soluções que visam, basicamente, o favorecimento da infiltração da água no solo são chamadas de compensatórias porque procuram compensar o efeito da impermeabilização pela urbanização. A figura 8.17 ilustra algumas dessas soluções que favorecem a infiltração da água de chuva em pavimentos com pouco tráfego de veículos.

Vários municípios do Brasil já adotam em sua legislação a obrigatoriedade de alguma compensação para a ocupação do espaço. Por exemplo, é comum em cidades da região Sul do Brasil a exi-

gência de que a ocupação de uma área não pode aumentar a vazão de pico produzida pela mesma área antes de sua ocupação. Em outras palavras, caso ocorra impermeabilização o acréscimo de vazão na área deverá ser amortecido. A solução dada pela maioria das cidades é construir pequenos reservatórios que têm a função de acumular o volume em excesso e liberá-lo ao longo de um tempo maior que aquele que levaria em condições naturais sem retenção, que pode ser durante ou após o término da precipitação.

Pavimentos permeáveis utilizados em estacionamentos permitem melhor conforto térmico e aumentam a infiltração das águas de chuvas no solo

Não se pode esquecer, no entanto, que essa alternativa muitas vezes desconsidera seu efeito sobre os elementos naturais, seja flora ou fauna, que ocorre dentro do curso de água ou no seu entorno.

A Prefeitura Municipal da cidade de São Paulo sancionou, em janeiro de 2002, a “Lei das Piscininhas”. Essa Lei obriga a construção de um

FIGURA 8.16



Piscinão Santo André - SP
Fonte: Modificado de Google/maps

FIGURA 8.17



Pavimentos permeáveis utilizados em estacionamentos permitem melhor conforto térmico e aumentam a infiltração das águas de chuvas no solo.

Pavimentos permeáveis utilizados em estacionamentos permitem melhor conforto térmico e aumentam a infiltração das águas de chuvas no solo

reservatório para as águas pluviais para as novas edificações que tem tripla função: aumentar a área permeável do solo; diminuir o risco a enchentes e; reservar água para usos não-potáveis. Este tipo de solução não tem efeito em curto prazo, mas passa a ser efetivo a médio e longo prazos, quando o número de reservatórios crescer e, a partir daí, reter um grande volume de água. Porém, há a possibilidade deles serem foco de criação de larvas e risco de aumentar a incidência de doenças transmitidas por insetos, caso esses reservatórios não tenham limpeza e manutenção adequadas.

Uma das medidas compensatórias para a redução das áreas verdes urbanas é a construção de telhados verdes, conforme ilustra a figura 8.20. Acredita-se que a adoção desta solução junto com a das “piscininhas” ajudariam a reduzir o escoamento superficial, além de contribuir para amenizar a temperatura das cidades.

O Brasil por ser um país de clima tropical e com grande extensão territorial deveria adotar um outro modelo de ocupação urbana. Um modelo que privilegiasse maior respeito as condições naturais dos cursos de água, manutenção das áreas alagadas naturais, dos meandros dos rios, maiores espaços verdes entre os edifícios e ações de engenharia urbana preocupadas com a manutenção dos ciclos naturais. É a integração lógica das ações e não alternativas desconectadas que poderiam propiciar menos problemas com as enchentes urbanas.

LEITURAS RECOMENDADAS

Baptista, M, Nascimento, N. e Barraud, S. 2005 - Técnicas Compensatórias em drenagem urbana. Porto Alegre, ABRH, 266 p.

CETESB 1986 - Drenagem urbana: manual e projeto. São Paulo, ASCETESB, 464 p.

UNESCO 1998- International workshop on non-structural flood control In urban areas. Anais.São Paulo, Brazil. 396 p.

CAPÍTULO 9

DESERTIFICAÇÃO E ARENIZAÇÃO

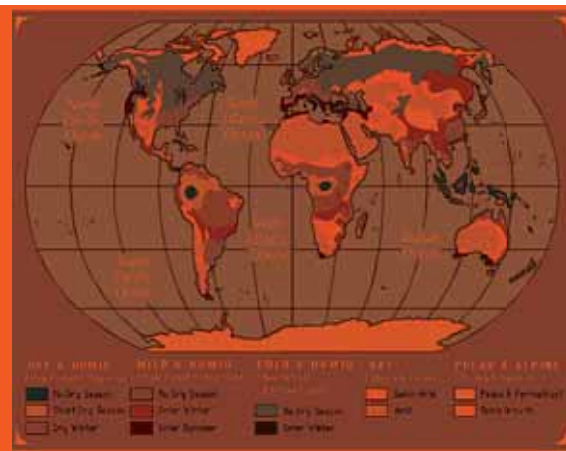
■ José Roberto de Lima,
Dirce Maria Antunes Suertegaray & Marcos Oliveira Santana



ZONAS COM CLIMAS ÁRIDO, SEMI-ÁRIDO E SUBÚMIDO SECO SÃO SUSCETÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO E À SECA DE ACORDO COM A CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO (UNCCD, 1999)

CAPÍTULO 9

DESERTIFICAÇÃO E ARENIZAÇÃO



Mais da metade da área terrestre do mundo é definida como terras secas e desertos. São, realmente, ecossistemas onde a seca é o desastre natural predominante. Embora a taxa de mortalidade seja um critério associado a esse desastre natural, existem outras consequências menos visíveis como a erosão, a perda da produtividade dos meios de vida da população rural, a exploração excessiva das reservas hídricas superficiais e subterrâneas e a perda da biodiversidade, as quais podem aumentar a vulnerabilidade da população às secas subsequentes.

Em casos de vulnerabilidade a secas, o contexto social e econômico torna-se muito importante, principalmente nas áreas suscetíveis à desertificação, onde se tem um ciclo vicioso de degradação dos recursos naturais e empobrecimento da população associado com períodos de secas. Esse ciclo vicioso se autoperpetua por meio da expansão da área agrícola e pastagens; degradação física, química e biológica dos solos; nível educacional; falta de investimentos em tecnologias adaptadas à aridez; fatores políticos e institucionais. Mesmo em épocas de chuvas abundantes, principalmente, nas áreas suscetíveis à desertificação a situação nem sempre é minimizada, pois as chuvas são concentradas, ou seja, as condições socioeconômicas da população são vulneráveis tanto em épocas de secas como em épocas de chuvas.

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação – UNCCD, ratificada por 191 países, é o instrumento legal que trata exclusivamente do problema da degradação da terra ou desertificação em áreas rurais localizadas nas terras secas - zonas com climas árido, semi-árido e subúmido seco - as quais cobrem cerca de 5,1 bilhões de hectares. Nessas áreas vivem cerca de 2,3 bilhões de pessoas, das quais 1 bilhão vivem nas áreas rurais e são pobres (DOBIE, 2001). O Brasil é signatário dessa Convenção desde 1994 e a seca é um dos desastres naturais que ocorre nas áreas afetadas pela

desertificação, correspondendo a uma característica do clima regional.

A relação entre a desertificação e a seca, por um lado, e a influência humana, de outro, ainda não foi completamente explicada. Secas ocasionais, devido à sazonalidade ou às variações interanuais das chuvas, e secas severas de longos períodos podem ser causadas ou agravadas pela influência humana sobre o meio ambiente (redução da cobertura vegetal, mudança do efeito de albedo, mudanças climáticas locais, efeito estufa etc.).

Alguns países que ratificaram a Convenção, como a China, separam as áreas suscetíveis à desertificação daquelas suscetíveis à arenização, esta última caracterizada pela expansão de dunas, para a qual fatores antropogênicos como pastoreio e cultivos agrícolas excessivos contribuem para sua extensão. Assim técnicas de controle e estabilização de dunas são importantes para conter esse processo.

No Brasil, as áreas suscetíveis à desertificação compreendem a maior parte dos nove estados do Nordeste, onde predominam climas semi-árido e subúmido seco, e uma pequena parte do Norte de Minas Gerais e Espírito Santo. Já os processos de arenização compreendem áreas da bacia do Paraná e estão localizados, em grande parte, na região Sul do Brasil, estando associados a uma predisposição pedológica caracterizada pela presença de solos arenosos. No Brasil, a arenização associa-se a regiões de clima úmido, embora estiagens sejam comuns, particularmente nos meses entre novembro e março. A elevada precipitação, em particular aquela concentrada em chuvas torrenciais, favorece os processos de escoamento, potencializando a formação de ravinas e voçorocas, feições resultantes do escoamento concentrado. O grande desafio para entender e reduzir a vulnerabilidade socioambiental dessas áreas é a adoção de medidas de longo prazo para reduzir e mitigar os efeitos da seca, bem como reduzir o avanço da degradação

dos recursos naturais. Essas medidas estruturantes e não estruturantes envolvem o acesso à água e à eletricidade; técnicas de manejo e uso adequado do solo; tecnologias e usos adaptados às condições

de seca e aridez, e devem ser integradas tanto nos níveis do Governo Federal e Governos Estaduais, bem como envolver a sociedade civil e a população em geral.

9.1 – CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO E À ARENIZAÇÃO

A Terra é coberta por uma camada de solo frágil e pouco espessa, que se forma muito vagarosamente, mas que pode ser retirada e lavada muito rapidamente. Isto é o que acontece quando a vegetação natural de uma região é retirada para o plantio agrícola ou pastagens, sem o uso de técnicas de manejo do solo e água adequadas (capítulo 4). Em nenhum lugar este problema é mais sério que nas áreas suscetíveis à desertificação, ou seja, àquelas onde predominam climas árido, semi-árido e subúmido seco. Essas zonas são denominadas de “Terras Secas” e estão estreitamente ligadas à segurança alimentar e à pobreza.

1.1 Conceitos e processos

A principal característica da aridez nas terras secas é que as entradas de umidade (nível anual de precipitação) são menores que as perdas de umidade (evapotranspiração potencial). Uma medida para quantificar essa relação, adotada pela CCD, é o Índice de Aridez, ou seja, a razão entre a precipitação média anual (P) e a evapotranspiração potencial média anual (ETp). Nas zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, o Índice de Aridez varia de 0,05 a 0,65. Por exemplo, se em uma dada área a precipitação média anual é de 1.000 milímetros e a evapotranspiração potencial média anual é de 2.000 mm, tem-se que o Índice de Aridez é de 0,50, o que caracteriza clima subúmido seco, já que o mesmo está limitado entre os valores de 0,50 a 0,65 do Índice de Aridez. Já as áreas hiperáridas são aquelas onde o Índice de Aridez está abaixo de 0,05 – são os desertos, os quais compreendem cerca de um bilhão de hectares da superfície da Terra.

Especificamente, a desertificação não significa, na maior parte dos casos, o avanço do deserto,

mas em um declínio progressivo da produtividade das terras secas, decorrente de variações climáticas e atividades humanas.

As variações climáticas por um lado são refletidas e medidas pelo aumento da frequência e intensidade de secas, o que por sua vez agrava o grau de aridez das áreas suscetíveis à desertificação. As atividades humanas, por outro lado, respondendo a esta pressão climática e a uma predisposição geomorfológica que não permite um uso intensivo, agravam a degradação dos recursos naturais, particularmente, água, solo e vegetação, levando à erosão do solo causada pela água e/ ou vento; deterioração das propriedades físicas, químicas, biológicas e econômicas do solo; e perda em longo prazo da vegetação natural.

Por outro lado, no Brasil, a dinâmica dos processos envolvidos na arenização requer disponibilidade de água, ou seja, está relacionada ao clima úmido e está associada a uma predisposição pedológica caracterizada pela presença de solos arenosos. É a estiagem, e não a seca, o fenômeno freqüente. Particularmente, o Estado do Rio Grande do Sul, na sua porção sudoeste, apresenta um conjunto de áreas que se caracterizam pela falta de cobertura vegetal, constituindo visualmente extensas áreas de solo (arenoso) descoberto. Estas áreas foram, ao longo do tempo, reconhecidas pela comunidade local como areais e esta é a toponímia utilizada na documentação histórica referente a esse fenômeno (figura 9.1).

Do ponto de vista ambiental, os parâmetros de densidade populacional e pressão sobre recursos também não ocorrem. Historicamente, a Região da Campanha no Rio Grande do Sul (área de ocorrência dos areais) apresenta baixa densidade demográfica, sendo a pecuária extensiva a atividade predominante. Por não constituírem conceitualmente áreas em processo de desertificação, manteve-se a denominação destas áreas de areais. Para sintetizar a explicação deste processo, SUERTEGARAY (1987), derivou do termo areal, o de arenização, sendo este entendido como o processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou não consolidados, que promove,

Para saber mais sobre desertos consulte o site
<<http://www.ufrsd.net/staffwww/stefanl/Geology/deserts/index.htm>

FIGURA 9.1



Gilbués/PI – Fonte: Banco de Imagens CTC/SRH



Cabrobó/CE – Foto: Iêdo Bezerra Sá
Fonte: Embrapa



Seridó/RN – Fonte: Programa IICA/BID – Combate à Desertificação



Irauçuba/CE – Fonte: Funceme

Exemplos de paisagens que apresentam desertificação no Brasil.

nessas áreas, uma dificuldade de fixação da cobertura vegetal, devido à intensa mobilidade de sedimentos arenosos pela ação das águas e dos ventos.

Os areais constituem áreas de degradação do solo ou de morfogênese acelerada, não se caracterizando como desertos. Segundo CONTI (1989), “um deserto sob o ângulo climático equivaleria à carência de água doce no sistema natural, cuja medida far-se-ia através do estudo comparativo entre precipitações e evaporação”. Para este autor, um deserto do ponto de vista ecológico estaria “associado ao empobrecimento da biomassa, elevação do albedo, mineralização do solo, erosão superficial e invasão de areias em decorrência do crescimento demográfico e pressão sobre os recursos”. Arenização indica uma área de degradação relacionada a um tipo de clima úmido ou semi-úmido, onde a diminuição do potencial biológico não conduz, em definitivo, a condições desérticas. Ao contrário, a dinâmica dos processos envolvidos nesta degradação dos solos é, fundamentalmente,

derivada da abundância de água. Na área de ocorrência dos areais, particularmente no sudoeste do Rio Grande do Sul, as médias normais de precipitação são superiores a 1.300 mm anuais.

Com respeito à definição de seca é muito difícil estabelecer um conceito universal para este fenômeno. Entretanto, a literatura destaca quatro tipos predominantes de seca: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica. Do ponto de vista meteorológico, a seca é uma ausência de precipitação pluvial num determinado período. A definição de sua duração depende do regime normal pluviométrico de uma determinada região. Quando esta ausência de chuvas ocorre com menor intensidade, costuma-se utilizar o termo estiagem. A permanência da seca meteorológica ocasiona uma redução das reservas hídricas existentes (cursos d’água, reservatórios, lençol freático) e, assim, ocorre a seca hidrológica. Do ponto de vista agrícola, considera-se seca, o déficit de água no solo que causa prejuízos à agricultura. A seca so-

cioeconômica é uma consequência dos demais tipos de seca, sendo caracterizada pela pobreza e estagnação econômica das regiões afetadas.

Como já enfatizado nos capítulos anteriores, cada termo tem seu conceito que, por sua vez, está ligado a um processo. Os fenômenos de desertificação e arenificação não são diferentes. Na figura 9.2 são mostrados, de forma esquemática, esses processos. Atividades humanas que contribuem para a retirada excessiva da vegetação natural – agricultura, pecuária, mineração, desmatamento – intensificam a degradação física, química e biológica do solo, as quais são definidas a seguir. O grau de degradação depende da interação entre os fatores geoambientais e ecológicos, acentuados pelas atividades humanas.

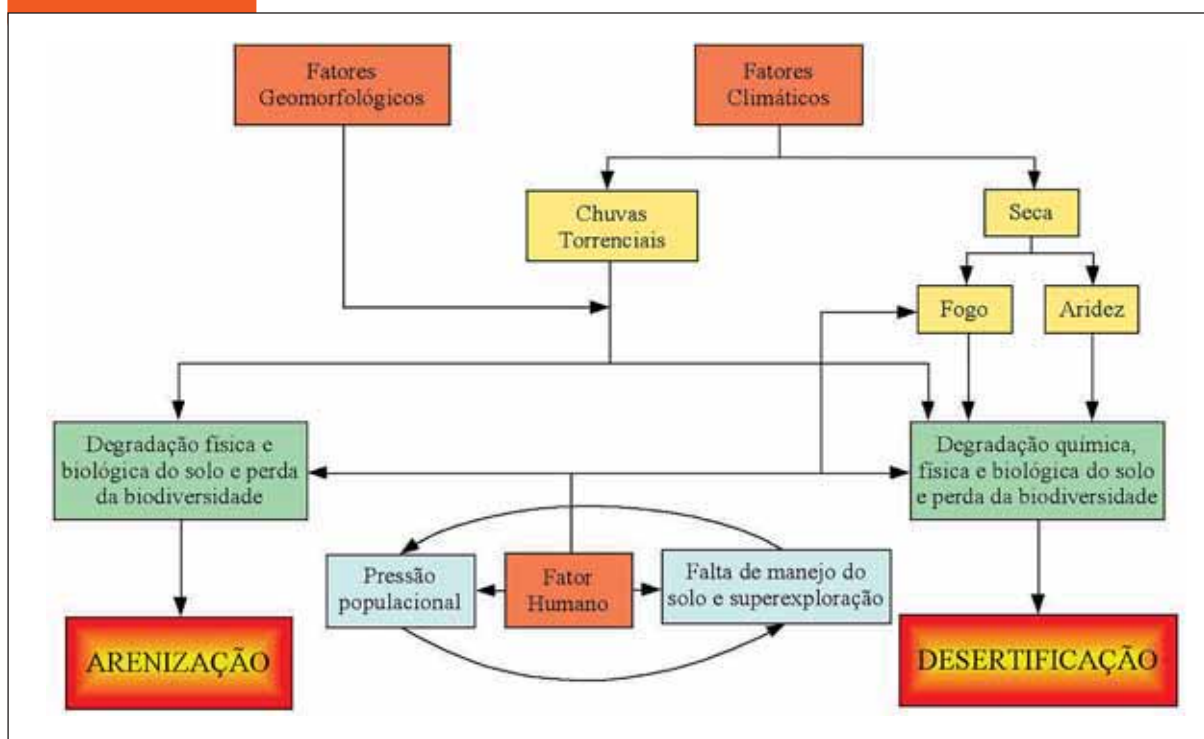
O impacto das gotas de chuva, em um solo seco, com baixa densidade de vegetação, ou sem vegetação, faz com que ele seja removido pela água até os cursos de rios e reservatórios. É a chamada degradação física do solo. Muitos dos solos que ocorrem nas áreas suscetíveis à desertificação apresentam alto grau de desagregação mecânica e baixo intemperismo químico, o que contribui para originar solos rasos e problemáticos do ponto de vista agrícola, pois as reservas minerais ficam contidas nos fragmentos de rocha, em formas não disponíveis para as plantas (ca-

pítulo 4). Muitos desses solos são formados a partir de rochas como Gnaisses, Granitos e Migmatitos - é o chamado embasamento cristalino. Devido ao baixo intemperismo químico, eles são rasos e apresentam pouca disponibilidade hídrica subterrânea.

Interrompendo a continuidade do embasamento cristalino, ocorrem pequenas bacias sedimentares dispersas no interior do Nordeste, entre as quais se destaca, dentro da Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste, a bacia do Araripe, com cerca de 1.200 m de espessura de sedimentos (ANA, 2002). Já a Bacia do Parnaíba é a mais rica do Nordeste em água subterrânea e é constituída por uma seqüência com cerca de 2.000 m de espessura de sedimentos diversos, com área de 600.000 km², ocupando boa parte dos estados do Piauí e Maranhão. Sua espessura máxima atinge cerca de 3.000 m (ANA, 2005). Nessas áreas ocorrem, geralmente, solos mais profundos, arenosos, porém bastante suscetíveis à erosão.

Associada à degradação física do solo, está a degradação biológica, pois junto com as partículas de solo erodidas, pelo impacto das gotas de chuva, perdem-se quantidades significativas de matéria orgânica e minerais. A prática da queimada é um grande contribuidor para este tipo de degradação. Se esta tendência puder ser revertida, existe um considerável

FIGURA 9.2



Principais forças motrizes envolvidas nos processos de desertificação e arenização no Brasil.

Fonte: Adaptado de ENNE e ZUCCA (2000)

No caso da desertificação a força motriz mais intensa é dada pela seca; já no caso da arenização, conforme ocorrência no Brasil, há uma interação forte entre predisposição pedológica e precipitação.

potencial para o sequestro de carbono estocado nos solos e na cobertura vegetal dessas áreas, visto que as terras secas contêm mais de 1/4 de todo o estoque de carbono orgânico do mundo, como também quase todo estoque de carbono inorgânico. Calcula-se que são perdidos 300 milhões de toneladas de carbono à atmosfera, por ano, das terras secas como resultado da desertificação (MA, 2005). Ações que contribuam para conter a degradação biológica do solo, passam a colaborar com a sinergia entre três importantes convenções ambientais, ou seja, Desertificação, Mudanças climáticas e Diversidade Biológica, visto que a vegetação e sua diversidade estrutural são fundamentais para a conservação do solo e para a regularidade da infiltração da água da chuva, escoamento de superfície, e clima local.

O terceiro tipo de degradação da terra é a degradação química, causada pelo acúmulo de sais na superfície do solo, devido tanto às próprias características naturais dos solos como às elevadas taxas de evapotranspiração. Muitos solos que ocorrem nas áreas sujeitas a desertificação (ASD) já têm uma propensão natural à salinização, como os Planossolos, e a falta de manejo do solo e água, principalmente, associada à irrigação, pode agravar o problema.

Com respeito ao processo de arenização, em síntese, pode-se dizer que os areais ocorrem em áreas com substrato arenoso, definido como formações superficiais, ou seja, depósitos recentes – provavelmente cenozóicos. Estes dados, associados com outros indicadores, permitiram uma reconstituição paleoclimática e a conclusão de que os areais são áreas de retrabalhamento recente, sob clima úmido, de depósitos cuja origem estaria associada a condições ambientais diferentes das atuais. No caso dos sedimentos eólicos, provavelmente clima seco ou semi-úmido frio.

Além dos areais desenvolverem-se sobre unidades litológicas frágeis (depósitos arenosos), eles localizam-se em áreas com baixas altitudes e declividades. São comuns nas médias colinas ou nas rampas em contato com escarpas de morros testemunhos. O retrabalhamento desses depósitos resulta da dinâmica de chuvas torrenciais, onde, particularmen-

te resultam processos de ravinas ou voçorocas que expõem, transportam e depositam areia a partir das cabeceiras fluviais, conforme descrito no capítulo 4. A jusante destas ravinas e voçorocas, em decorrência do processo de transporte de sedimentos pela água durante episódios de chuvas torrenciais, formam-se depósitos arenosos em forma de leques. Com o tempo esses leques vão se agrupando e em conjunto dão origem a um areal. O vento que atua sobre essas areias, em todas as direções, permite a sua ampliação, por redistribuição e espalhamento.

BELLANCA (2002) resgata, na região de ocorrência dos areais no Rio Grande do Sul, os processos de transformação da paisagem ao longo dos últimos 10.000 anos (Holoceno). Para tanto, trabalhou com dados provenientes da Geografia, Geologia, Geomorfologia e Arqueologia. Essa interpretação indica que os povos coletores-caçadores que viveram nessa região coexistiram com os areais. Os estudos indicam ocorrência de sítios arqueológicos juntamente com areais. SUERTEGARAY (1987) também concluiu que os areais são naturais, podendo ser o processo de arenização intensificado pelo manejo inadequado do solo, como é possível observar em determinadas áreas do sudoeste, particularmente, naquelas que foram, a partir dos anos 60 do século XX, utilizadas para o cultivo da soja. Portanto, formação de ravinas e voçorocas, processo que está na origem dos areais, podem também ser propiciados pelo pisoteio do gado e do uso de maquinaria pesada na atividade agrícola, originando sulcos e desencadeando condições de escoamento concentrado.

1.2. Causas e conseqüências da desertificação e da arenização

Não existe ainda um consenso sobre as causas da desertificação. Entretanto, no contexto mundial, GEIST e LAMBIN (2004) realizaram um estudo sobre causas da desertificação listadas em 132 casos, distribuídos na Ásia, África, Austrália, Europa, Estados Unidos e América Latina de onde se pode separar as causas em dois grupos distintos: causas diretas (atividades agrícolas, extensão da infra-estrutura, extração de madeira, aumento da aridez) e forças motrizes subjacentes (fatores climáticos, econômicos, institucionais, políticas nacionais, crescimento populacional). As forças motrizes fortalecem as causas diretas, e tanto operam no âmbito local ou refletem as influências nos nível global e nacional. Os casos avaliados

por esses pesquisadores mostram que a desertificação é dirigida por um conjunto limitado de variáveis recorrentes, ou seja, com respeito às causas diretas, as atividades agrícolas foram citadas em 95% dos casos, seguidas do aumento da aridez (86%). Já, com respeito às forças motrizes subjacentes, 86% dos casos citaram os fatores climáticos; 69% os fatores tecnológicos e 65% os fatores políticos e institucionais.

Entre as causas do processo de arenização pode-se indicar aquelas que resultam da dinâmica da natureza e as associadas à dinâmica social. No que diz respeito à dinâmica da natureza pode-se identificar depósitos arenosos recentes, que por sua vez dão origem a solos também de formação recente com deficiência de matéria orgânica e nutrientes. Estes solos são os denominados Neossolos Quartzarênicos Órticos descritos na literatura científica como muito frágeis e suscetíveis a erosão hídrica e eólica. Em suma, são solos que devem ser manejados com cuidado. Esta fragilidade associa-se a uma dinâmica hidroclimática que se caracteriza pela presença de eventos chuvosos torrenciais que, por sua vez, são responsáveis pela aceleração de processos que estão na origem da formação dos areais: as ravinas e as voçorocas. Essa dinâmica atribuída na origem como natural se intensifica pelo uso e manejo do solo local. Atribui-se, portanto, como causas da arenização, sob esta perspectiva, a atividade pastoril quando identificada com o pastoreio excessivo e em maior detalhe com a trilha constituída pelo deslocamento do gado, visível em áreas de dominância da pecuária. No que se refere à agricultura as causas da arenização estão vinculadas à mecanização da lavoura, em particular a partir da expansão da lavoura de soja, desde os anos 70, no caso do sudoeste do Rio Grande do Sul. A mecanização intensiva registrada pelo crescente uso do trator nessa década teria promovido o processo de arenização na medida em que a maquinaria pesada promove a formação de sulcos suscetíveis sob chuvas torrenciais à formação de ravinas. Além da mecanização atribui-se mais recentemente ao plantio convencional do milho e soja na região.

Com respeito às consequências da desertificação e da arenização, os impactos da primeira são mais abrangentes que os da segunda, já que as áreas suscetíveis à desertificação sofrem o impacto recorrente de secas que abalam as estruturas de vida da população. Esses impactos variam, consideravelmente por região, até mesmo por localidade, e incluem consequências biofísicas, socioeconômicas e de assuntos globais. Sob o aspecto biofísico, os solos tornam-se

mais vulneráveis à erosão eólica e hídrica, aumentando o risco de enchentes. Terras irrigadas podem tornar-se salinizadas, bem como os lençóis subterrâneos. A produtividade das áreas agrícolas e pastagens é diminuída, bem como a produção de biomassa da vegetação natural. Os recursos hídricos para o consumo humano e para a agricultura são diminuídos. Sob o aspecto socioeconômico, sabe-se que o êxodo rural das áreas desertificadas é grande e contribui para o contingente de refugiados ambientais. Estima-se que este êxodo é da ordem de 900 mil pessoas ao ano. Este deslocamento de indivíduos ativa problemas adicionais, particularmente de empobrecimento e de segurança alimentar e, quando ultrapassa barreiras nacionais, pode implicar em problemas de segurança ambiental e estimular conflitos violentos. Em termos de assuntos globais alerta-se que, embora os efeitos potenciais da desertificação na mudança de clima sejam provavelmente secundários, o processo de degradação das terras secas ameaça elementos de biodiversidade global, particularmente espécies agrícolas essenciais, a biodiversidade da floresta e a conservação de terras úmidas.

1.3. Visão da população sobre a desertificação e a arenização

A visão da população que convive com os fenômenos de desertificação e arenização é bastante próxima das observações apresentadas neste capítulo (quadro 9.1).

Esta constatação advém da análise de oficinas e documentos que demonstram que a população identificou com principais consequências da desertificação o assoreamento, a degradação do solo (erosão, queimada, salinização, compactação), a morte das nascentes, a má qualidade de água, os conflitos pela água, a erosão cultural e a exclusão social das populações tradicionais. São observações muito próximas àquelas obtidas por GEIST e LAMBIN em 2004, ou seja, podem ser agrupadas em atividades agrícolas, fatores climáticos, fatores tecnológicos e fatores políticos e institucionais.

Com respeito à arenização, um grupo de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul conduziu, em 1998, um estudo para levantar as informações sobre o modo de pensar dos grupos sociais: proprietários rurais, financiadores de crédito agrícola, técnicos da prefeitura, EMATER e Cooperativa, além de pessoas da comunidade em geral. Esta

pesquisa demonstrou que há diferenças no entendimento e no modo de perceber a complexidade da questão sobre a origem dos areais, suas causas e consequências. É possível destacar uma compreensão diferenciada de proprietários rurais com práticas pastoris (pecuaristas) em relação a dos agricultores arrendatários, tanto sobre a origem e expansão dos areais como dos processos de arenização. Enquanto para os primeiros a origem dos areais é decorrente de processos naturais e a agricultura mecanizada é a responsável pela intensificação desse processo, para os agricultores arrendatários a origem do processo é decorrente do pastoreio e a sua continuidade é acelerada pelo processo de pisoteio do gado.

Existe uma interpretação aproximadamente comum sobre as formas de recuperação dos areais e dos processos de arenização (ravinas, voçorocas e deflação). A grande maioria propõe como forma mais adequada de recuperação dessas áreas o plantio de gramíneas, (como pensacola, pangola e braquiária), de aveia, de eucalipto e/ou de pinus. Sugerem o plantio direto como forma de melhor manejar a terra, ou seja, plantar as espécies sem fazer o revolvimento ou preparo do solo com uso de máquinas pesadas, efetuar rotação de culturas e manter cobertura morta ou palha para proteção do solo contra erosão e perda de

nutrientes. É importante ressaltar que os proprietários já realizaram experiências para o controle desse processo, porém sem bons resultados. Também houve consenso sobre a inexistência de incentivos e ou financiamentos direcionados à degradação do solo. Os investimentos disponibilizados são provenientes do Banco do Brasil e se restringem ao processo de produção.

Registram-se ainda outras informações importantes extraídas dessa pesquisa sobre arenização: o desconhecimento sobre técnicas de controle de erosão por parte de proprietários, o desconhecimento dos possíveis problemas ambientais causados pelas técnicas de controle sugeridas pela comunidade, a expressão por parte de uns de que o florestamento seria a única alternativa frente à situação econômica a que estão submetidos e, para outros, a dificuldade de implantação frente ao lento retorno deste investimento; o desconhecimento das possíveis consequências à qualidade das águas frente ao uso abundante de dessecantes, fungicidas, herbicidas quando da prática do plantio direto e a aceitação desta prática como a melhor alternativa para a recuperação do processo de arenização atualmente.

As proposições evidenciadas permitem perceber a conflituosa relação entre a atividade pastoril

QUADRO 9.1 Visão da população sobre as causas da desertificação											
CAUSAS	MA	ES	MG	CE	BA	PE	SE	AL	PI	RN	PB
Naturais (Aridez)											
Uso de lenha (guzerias, cerâmicas, carvoarias ilegais) e desmatamento ilegal											
Atividades de mineração											
Estruturas hídricas e uso inadequado da água (construção irregular de barragens, drenagem de rios, estruturas de captação)											
Políticas públicas inadequadas (monoculturas)											
Ausência e/ou práticas de conservação do solo e água (uso de maquinários pesados, superpastoreio, irrigação, uso abusivo de agrotóxicos e herbicidas, diminuição do tempo de pousio)											
Fatores socioeconômicos (educação descontextualizada, concentração de renda, densidade demográfica, falta de alternativas e baixa renda)											
Poluição de cursos de água (empresas de papel e tecidos)											

Visão da população sobre as causas da desertificação

Fonte: oficinas para a elaboração do PAN-Brasil (MMA, 2004); Projeto Apoio ao Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (2004). Relatório das Oficinas do Grupo de Trabalho de Combate à Desertificação da Articulação no Semi-árido (2006).

e a agricultura. É também possível registrar a intenção política de mudança na matriz econômica nessas áreas com ocorrência de areais. Isto fica evidenciado pela sugestão de controle do processo de arenização pela introdução do florestamento.

1.4. Secas e estiagens nas áreas suscetíveis à desertificação e à arenização

A vastidão do território brasileiro, tanto em latitude (entre os paralelos de 5°16'20" de latitude norte de 33°45'03" de latitude sul), longitude (entre os meridianos de 34°47'30" e 73°59'32" a oeste de Greenwich), como altitude (do nível do mar a mais de 3.000 metros) permite abrigar um extraordinário mosaico de ecossistemas produzidos não só por uma ampla diversidade climática, como topográfica e geológica. A variabilidade desses fatores associado a diversidade da movimentação das correntes e massas de ar que atingem o país, pode-se identificar no Brasil diversos tipos de clima: subtropical, semi-árido, equatorial, tropical, tropical de altitude e tropical úmido.

Particularmente, o Nordeste Brasileiro apresenta alta variedade climática espacial e temporal, podendo-se observar em seu interior a predominância do clima semi-árido, onde a precipitação não ultrapassa 400 mm/ano, sendo que as secas estão associadas à esta característica climática (MARENGO, 2006). Entretanto, a concentração cli-

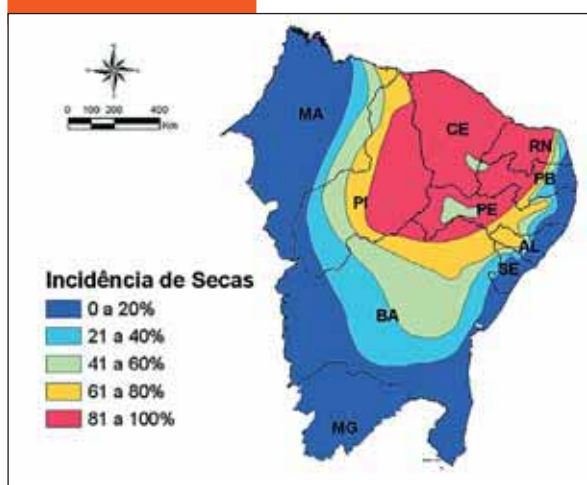
mática, que pode chegar a 80% do total anual da chuva, em um período de quatro meses, confere à região um caráter anômalo: anos chuvosos, com inundações calamitosas, podem ser seguidos por estiagens catastróficas (VIANELLO e ALVES, 2000).

As causas dessas anomalias são intensamente pesquisadas, mas ainda não existem conclusões definitivas. Entretanto, inúmeros fenômenos atuam na região, isolados ou combinados entre si: circulações de Hadley-Walker, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), elevada reflectância da superfície (albedo), penetração de Sistemas Frontais, anomalias de temperaturas das águas oceânicas do Atlântico e do Pacífico (fenômeno El-Niño Oscilação Sul – ENSO), mecanismos de brisas marítimas e terrestres, linhas de instabilidade, mecanismos atmosféricos de grande escala, entre outros. De acordo com VIANELLO e ALVES (2000), a própria topografia da região parece determinante em escala local – as chuvas de barlavento são destacavelmente mais abundantes que as de sotavento; em alguns locais, a circulação de vale e de montanha parece importante.

Dentre os fenômenos citados, é importante comentar o posicionamento da ZCIT pois esta tem influência direta na região norte do Nordeste, onde há maior possibilidade de incidência de secas (figura 9.3). A ZCIT é uma zona de baixa pressão que se desloca em torno da faixa equatorial, no sentido Norte-Sul, ao longo do ano. É um dos fatores que condicionam o regime de chuvas no norte do Nordeste brasileiro. Nesta zona há o favorecimento da elevação do ar quente e úmido, com pouco vento, formando um cinturão de nuvens e chuva convectiva. Seu deslocamento para o sul, no verão do Hemisfério Sul, pode reforçar o regime de chuva, como ocorre na Amazônia. Seu afastamento, em direção ao Hemisfério Norte, em épocas previstas para permanência no Sul, diminui as chuvas na Amazônia, e as inibe no semi-árido do Nordeste.

As áreas suscetíveis à desertificação estão intimamente relacionadas às áreas de ocorrência de secas, haja vista que o próprio conceito de desertificação adotado pela Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD) considera o componente climático como critério de

FIGURA 9.3



Áreas de incidência de secas no nordeste

fonte dos dados: CARVALHO et al. (1973);redigitalizado por Marcos O. Santana, em 2006.

Para aprender mais sobre a ZCIT leia: PEREIRA e colaboradores (2002) e CARVALHO e EGLER (2003).

Para saber mais sobre a seca de 1877 leia SOUZA FILHO (2003).

delimitação. Para a Convenção, os processos de desertificação se restringem as regiões de clima árido, semi-árido e subúmido seco. No Brasil, grosso modo, essas áreas estão localizadas na região Nordeste, e em parte da Sudeste (norte de Minas Gerais e norte do Espírito Santo).

As informações históricas da ocorrência de secas no Brasil fazem referência à região Nordeste do país. Entretanto, há que se considerar que esta região teve seus limites alterados até 1968. Além disso, como destaca SOUZA FILHO (2003), antes do século XX, os registros das secas na Região Nordeste tiveram por base os relatos históricos dos escritores da época ou depoimentos pessoais, o que contribui para haver discordância e dificultando, também, uma classificação objetiva dos anos secos, à exceção dos eventos das grandes secas, tais como, 1777 e 1877.

A relação dos anos de seca no Nordeste para o período de 1600-2000 é apresentada no quadro 9.2. Pode-se observar que nestes 400 anos ocorreram 48 eventos de seca, o que indica uma média de onze a doze ciclos de seca por século. Embora essas informações não permitam uma análise comparativa do grau de intensidade e abrangência espacial dos registros, sabe-se que a seca de 1877 foi a mais impactante dos últimos séculos. Foi a partir dela que o problema deixou de ter um caráter regional para ser visto em âmbito nacional. Até 1877, tanto a vegetação da caatinga quanto o solo ainda não estavam degradados.

Nesse período, o Nordeste vinha experimentando um processo de intenso crescimento econômico com a expansão da produção de algodão associada à criação de gado. Mas a seca desse ano causou um grande impacto a essa conjuntura. As práticas do binômio gado-algodão associadas ao manejo irracional e depredatório da terra produziram um elevado nível de degradação ambiental

A Região Nordeste só foi conhecida como está hoje, ou seja, abrangendo nove Estados, a partir de 1968. Até 1938, o IBGE reconhecia como Nordeste os limites entre Ceará e Alagoas e a partir de 1945, o Nordeste abrangia a faixa litorânea, do Maranhão até Alagoas.

QUADRO 9.2
Histórico de ocorrência de secas no nordeste a partir do século XVII

Século XVII	Século XVIII	Século XIX	Século XX
			1900
1603			1903
		1804	
1606			
	1707		
		1808/1809	
	1710/1711		
1614		1814	
			1915
			1919
	1721/1727	1824/1825	
	1730	1829/1830	
			1932
		1833	
	1736/1737	1835/1837	
			1942
1645	1744/1747	1844/1845	
1652	1751		1951/1953
	1754		
			1958
	1760		
	1766		1966
		1870	1970
	1771/1772		
	1777/1778	1877/1879	
	1783/1784		1979/1984
		1888/1889	
1692	1791/1792	1891	
			1993
			1997/1998*
		1898	

Fonte: Compilação de vários autores: (Garcia, 1995; Cunha, 1998; Neves, 2000; Guerra, 1981 citados por SOUZA FILHO, 2003). *De acordo com a Secretaria Nacional de Defesa Civil, a seca de 1997 se prolongou até 1998.

em grandes áreas do semi-árido, gerando a gradual perda de produtividade agrícola e a ocorrência de processos de desertificação. Foi a partir desta seca que se iniciaram as políticas governamentais relacionadas à mitigação de seus efeitos.

Apesar de vários programas terem sido criados visando o combate às secas desde o evento de 1877, a população da região continuou vulnerável aos efeitos adversos do clima. Na última seca registrada em 1998, por exemplo, a população sofreu

Para saber mais sobre o fenômeno e o histórico da arenização leia: SUERTEGARAY (1987), Verdum (1997); Suertegaray, Guasselli e Verdum, (2001); Suertegaray et al (2001).

com a escassez de água para o consumo humano e animal; com a queda da produção agrícola e da pecuária; e com o desemprego. Muitos municípios decretaram estado de emergência ou calamidade por seca. Municípios do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, e municípios do Norte do Espírito Santo passaram a integrar a área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene, em razão de terem sido severamente afetados.

Como já citado anteriormente, é importante não associar o processo de arenização ao de desertificação. Segundo Verdum, 1997, "o estudo das médias interanuais realizado na área de ocorrência dos areais, revela um regime pluviométrico com distribuição irregular. O aprofundamento dessa análise, a partir das precipitações mensais e diárias, evidenciou a alternância de meses, episódios secos e chuvosos. Identifica-se, então, a variabilidade do clima no sudoeste do Rio Grande do Sul, tanto pelos períodos de longas secas atmosféricas como pelos longos períodos de saturação hídrica". Assim, o aprofundamento do estudo sobre essa dinâmica meteorológica é fundamental, uma vez que as classificações climáticas tendem a considerar o regime pluviométrico regional como sendo homogêneo, isto é: com chuvas bem distribuídas durante o ano.

Ao analisar as características climáticas com base na estação meteorológica de Quaraí (1967-1985) verificou-se que as chuvas nesse período apresentaram variações significativas de ano para ano. Para o conjunto dos 19 anos analisados observou-se o predomínio de médias mensais superiores a 100 mm. Há anos, no entanto, que ocorreram médias de precipitação mensais elevadas (+ de 160 mm). É o caso dos anos de 1973 e 1974. Os anos secos, em relação a este conjunto são aqueles com precipitações médias mensais entre 80 e 100 mm. São representativos de anos secos, 1971, 1979.

Especificamente para 1985 os dados revelaram que, durante 7 meses, as médias mensais não ultrapassaram 100 mm. Entre esses, os meses menos chuvosos foram novembro (3,1 mm) e dezembro (21,10 mm). Estes dois meses caracterizam-se como meses secos e este ano (1985) constitui um exemplo de variabilidade e, principalmente, de seca no verão, fenômeno que vem a cada ano se tornando mais recorrente.

Em que pese a falta de estudos climáticos que indiquem a variabilidade e o ressecamento na região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, uma retomada dos dados permite verificar uma tendência de baixas precipitações, em particular, no mês de novembro. Observa-se que nos últimos três anos 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006 o ressecamento foi expressivo nessa área nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. Secas prolongadas tem chamado a atenção da comunidade local e tais eventos indicam a necessidade de pesquisas sobre o tema.

9.2 – LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO E À ARENIZAÇÃO

As Áreas Suscetíveis à Desertificação no Brasil – ASD cobrem uma superfície de 1.340.863 km², abrangendo um total de 1.488 municípios, nos nove estados do Nordeste brasileiro e nos estados de Espírito Santo e Minas Gerais. Nestas áreas vivem cerca de 32 milhões de habitantes, dos quais quase 20 milhões ocupam a área rural (IBGE, 2003) e cerca de 14 milhões as áreas com clima semi-árido (MMA, 2004). Além das áreas com climas semi-árido e subúmido seco, fazem parte das ASD uma terceira classificação denominada de Áreas de Entorno, as quais abrangem 284 municí-

A área de atuação da nova Sudene foi determinada de acordo com a Lei Complementar nº 125/07, que recria a Sudene, e com a área territorial oficial do Brasil (Resolução da Presidência do IBGE nº 5/2002). Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm. Acesso em: agosto de 2006.

prios (19% do total das ASD). Estes municípios foram incluídos devido ao fato de já terem solicitado estado de emergência à Defesa Civil durante as secas de 1993 e 1998 e por pertencerem ao bioma Caatinga. Essas áreas de entorno fazem parte da área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – Sudene. Em 2001 ela foi extinta sob denúncias de desvio de recursos e fraudes em sua gestão. Foi criada para substituí-la, a Agência de Desenvolvimento do Nordeste – Adene. Recentemente, em janeiro de 2007, foi sancionada a Lei Complementar nº 125/07 de recriação da Sudene incorporando mecanismos para dificultar a prática de irregularidades. A área de atuação da Sudene, quando foi criada inicialmente, abrangia, além dos Estados do Nordeste, a região de Minas Gerais compreendida no Polígono das Secas. Desde então, a área de abrangência da Sudene/Adene incorreu em várias alterações. Atualmente, fazem parte da área de atuação da nova Sudene 1.990 municípios, perfazendo uma área de 1.790.701,41 km².

Na figura 9.4 é mostrada a comparação entre a área de atuação da Sudene e as áreas suscetíveis à desertificação. Pode-se ver nesta figura que, com exceção do litoral e da maior parte do Estado do Maranhão, há uma coincidência espacial entre essas duas áreas, o que demonstra a prevalência do critério

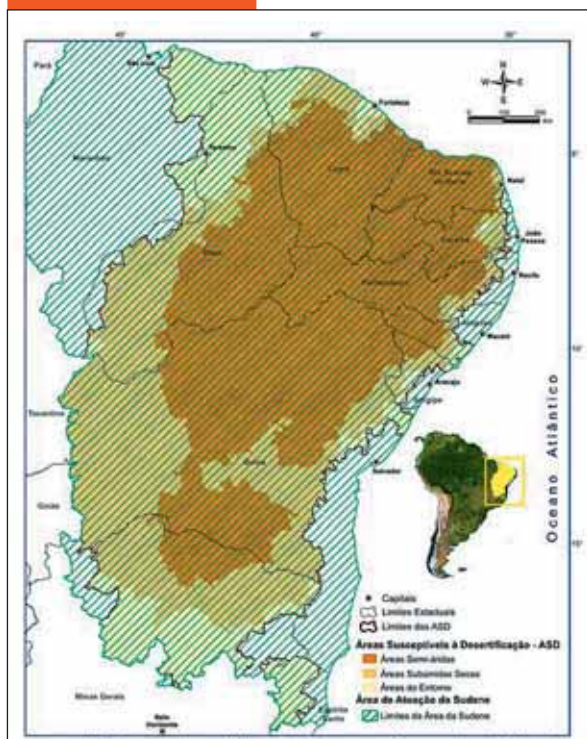
climático nas suas delimitações. Já as áreas suscetíveis à arenização apresentam sua delimitação mais geomorfológica do que climática e compreendem áreas da bacia do Paraná, com substrato arenoso vinculado à formação Botucatu. Recobrem estes sedimentos depósitos fluviais e ou eólicos de formação mais recente caracterizados pedologicamente como Neossolos, solos rasos ou profundos encontrados em diferentes condições de relevo e drenagem. Mais especificamente estão presentes sobre os Neossolos Quartzarênicos. Esses solos estão presentes em outras regiões do Brasil. ANTUNES, em 2006, evidenciou a ocorrência de arenização em desenvolvimento sob estes solos no Sudoeste de Goiás, particularmente no município de Serranópolis. Em escala nacional a presença destes solos é um possível indicador de potencialidade à arenização em ambientes tropicais semi-úmidos como o que prevalece nas áreas do cerrado brasileiro. Conforme a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos elaborado pela EMBRAPA, em 1999, podem ser observados Neossolos Quartzarênicos nessa região em particular, no sudoeste de Goiás, Norte/Nordeste do Mato Grosso do Sul e Sudeste do estado do Mato Grosso.

2.1. Núcleos de Desertificação e de Arenização

Os primeiros pesquisadores brasileiros a relataram a problemática da desertificação no Brasil foram VASCONCELOS SOBRINHO (1971) e AB'SABER (1977). AB'SABER (1977; 2003) caracterizou as áreas suscetíveis à desertificação, de acordo com a predisposição da estrutura geológico-litológica, incluindo aquelas áreas denominadas de altos pelados, lajedos, malhadas, inselbergs, áreas de paleo-dunas quaternárias, vales e encostas secas, entre outras.

VASCONCELOS SOBRINHO (1971; 1983) selecionou, empiricamente, seis áreas piloto, onde existiam processos de degradação de solo e da cobertura vegetal, nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia. Após esta identificação, de março a novembro de 1996, o Ministério do Meio Ambiente, por meio do Projeto BRA 93/036 (Preparação para o Plano Nacional de Combate à Desertificação – PNCD), propiciou que um grupo de pesquisadores fizesse

FIGURA 9.4



Áreas suscetíveis à desertificação versus área atual de atuação da Sudene
Fonte: áreas suscetíveis à desertificação de acordo com MMA (2004); área de atuação da Sudene, conforme Lei complementar nº 125, de 2007.

Para maiores informações ver AB'Saber (2003).

FIGURA 9.5



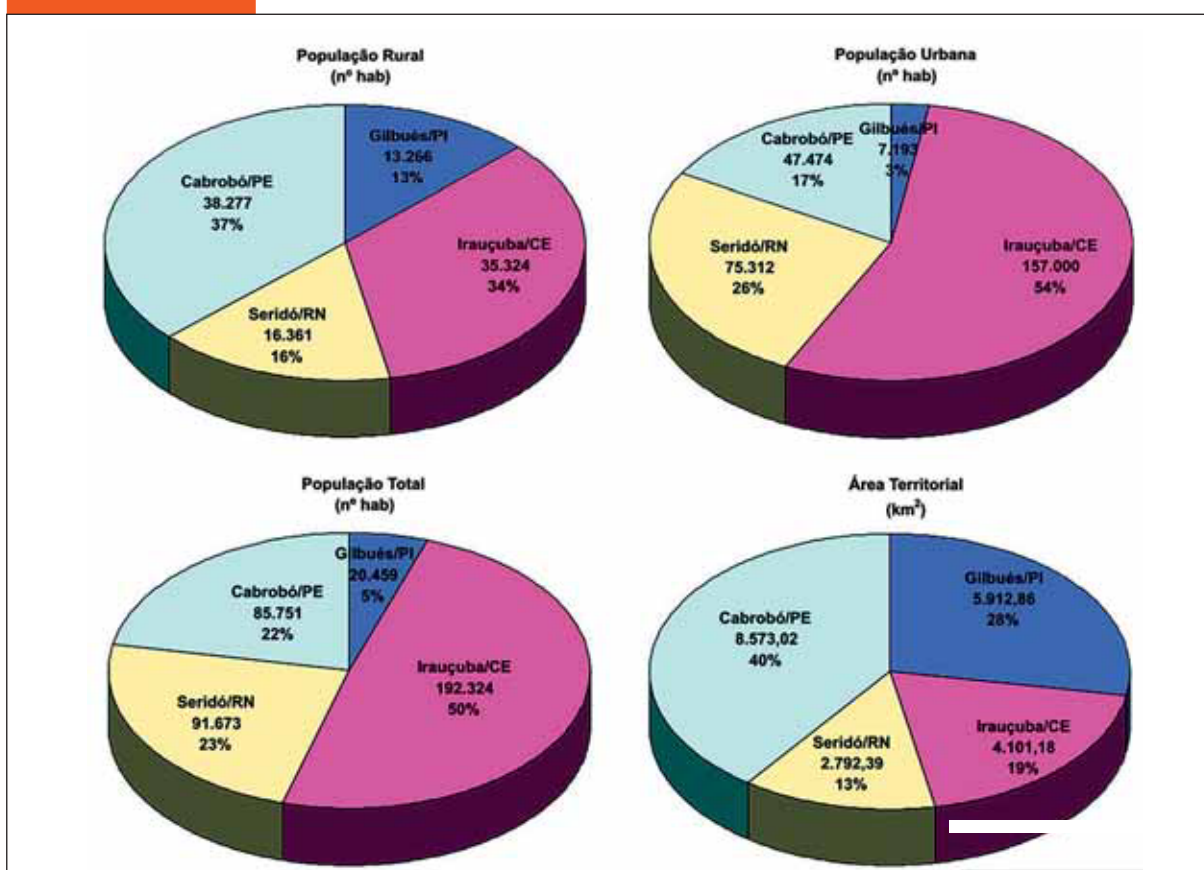
ASD com destaque aos núcleos de desertificação
fonte: MMA (2004)

visitas de campo nas áreas selecionadas por Vasconcelos Sobrinho. Essas áreas foram caracterizadas como de alto risco à desertificação, e ficaram conhecidas como Núcleos de Desertificação de Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (PB) e Cabrobó

Para saber mais sobre o Núcleo de Desertificação de Irauçuba leia: BRANDAO (2003); LUSTOSA (2004).

(PE), (figura 9.1). A localização dos Núcleos de Desertificação é mostrada na figura 9.5 e na 9.6 estão citadas as suas principais características. Nesses núcleos foi constatado que o fator antropogênico para a intensa degradação, de uma maneira geral, foi a substituição da caatinga para as práticas de agricultura, pecuária e retirada de madeira para produção de lenha e carvão. Alguns fatores associados foram a mineração e a extração de argila de solos aluviais. Entretanto, sabe-se que o grau do impacto antropogênico nesses quatro núcleos é variável, pois a natureza geomorfológica, pedológica e climática também são relevantes e, muitas vezes, distintas. O Núcleo de Desertificação de Gilbués, por exemplo, é o único localizado em área de clima subúmido seco, onde predomina a vegetação de cerrado nas chapadas e caatinga nos vales e superfícies erodidas. Os solos da região de Gilbués - Argissolos e Neossolos - são derivados

FIGURA 9.6



Caracterização demográfica dos Núcleos de Desertificação.

Para saber mais sobre o Núcleo de Desertificação de Seridó leia: SAMPAIO et al., 2003.

da Formação Areado, sendo que nas chapadas apresentam granulometria arenosa e em direção à base passam para a granulometria de siltito, com intercalações argilosas. De acordo com OLIVEIRA (2005), os solos das chapadas têm maior resistência à erosão hídrica, resultando em patamares menos erodidos e mais extensos, ao contrário dos solos dos vales.

A paisagem do Núcleo de Desertificação de Irauçuba reflete as condições climáticas, geológicas e geomorfológicas regionais, sendo que a aridez do clima de Irauçuba é maior do que a definida no clima regional semi-árido e é decorrente de sua localização estar na zona de sombra de chuva da serra de Uruburetama. A vegetação predominante é a caatinga que se encontra bastante descharacterizada, tanto pela interferência antrópica, por meio da agricultura (dominantemente de subsistência), da pecuária (principalmente a caprinocultura) e da retirada de lenha e carvão, como pela incidência de períodos críticos de estiagem acentuada. O Núcleo de Irauçuba apresenta solos derivados de gnaisses e migmatitos como Argissolos, Luvisolos, Planossolos e Neossolos Litólicos, sendo que este último apresenta vulnerabilidade muito alta à erosão, devida sua localização nas encostas de declives muito acentuados. Planossolos e Luvisolos por se localizarem em relevos planos a ondulados apresentam vulnerabilidade à erosão moderada.

O Núcleo de Desertificação de Seridó apresenta solos derivados de Gnaisses, Micaxistos e Granitos, com o predomínio de Luvisolos, Planossolos e Neossolos. A combinação de solos rasos e clima seco leva a uma limitação hídrica grande para as plantas, mesmo as nativas. O resultado é uma vegetação arbustiva, baixa e muito aberta, entremeada por herbáceas. Além dessas causas naturais, a ocupação humana continuada, predominantemente com pecuária extensiva e alguma agricultura de subsistência, tem contribuído para a degradação dessa área.

No Núcleo de Desertificação de Cabrobó as áreas com grau severo de desertificação atingem cerca de 100.000 ha e correspondem àquelas áreas com pecuária onde predominam Planossolos Háplicos e Náplicos, Luvisolos e Neossolos Litólicos. SÁ e colaboradores, em 2006, também identificaram que na maior parte dos municípios de Santa Maria da Boa Vista e Orocó, o grau de severidade à desertificação é acentuado. Nessas áreas predominam Neossolos Flúvicos.

As características desses quatro núcleos de desertificação exemplificam o caráter ambiental essencialmente frágil das ASD, nas quais as atividades econômicas, essencialmente extrativistas, comuns e recorrentes em toda região, podem contribuir para a degradação dos recursos naturais – água, solo e vegetação, se técnicas de manejo de água e solo não forem utilizadas corretamente, em qualquer atividade antrópica. Como descrito no capítulo XI, é necessário um sistema de planejamento ou uma ferramenta de análise ambiental que atue como balizadora para qualquer intervenção nessas regiões.

Em relação aos núcleos de arenização, as áreas de ocorrência estão diretamente vinculadas aos municípios de Quaraí, Alegrete, Itaqui, São Francisco de Assis, Manuel Viana, Maçambará, Unistalda, São Borja, Rosário do Sul e Cacequi (tabela 9.1). A extensão de areais para o conjunto desses municípios é de pouco mais de 3.000 há conforme o último levantamento feito através de classificação de imagens do satélite LANDSAT (2005). Cabe destacar que estudos mais recentes indicam o processo de arenização em outras áreas do território brasileiro, em particular no Sudoeste Goiano, região com a maior concentração de Neossolos Quartzarênicos. Estima-se que a maior parcela deste tipo de solo no estado de Goiás concentra-se em Serranópolis e corresponde a 42,12% da área do município. Estas áreas reconhecidas como arenizadas foram recentemente mapeadas e sua extensão está em torno de 7.719,30 ha. ANTUNES (2006) destaca que esses locais representam territórios degradados pelo desmatamento e uso do solo para a agricultura e/ou pastagens.

Para saber mais sobre o Núcleo de Desertificação de Cabrobó leia: SÁ et al. (2006).

Tabela 9.1 Caracterização dos Núcleos de Arenização							
Município	Área do município (km ²)	Área de areais (km ²)		% de areais por município		Nº de manchas arenosas	
		1989	2004/2005	1989	2004/2005	1989	2004/2005
Alegrete	7.720,6	9,35	9,4	0,1211	0,1217	242	229
Cacequi	2.333,1	0,09	0,18	0,0040	0,0077	7	10
Itaqui	3.296,7	0,23	0,14	0,0071	0,0044	11	9
Maçambará	1.788,6	2,76	2,76	0,1547	0,1544	63	54
Manuel Viana	1.287,4	5,52	5,62	0,4287	0,4364	69	71
Quaraí	3.224,7	2,3	2,34	0,0714	0,0726	33	28
Rosário do Sul	4.378,9	0,15	0,26	0,0035	0,0060	10	13
São Borja	3.801,8	1,95	2,12	0,0513	0,0559	44	39
São F. de Assis	2.598,6	7,65	7,21	0,2945	0,2773	200	213
Unistalda	576,0	0,22	0,23	0,0389	0,0408	13	12
TOTAL	31.006,4	30,22	30,27	0,0975	0,0976	692	678

9.3 – VULNERABILIDADE E GESTÃO AMBIENTAL EM ÁREAS SUSCETÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO E À ARENIZAÇÃO

A avaliação da vulnerabilidade fornece uma estrutura para entender aonde é vulnerável e por quê, bem como para identificar as causas sociais, econômicas e ambientais dos impactos da seca, estiagem ou outro aspecto da degradação ambiental. Nesta seção são apresentados alguns exemplos de avaliação de vulnerabilidade no âmbito nacional e local. Deve ficar claro que, em cada escala, a informação serve para um dado tipo de usuário, e o detalhe da informação aumenta quando se chega à escala local. Uma vez que tenham sido identificadas as principais causas da vulnerabilidade, cabe ao gestor identificar junto à comunidade as ações correspondentes para reduzir os riscos da seca ou outro problema ambiental em questão.

3.1 Esforço internacional

A seca é uma característica perene em muitos países da África, o que estimula esforços globais para desenvolver estratégias de resposta mais efetivas com ênfase ao preparo da população para o evento e à mitigação dos seus efeitos negativos. Por exemplo, o capítulo 12 da Agenda 21 contém um programa específico para o combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca; a Convenção das Nações Unidas de Combate à Deserti-

O Brasil elaborou seu Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil, em dezembro de 2004 (MMA, 2004). A elaboração dos PANs é uma das obrigações dos países que ratificaram a Convenção de Combate à Desertificação.

ficação - UNCCD também se refere à necessidade dos países afetados desenvolverem medidas mais efetivas para mitigar os efeitos da seca.

O Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (UNDP) vem desenvolvendo um programa junto aos países parte da UNCCD com o objetivo de fortalecer a capacidade dos países afetados a responder proativamente à seca, no contexto dos Programas de Ação Nacionais (PANs). Este apoio pretende desenhar uma estrutura nacional de política de seca que detalhe a gama de medidas políticas que os governos podem pôr em prática para lidar com secas periódicas, como o fortalecimento de um sistema de alerta precoce; a integração de indicadores biofísicos e socioeconômicos para apoiar os esforços do monitoramento e avaliação, entre outros.

3.2 Metodologias de avaliação da vulnerabilidade

O entendimento da vulnerabilidade das pessoas à seca é complexo. Sendo assim, melhorar o entendimento sobre a desertificação e a arenização, bem como sobre as tendências e os impactos da seca requer informações gerais básicas sobre os recursos naturais, incluindo vegetação, clima, topografia, hidrologia, características de solo e atividades humanas. Indicadores para monitorar e avaliar a mudança climática, degradação dos recursos naturais e desmatamento também são relevantes e devem ser complementados com informações sobre os fatores socioeconômicos que provavelmente influenciam os processos da desertificação e da arenização (por exemplo, indicadores demográficos, práticas culturais, acesso a serviços sociais e de infraestrutura básica). Esta informação básica constitui uma importante ferramenta de planejamento tanto para a conservação dos recursos da terra como para os setores econômicos que exploram recursos biológicos.

Os indicadores têm a função de sintetizar e comunicar relevantes informações para a avaliação de um assunto, bem como simplificar o entendimento de um processo complexo. Diversos modelos têm sido desenvolvidos para produzir indicadores, sendo que a estrutura mais utilizada é a de Forças Motrizes - Pressão - Estado - Impacto - Resposta (DPSIR). Esta estrutura vem sendo muito utilizada para o monitoramento de indicadores ambientais. A estrutura DPSIR distingue cinco aspectos diferentes dos problemas ambientais, conforme descreve o quadro 9.3.

O principal objetivo de incluir tanto indicadores como índices é apresentar a informação no nível de análise necessária para o usuário. Por exemplo, o

Para saber mais sobre indicadores e métodos de avaliação da vulnerabilidade leia: WINOGRAD et al. (2000); JESINGHAUS,(2000); SEGNESTAM et al. (2000); GEO-3 (2001); GIUPPONI (2002); TREATY. (2003); IBGE, (2005); UNDP (2005).

desenvolvimento do Índice de Risco a Desastres (DRI - Disaster Risk Index), tem como objetivo melhorar o entendimento das relações entre desenvolvimento e risco a desastres. Sua meta é fornecer evidências para sustentar uma mudança no planejamento e desenvolvimento de políticas (UNDP, 2005).

Determinação das áreas de vulnerabilidade à desertificação no âmbito nacional

No âmbito nacional, LIMA et al. (2005) elaboraram uma proposta para a construção de um Índice de Vulnerabilidade a Secas e Enchentes - IVSE, baseado em indicadores de impacto socioeconômico, para as regiões suscetíveis à desertificação no Brasil, referentes ao ano de 2000. Este trabalho está incompleto, pois ainda precisam ser estabelecidos indicadores referentes (i) à qualidade do solo; (ii) à qualidade da cobertura vegetal; e (iii) à qualidade do clima. Para possibilitar comparações com outros países, a continuidade deste trabalho usará a metodologia adotada pelos países do Mediterrâneo Europeu e Africano (Portugal, Itália, Grécia, Espanha, Turquia e Egito, Argélia, Marrocos,

Maiores informações sobre o IVSE podem ser obtidas em LIMA et al. (2005).

Quadro 9.3 Aspectos considerados no Modelo DPSIR	
Forças motrizes	São as tendências básicas setoriais como em energia, indústria, agricultura que causam as pressões ambientais.
Pressão	Descreve as causas reais do problema, como por exemplo a exploração dos recursos (terra, água, minerais, etc). A pressão por sua vez afeta o estado do ambiente.
Estado	Descreve alguma característica física, mensurável, do ambiente e sua conseqüente habilidade de suportar as demandas impostas a ele.
Impacto	As mudanças no estado podem ter um impacto sobre a saúde humana, o ecossistema, a biodiversidade. O impacto pode ser expresso em termos do nível do dano ambiental, ou seja, descrevem os efeitos finais das mudanças de estado.
Resposta	São as políticas, as ações ou investimentos e os esforços dos governos e da sociedade que serão introduzidos para resolver os problemas identificados pela avaliação dos impactos, como por exemplo, políticas, planos de ação. As variáveis de resposta aos problemas ambientais podem afetar as variáveis estado, direta ou indiretamente.

Quadro 9.4 Informações detalhadas do Índice de Vulnerabilidade		
Categoria de vulnerabilidade	Informação Detalhada	Informação Agregada
1 - Efeito	% de pessoas com renda per capita < R\$ 75,00 (PNUD); % de agricultores por município que perderam mais de 50% da produção devido às secas, em relação ao total que aderiu o Garantia Safra em 2002 (SAF-MDA).	Índice de Vulnerabilidade a Secas e Enchentes
2 - Risco	- Relação dos municípios que declararam estado de calamidade nas secas de 93 e 98 (Defesa Civil-MIN); - Relação dos municípios que foram atingidos pela enchente de janeiro de 2004 (Defesa Civil-MIN).	
3 - Saúde e qualidade de vida	% de pessoas sem esgoto sanitário (IBGE, 2003); % de mortalidade de crianças com menos de 5 anos (PNUD)1; % de crianças de 7 a 14 anos analfabetas (IPEA); % de pessoas que tiram água de poço (IBGE, 2003).	

Tunísia e Líbia), no âmbito da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação. O estudo abrangeu 2.717 municípios dos nove estados no Nordeste, incluindo os municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. O IVSE foi calculado pela média ponderada de três categorias de vulnerabilidades, de acordo com o quadro 9.4.

Conforme se definiu em trabalhos anteriores (MATALLO JR., 1999), quando o Índice de Aridez estiver entre 0,21 a 0,50 a suscetibilidade à desertificação será alta; quando estiver entre 0,51 a 0,65, moderada; e acima de 0,65, baixa. Optou-se por seguir esta mesma classificação para o IVSE. Assim, da correlação entre IA e IVSE ($R = -0,35$), obtiveram-se os limites para o IVSE, conforme quadro 9.5.

De acordo com este critério, em média, os estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas apresentam vulnerabilidade alta; Bahia, vulnerabilidade moderada e os estados de Sergipe, Maranhão, Minas Gerais e Espírito Santo, vulnerabilidade baixa.

A espacialização do IVSE, por município, está mostrada na figura 9.7. LIMA e colaboradores (2005) analisando os 1.488 municípios que compreendem as ASD, com respeito aos indicadores de impacto relacionados com a vulnerabilidade socioeconômica,

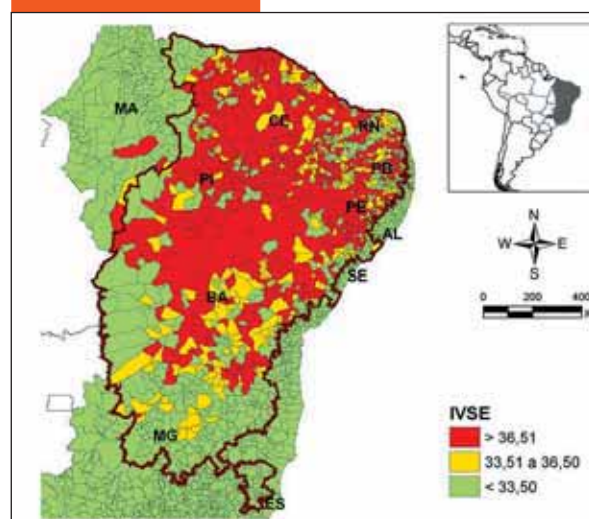
conforme quadro 9.5, concluíram que em 674 municípios, ou em 45,5% do total, as condições socioeconômicas da região são altamente vulneráveis a secas e enchentes ($IVSE > 36,5$).

Determinação das áreas de risco no âmbito local

Dependendo da escala em que a informação é produzida – regional, nacional ou local – usam-se diferentes tipos de informações, assim como se organizam os indicadores de maneira diferente. Por exemplo, no nível nacional, a informação visa orientar os tomadores de decisão para melhorar as estratégias, sistemas e políticas existentes para monitorar e avaliar a desertificação e a seca. Já no nível local, a informação produzida pelo indicador deve ser mais detalhada.

Quadro 9.5 Indicadores para o IVSE	
Limites para o IVSE	Vulnerabilidade
> 36,5	alta, correspondente ao limite inferior para clima semi-árido
36,49 – 33,5	moderada
< 33,5	baixa

FIGURA 9.7



IVSE por município.
Fonte: LIMA et al. (2005)

Para saber mais sobre indicadores e áreas de risco leia: TREATY, (2003); IPECE, (2006).

A agregação de indicadores socioeconômicos, no nível nacional, têm pouca relevância para uma situação específica onde a degradação, a desertificação, a seca ou a estiagem está acontecendo. Então, o problema a ser solucionado no nível local é de como desagregar a informação, para refletir situações específicas ou acessar informação específica para assegurar relevância e qualidade.

Como exemplo de determinação de áreas de risco no âmbito local, cita-se o estudo elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, que iniciou em 2004 um projeto piloto com o objetivo de orientar os tomadores de decisão que compõem o Grupo Interinstitucional Permanente de Convivência e Desenvolvimento Sustentável do Semi-árido, com vistas ao estabelecimento de mecanismos de monitoramento e ações preventivas junto aos municípios mais vulneráveis aos fenômenos climáticos.

O Índice Municipal de Alerta – IMA é um instrumento para disponibilizar, principalmente sob a forma de previsões, informações confiáveis pertinentes às áreas de meteorologia, recursos hídricos, produção agrícola e meio ambiente, de modo que, devidamente decodificadas, essas informações possam permitir adoção antecipada de ações voltadas a soluções temporárias e permanentes dos problemas de

correntes dessas irregularidades climáticas e da instabilidade econômica e social nas localidades afetadas por esses eventos. O IMA pode ser adotado como metodologia orientadora, capaz de indicar quais são os municípios mais vulneráveis aos fatores climáticos e socioeconômicos. Pode ser, também, um instrumento balizador, envolvido nas ações de prevenção e mediação de tensões e conflitos sociais por meio de ações efetivas dos poderes estadual e municipal. Esse índice foi construído a partir de 12 indicadores que refletem a vulnerabilidade dos municípios relacionada aos aspectos agrícolas e climatológicos: produtividade agrícola por hectare; produção agrícola por habitante; utilização da área colhida com culturas de subsistência; perda de safra; proporção de famílias beneficiadas com o Programa Bolsa Família; número de vagas do Seguro Safra por 100 habitantes rurais; climatologia; desvio normalizado das chuvas; escoamento superficial; índice de distribuição de chuvas; índice de aridez; taxa de cobertura de abastecimento urbano de água. As classes de vulnerabilidade foram determinadas conforme o desvio padrão. A situação obtida para 2005 está resumida no quadro 9.6.

Esse tipo de informação só pode ser obtida por meio de um profundo trabalho de campo, já que não se pode extrapolar estatísticas nacionais. Já a tradução dessa informação para a população requer a formação de uma rede em nível local, o que facilita o processo participativo, bem como organiza as atividades e ações que podem ser tomadas. Um exemplo de metodologia para a condução desse processo é mostrado na seção seguinte.

Quadro 9.6
Classes de vulnerabilidade

Classes	Vulnerabilidade	Valores	Municípios atingidos/cor
1	Alta	para valores superiores ao índice médio somado ao valor do desvio padrão	27/ vermelha
2	Média-alta	para valores maiores que o valor médio e menores que a média mais o valor do desvio padrão	69/ laranja
3	Média-baixa	para valores inferiores à média e superiores à média menos um desvio padrão	59/ amarela
4	Baixa	para índices com valores inferiores à média menos um desvio padrão	29/ amarelo claro

3.3. Utilização da informação

A avaliação da vulnerabilidade exige uma estrutura para identificar as variáveis sociais, econômicas e ambientais relacionadas com os impactos da

seca. Ela faz a ponte entre a avaliação do impacto e a formulação de políticas para atender as causas subjacentes da vulnerabilidade e seus impactos negativos. Por exemplo, o impacto direto da falta de precipitação pode reduzir os rendimentos da colheita. Porém,

a causa subjacente desta vulnerabilidade pode ser agravada pelo fato dos fazendeiros não terem usado sementes resistentes à seca, ou porque eles não acreditaram na utilidade delas, ou porque os custos eram muito altos, ou ainda por convicções culturais.

Para exemplificar tal questão foram adaptadas as etapas de um processo participativo utilizado na América Central, conforme descrito em SEGNESTAM et al., (2000), e pelo Centro Nacional de Mitigação da Seca (NDMC) para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade e condução de ações e medidas para reduzir a vulnerabilidade da sociedade à seca, conforme descrito em KNUTSON et al., (1998). Esta metodologia proposta apresenta cinco passos, descritos no quadro 9.7.

É interessante neste processo que seja construída uma matriz como a apresentada no quadro 9.8, onde podem ser listadas as prioridades dos impactos da seca, as causas subjacentes da vulnerabilidade exposta e as ações de mitigação que são apropriadas para reduzir o risco à seca. A partir desse entendimento comum, se começa a investigar que ações poderiam ser conduzidas para tratar de cada causa. A sucessão seguinte de perguntas pode ser útil para identificar ações potenciais:

- *A causa básica pode ser mitigada ou modificada antes da seca/estiagem? Se sim, então como?*
- *A causa básica pode ser modificada durante ou depois de uma seca/estiagem? Se sim, então como?*

Quadro 9.7	
Descrição do método voltado a tomada de decisão para reduzir vulnerabilidade	
Passos	Seqüência metodológica
1	Organizar oficinas com os principais atores (agricultores, técnicos extensionistas, prefeitos, etc.) para discutir as metas;
	Identificar os indicadores sociais, econômicos, biofísicos;
	Consequências/impactos mais recorrentes da seca;
	Discutir um plano de trabalho;
	Identificar as capacidades e garantir a participação das diversas instituições que atuam localmente;
2	Envolver diversas instituições – âmbito federal e estadual - para harmonizar atividades, identificar pessoas de contato, e informar os usuários sobre o progresso que tem sido alcançado e sobre as necessidades futuras;
3	Identificar as ações;
4	Realizar as ações, ou seja “fazer”;
5	Organizar um componente de treinamento e construção de capacidades para garantir a continuidade do trabalho a longo prazo.

Quadro 9.8						
Matriz de identificação de ações de mitigação da seca e/ou estiagem						
Impacto da seca	Causas	Possíveis ações	Mitigação (M), resposta (R) ou risco aceitável (RA)	Factível?	Efetivo para redução do impacto?	Para fazer?
Perda de culturas agrícolas	Variação Climática	Mudança do tempo	M			
		Monitoramento do tempo	M			
	Falta de irrigação	Transporte de água durante a seca	R			
		Assistência do Governo	M			
	Troca do sistema agrícola	Validação de tecnologias	M			
	Outras causas					

- *Existe alguma causa básica, ou aspecto da causa básica, que não pode ser modificado ou deve ser aceito como um risco relacionada à seca para sua atividade ou área ?*
- *As ações são de curto, médio ou longo prazo?*
- *Que ações representam, razoavelmente, as necessidades de indivíduos e grupos afetados?*

3.4. Ações de prevenção, mitigação e recuperação

Após terem sido identificados as causas, os impactos e as potenciais ações, o próximo passo é escolher que ações podem ser tomadas para reduzir o risco. Esta seleção deveria ser baseada em preocupações como viabilidade, efetividade, custo e equidade.

De acordo com KNUTSON e colaboradores (1998), para escolher ações apropriadas, pode ser útil seguir algumas questões:

- *Qual é a relação custo/benefício da ação?*
- *Que ações são julgadas possíveis e destinam-se ao público geral?*
- *As ações são práticas sustentáveis?*
- *As ações direcionam a combinação correta das causas para reduzir adequadamente o impacto relevante?*

Novamente, uma matriz pode ser importante para organizar preocupações relativas às ações pertinentes. Uma vez que as ações de redução de risco apropriadas tenham sido escolhidas, elas deveriam ser compiladas de uma forma compreensiva, explicativa. Sugere-se que o “Fazer” (passo 4 do quadro9.8) seja dividido “em ações que serão feitas agora” contra “o que será executado durante ou depois de uma seca”. Além disto, pode também ser útil classificar as áreas de vulnerabilidade identificadas como categorias de alto, médio e baixo risco, conforme foi feito no nível nacional.

Acreditamos que este processo, bastante simples, tem o potencial para conduzir à identificação de atividades para redução do risco à seca/estiagem de maneira efetiva e apropriada, além de aumentar o nível de conhecimento e entendimento da população local sobre o assunto.

LEITURAS RECOMENDADAS

UNDP. UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. 2005 Report Reducing Disaster Risk: A challenge for development.. Disponível em: http://www.undp.org/bcpr/disred/documents/publications/rdr/english/rdr_english.pdf. Acesso em: 20/04/2005

MA. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005 Ecosystems and human well-being: desertification synthesis. Washington: World Resources Institute, 26 p.

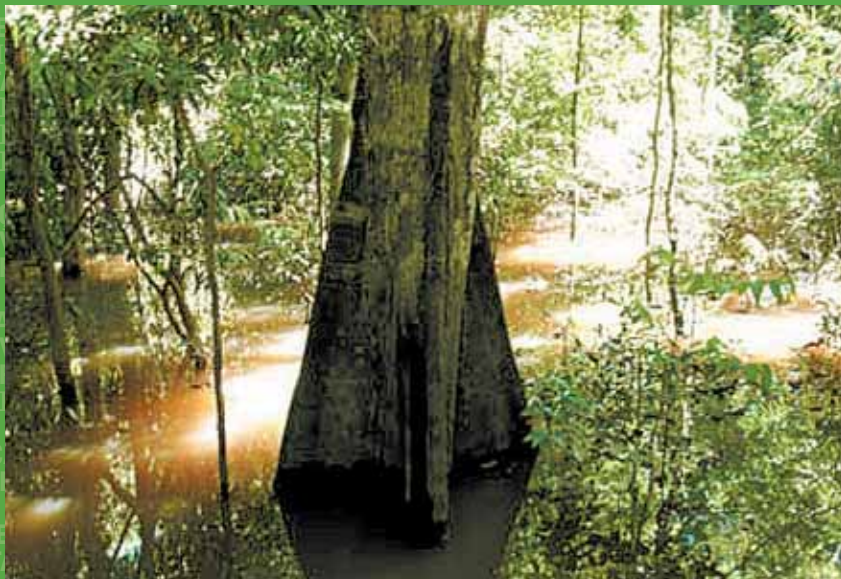
MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. 2004 Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Brasília: MMA/SRH, disponível em: <http://desertificacao.cnrh-shr.gov.br>

SUERTEGARAY, D.M.A. 1992 Deserto Grande do Sul. Controvérsia. Porto Alegre : Editora da Universidade, UFRGS.

CAPÍTULO 10

VEGETAÇÃO, VULNERABILIDADE E QUALIDADE AMBIENTAL

■ Waldir Mantovani & Rozely Ferreira dos Santos



FLORESTA AMAZÔNICA

CAPÍTULO 10

VEGETAÇÃO, VULNERABILIDADE E QUALIDADE AMBIENTAL

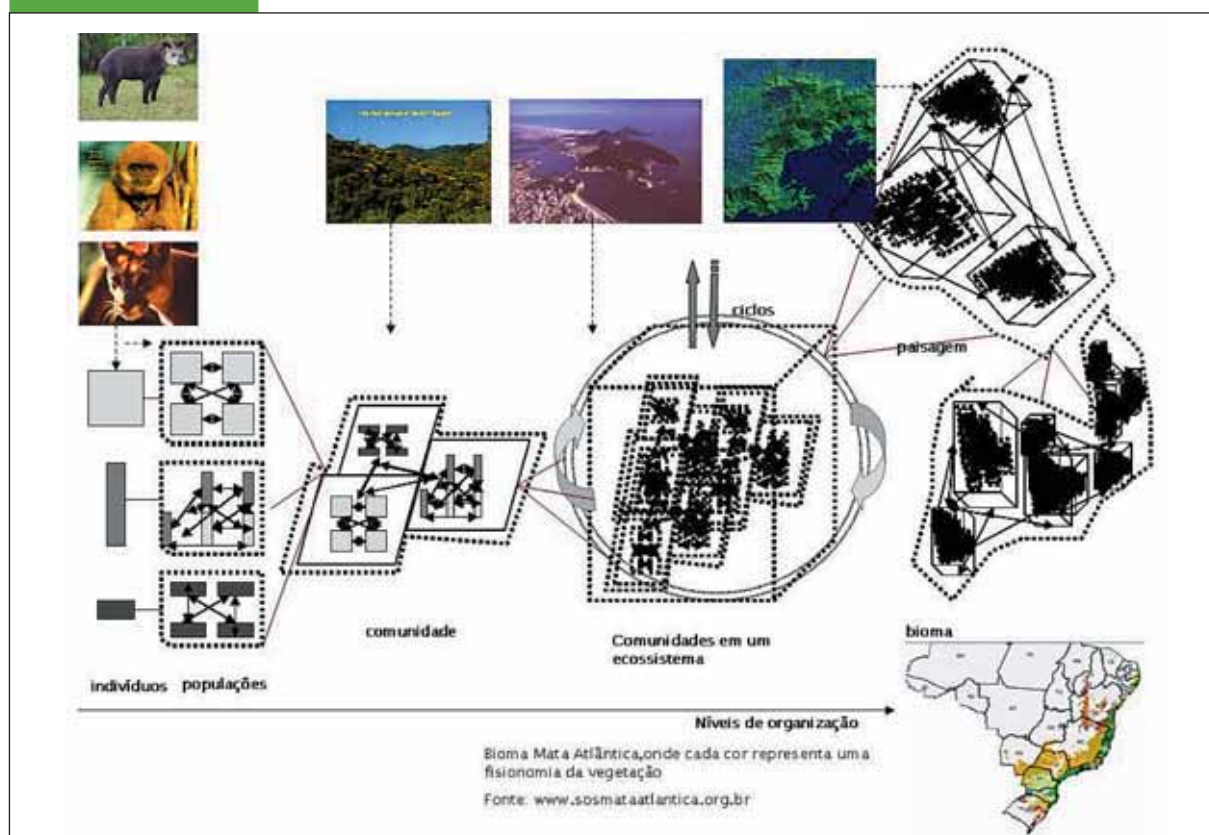


Os seres vivos podem ser analisados em diversos níveis de organização, nos quais há propriedades que lhes são características. Assim, podemos buscar entender relações (a) entre indivíduos de uma mesma espécie, que mantêm fluxo gênico entre si, em um determinado espaço e em um período de tempo, ou seja, em populações; (b) de populações formando comunidades; (c) de comunidades interagindo com os seus ambientes físicos, por meio dos quais há ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, em ecossistemas; (d) de ecossistemas integrados em paisagens; (e) do conjunto de ecossistemas que se repetem em paisagens de várias regiões com climas semelhantes,

em biomas; e (f) do grupo dos organismos vivos na Terra, relacionando-se com o ambiente físico como um todo, na biosfera ou ecosfera (figura 10.1).

Cada organismo ou população está, então, inserido em um sistema complexo de interdependência, influenciado em sua dinâmica, em parte, por suas interações com vários fatores físicos de seu ambiente e, também, pelas dinâmicas e atividades de vários organismos ao seu redor, o que afeta suas performances. Desta forma, conforme já descrito no capítulo II, qualquer interferência humana, seja em nível de população, seja em nível de bioma, conduz para outras formas e funções,

FIGURA 10.1



Níveis de organização, de população a bioma.

Fonte das imagens: www.sosmataatlantica.org.br

interrompendo ou fragilizando os fios de dependência entre os diferentes níveis e, conseqüentemente, induzindo ou aumentando a probabilidade de desastres. A magnitude de um evento catastrófico está diretamente ligada à quantidade e intensidade das alterações sobre as propriedades e funções que ocorrem em um determinado ambiente. Assim, para entender o papel da vegetação na contenção, prevenção ou mitigação dos fenômenos descritos neste livro é necessário antes compreender um pouco sobre os processos que encadeiam o elemento da natureza cobertura vegetal aos outros elementos do território envolvidos com os desastres, como o solo e a precipitação, conforme descritos anteriormente. Por outro

lado, também reconhecemos que o conjunto de feições e aspectos da vegetação pode propiciar melhores (ou piores) condições de equilíbrio e sustentação ao meio no sentido de evitar eventos indesejáveis ao homem. O Brasil possui uma quantidade infinda de formas e tipos de cobertura vegetal, combinadas com diferentes composições de terreno, muito deles complexos, e em todos os níveis de organização. Por esta razão, se quisermos aprender sobre a real proteção que a cobertura vegetal pode oferecer a esses eventos, antes devemos saber reconhecer nas diferentes escalas de observação essa diversidade, heterogeneidade e complexidade do território brasileiro.

10.1 – OS ELOS ENTRE INDIVÍDUO, POPULAÇÃO E COMUNIDADE

Em qualquer região da Terra há grupos de populações que coexistem, mantendo entre si algumas relações tróficas (figura 10.2) ou outras interações, onde a base da cadeia é a vegetação. Este grupo de populações forma o que é denominado de comunidade biológica ou biocenose, definida como o grupo de espécies (vegetais ou animais) que ocorrem em determinado local, em um período de tempo. Comunidades biológicas também podem ser definidas como o conjunto de elementos vivos, ou a biota de um ecossistema, sendo um grupo de espécies interagindo entre si e com o ambiente físico. Este grupo de espécies ocorre conjuntamente no interior de uma área geográfica determinada e suas funções e dinâmicas são interdependentes.

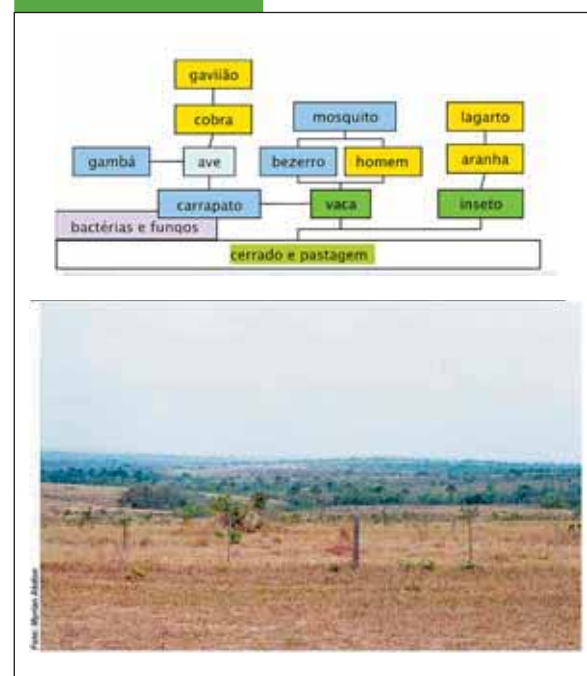
As comunidades apresentam certos atributos, como a fisionomia, o nicho, a guilda, a sinúsia e a diversidade de espécies ou diversidade alfa, conforme veremos adiante. Além disto, as comunidades se definem por seus limites e padrões, pelas interações entre suas diferentes espécies componentes, por sua estabilidade e constância, podendo se repetir em diversas regiões da Terra.

1.1 Conceitos e atributos das populações e comunidades vegetais

A fisionomia de uma comunidade vegetal é uma combinação da sua aparência, sua estrutura vertical e horizontal, representada pela estrutura da

biomassa e/ou a arquitetura das plantas, pelas formas de crescimento de seus grupos dominantes, pela cobertura do solo, índice de área foliar e pelos padrões que se sucedem em virtude das diferentes estações do ano, como a queda de folhas, o brotamento, a floração e a frutificação (fenofases). Os animais respondem a estas variações estacionais apresentando comportamentos diversos, como a migração, a hiber-

FIGURA 10.2



Relações tróficas em uma paisagem que associa pastagem e cerrado. Um melhor detalhamento desse processo encontra-se no item 1.3 deste capítulo.

FIGURA 10.3

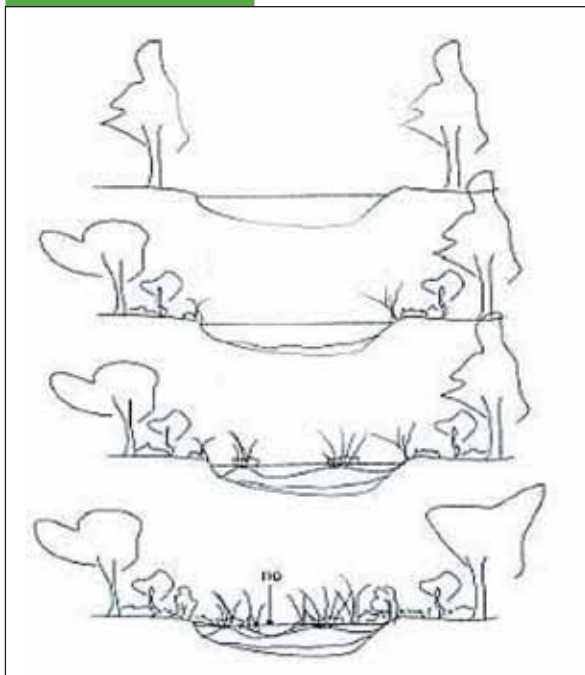


(a) Perfil de um trecho de floresta evidenciando a estrutura vertical e horizontal e (b) exemplos de formas de vida (espécies emersas a linha de água e com raízes fixas ao solo, espécies fixas com folhas flutuantes, submersas fixas ou livres entre outras formas). A observação das formas de vida em uma comunidade reflete as diferentes adaptações das espécies de planta ao ambiente.

nação ou outras adaptações associadas ao seu ciclo de vida.

A fisionomia também demonstra diversas propriedades da vegetação, como as formas de vida e de crescimento, que compõem estratos verticais mais ou menos distintos (figura 10.3), o ciclo de vida e a fase deste ciclo na qual se encontram os indivíduos que a compõem.

FIGURA 10.4



Perfil esquemático de um rio que foi paulatinamente assoreado por atividades humanas a montante, evidenciando a ocupação sucessiva por espécies vegetais de diversas formas de vida e crescimento, adaptadas a nova condição do meio.

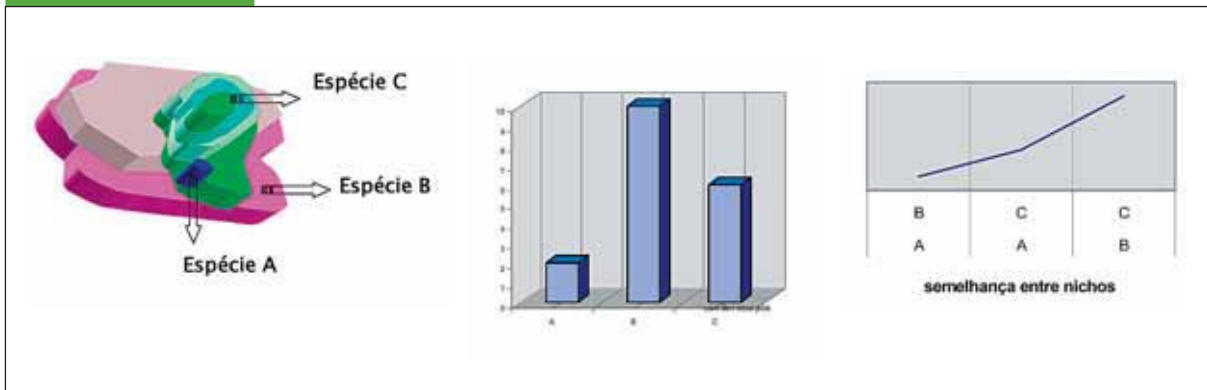
Fonte: elaborado por Claudia Shida e Verônica Sabatino

Alterações na estrutura de comunidades, sejam naturais, como o deslizamento em uma encosta com floresta conservada, ou sejam antrópicas, como a abertura de clareiras, acarretam processos de sucessão, nos quais, dependendo do grau de alteração, comunidades podem ser substituídas ao longo do tempo, em geral indo de comunidades mais simples àquelas mais complexas (figura 10.4). Fisionomias diferentes, funcionalmente específicas, fornecem graus diferentes de proteção ao meio e, com frequência, ao seu papel de mitigação ou evitação dos eventos indesejados descritos neste livro. Por isto as comunidades devem ser olhadas pelos planejadores através de suas dinâmicas funcional e estrutural.

Alguns descritores da estrutura de comunidades são indicadores de características de suas populações constituintes, como a frequência, que reflete a distribuição dos indivíduos de uma população no espaço horizontal; a densidade, que é uma medida da sua abundância numérica; e a dominância, que reflete a abundância da biomassa contida na população, descrevendo a influência que a espécie tem na comunidade.

O papel desempenhado por uma espécie dentro de uma comunidade, nas suas interações com outras populações no tempo, representa o seu nicho ecológico, e pode ser representado por vários eixos ambientais ou o hiperespaço-hipervolume. Como as espécies apresentam características distintas entre si, cada espécie tem o seu próprio nicho e quanto mais similares forem os nichos de duas espécies, mais intensa será, potencialmente, a competição entre elas. Quando uma população possui nichos amplos,

FIGURA 10.5



Simulação de espaços ocupados e uso de recursos pelos nichos de três espécies, com sobreposições e níveis de domínio distintos entre os nichos.

dizemos que estamos diante de uma espécie generalista e, ao contrário, quando ela é especialista no uso de recursos, então a população deve apresentar nicho estreito. Um conceito que se encontra relacionado ao de nicho é o de habitat, que se refere à área de ocorrência da população ou à sua distribuição (figura 10.5).

Dentro das comunidades ainda podem ser definidas as sinúcias, ou os grupos de espécies que têm a mesma forma de vida e exploram a mesma classe de recursos ambientais, como as bromélias-tanque epífitas (figura 10.6), e as guildas, que definem um grupo de espécies que exploram a mesma classe de recursos ambientais, de forma semelhante, como são as epífitas.

FIGURA 10.6



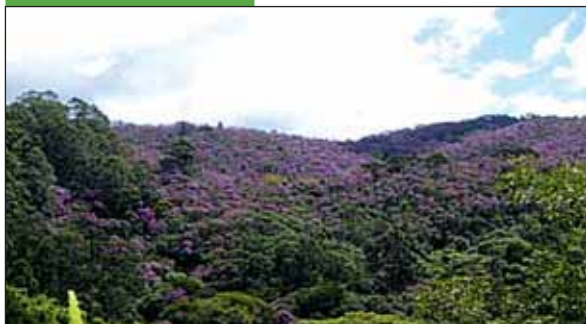
Bromélias tanque são as aquelas cujas folhas apresentam uma bacia larga, acumulando água e detritos no centro de sua larga roseta e oferecendo um ambiente propício para outros seres vivos. Epífitas são plantas que se desenvolvem sobre outras plantas, porém produzindo seu próprio alimento por fotossíntese, como certas orquídeas, bromélias, musgos e líquens.

A diversidade de espécies em um determinado local em um determinado tempo (diversidade alfa) é uma característica da comunidade que tem dois componentes diferentes: a riqueza e a uniformidade ou equabilidade. A riqueza refere-se ao número de espécies e a equabilidade à contribuição que dão à estrutura da vegetação, podendo ser medida pelo número de indivíduos das populações ou pela biomassa que contêm.

Diversos fatores são considerados determinantes da diversidade em comunidades, ressaltando-se o seu grau de conservação, a estabilidade climática, a produtividade e as interações entre as espécies. De acordo com esses fatores que atuam, em geral, concomitantemente, nas comunidades mais velhas, que se situam sob climas mais estáveis, em regiões em que o fluxo de energia é maior e onde as interações bióticas acarretam em estreitamento de nichos, há maiores diversidades específicas. As comunidades situadas nos trópicos são, por isto, geralmente mais diversas que aquelas observadas em latitudes maiores. Por outro lado, essas comunidades costumam ser mais frágeis às alterações humanas e, uma vez ameaçadas, o meio como um todo, desprotegido, torna-se altamente vulnerável a eventos catastróficos.

Uma característica de comunidades que se contrapõe à diversidade específica é a dominância, quando uma ou poucas populações apresentam maior número de indivíduos ou maior biomassa que as demais (figura 10.7). Entre as várias populações que compõem as comunidades umas poucas são encontradas em abundância, com grandes quantidades de indivíduos ou biomassas elevadas. Estas populações dominantes exercem influência muito grande

FIGURA 10.7



Paisagem com dominância de uma população (quaresmeira em flor) no Parque Nascentes do Tietê, em área de Mata Atlântica

sobre as demais, determinando características das comunidades.

As populações dentro de comunidades mantêm entre si diversos tipos de interações, que vão da exclusão competitiva, a predação, incluindo a herbivoria e o parasitismo, ao comensalismo e ao mutualismo. Para que duas populações mantenham interações entre si é necessário que haja uma sobreposição parcial ou total de nichos. Quando duas ou mais populações têm seus indivíduos utilizando recursos escassos ou, principalmente no caso de animais, quando o comportamento na busca ou manutenção de recursos, escassos ou não, interfere em outras populações, fala-se em competição por recursos e em competição por interferência direta. As relações competitivas resultam em alterações negativas no crescimento e na sobrevivência das populações envolvidas. Se duas populações têm requisitos muito similares em um ambiente que se encontra próximo de sua capacidade suporte, há favorecimento de organismos, dentro das populações, que tenham características genéticas que favoreçam uma menor sobreposição no uso dos recursos, o que poderá redundar em alterações na composição gênica populacional, num processo de evolução. Esse fato pode acarretar no estreitamento de nichos, comumente observado em comunidades nas quais as interações populacionais são muito intensas. Espécies que têm limites de tolerância amplos costumam ter vantagem competitiva em relação às demais.

O extremo oposto da máxima competição é o mutualismo ou simbiose, que se refere a pares de espécies que ganham mais em termos de sobrevivência, crescimento e reprodução quando estão juntas interagindo do que quando vivem isoladas. Cabe lembrar que, para alguns autores, o termo mutualismo é empregado apenas para duas espécies que interagem

obrigatoriamente, não sobrevivendo fora da relação, como por exemplo, os líquens, que são associações entre algumas espécies de fungos e de algas, e as bactérias fixadoras de nitrogênio encontradas nos sistemas radiculares de leguminosas. As interações mutualistas entre duas espécies acarretam a possibilidade de ambas ocuparem nichos mais amplos do que aqueles que cada uma ocupa isoladamente na comunidade. Em geral são observadas com maiores frequências em comunidades mais velhas e sem estresses do ambiente físico.

Queremos destacar que há tantos diferentes elos em tantas diferentes intensidades que, quando interferimos em uma pequena população ou comunidade, na verdade, poderemos estar interferindo em outras populações e comunidades, na amplitude de nichos de cada uma delas, nas relações de interdependência, na distribuição dos recursos, enfim nos diversos aspectos que garantem suas sobrevivências e, por consequência, a sobrevivência do sistema natural em que elas existem. Esta constatação, vista sob a perspectiva deste livro, significa dizer que quando a mitigação ou evitação de um evento catastrófico depende da qualidade desses sistemas vivos, interferir em um conjunto de uma única população ou parte de uma comunidade pode significar destruir o valor que esse sistema tem para o bem estar do próprio homem.

1.2. Limites, padrões e distribuição de populações e comunidades vegetais

As comunidades são definidas como associações de populações interagentes e os seus limites espaciais são determinados pelos limites de ocorrência das suas populações, que também determinam seus padrões funcionais e estruturais (capítulo II). Todas as comunidades apresentam padrões mais ou menos definidos, que se referem às características de suas estruturas – denominados padrões fisionômicos; as funções – referindo-se às fenofases de suas populações; ou de distribuição – quando analisada no espaço horizontal, refletindo diferentes manchas no mosaico ambiental.

A transição entre duas comunidades que têm interações entre si é uma região mais ou menos extensa, denominada de ecotono, que apresenta seu próprio padrão. Ele pode ser brusco, como no caso de matas que ocorrem ao longo de cursos de água e as comunidades aquáticas adjacentes, ou ser gradu-

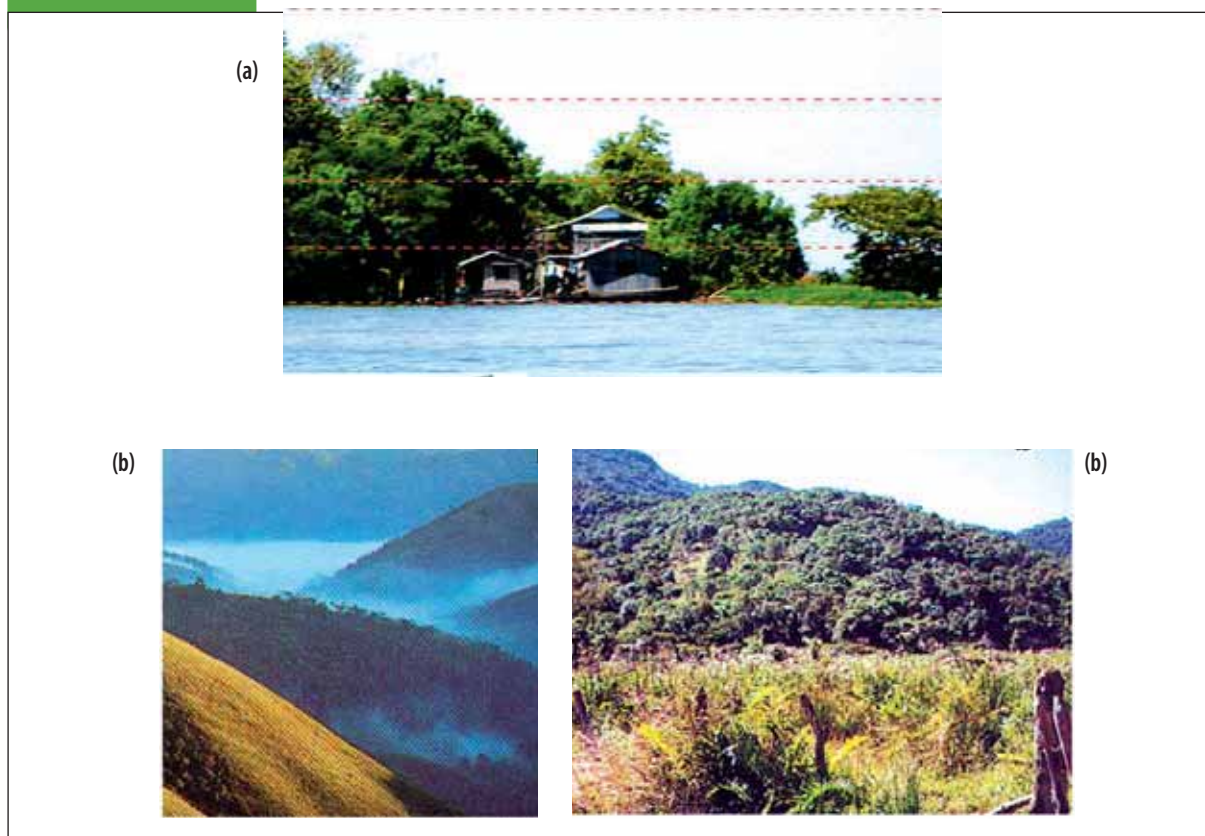
al, em geral refletindo alterações nas características físicas do ambiente. Outras expressões de mudança entre comunidades são aquelas devidas a gradientes ambientais formando contínuos, como as que se observa em montanhas de altas altitudes, ou em regiões em que ocorrem diferentes tipos de solos associados (figura 10.8). Esta complexidade ambiental resulta em co-ocorrência de comunidades diversas no espaço, ampliando a diversidade biológica regional, ou a diversidade beta.

Diversos fatores ambientais e características das espécies são apontados como responsáveis pela ocorrência de propriedades que respondem pela estabilidade de comunidades, como: a persistência, a inércia, a elasticidade, a amplitude e as estabilidades cíclica e trajetória. A persistência da comunidade está relacionada à sua manutenção no local; a inércia refere-se à capacidade de manutenção de suas propriedades estruturais e funcionais; a elasticidade tem a ver com a capacidade de resistir a alterações de suas propriedades; a amplitude refere-se à ordem de grandeza da variação das propriedades de uma comuni-

dade e a estabilidade como a capacidade da comunidade de ser reconhecida em um intervalo de tempo. Essas propriedades dependem de fatores intervenientes como a heterogeneidade ambiental ocorrente no espaço e no tempo; a existência de manchas de vegetação natural; um ambiente físico adequado; a quantidade de recursos utilizados por predadores; a diversidade de presas; a longevidade média dos indivíduos nas populações; as taxas de nascimento; a dispersão e as tendências migratórias, entre outros.

Queremos destacar que não é simples entender os limites, os padrões e as propriedades que governam a estabilidade de uma comunidade. Conseqüentemente, não é simples tomar decisões sobre elas. As relações diversas que agrupam populações e comunidades são intrincadas e dependentes de muitos fatores, de diferentes ordens. Falar em estabilidade de comunidades é falar sobre todo esse contexto, que envolve o meio como um corpo complexo, ou seja, como ecossistema.

FIGURA 10.8



Exemplo de (a) uma área de ecótono gradual – transição entre a Floresta Amazônica e o campo antrópico e (b) gradiente entre restinga-floresta de encosta-campo de altitude na região da Serra da Bocaina (SP/RJ).

Foto de Rozely Ferreira dos Santos

1.3. O conceito de ecossistema, suas relações tróficas e de energia

“A concepção mais importante em ecologia é a do sistema como um todo (no sentido da física), incluindo não apenas o complexo de organismos (comunidade), mas também a complexa totalidade de fatores físicos, formando o que nós chamamos de ambiente do bioma - os fatores do ambiente no seu sentido mais amplo. Embora os organismos possam merecer nosso interesse principal, nós não podemos separá-los do seu ambiente particular, com o qual eles formam um sistema físico”. Desta forma, Arthur George Tansley (1871-1955), um ecólogo inglês, definiu ecossistema. Na literatura mais recente é muito comum a simplificação da definição de ecossistema como uma unidade discreta, que consiste de partes vivas e não vivas, interagindo para formar um sistema estável. Outra definição comum trata o ecossistema como qualquer unidade (biossistema) que abranje todos os organismos que atuam em conjunto (a comunidade biótica ou biocenose) em uma dada área, interagindo com o ambiente físico (biótopo), de tal forma que o fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas.

O ecossistema contém componentes bióticos (comunidade ou biocenose) e abióticos (ambiente físico ou biótopo), através dos quais há ciclagem de nutrientes e fluxo de energia e, para que isto ocorra há grande quantidade de inter-relações entre produtores, consumidores, decompositores, nutrientes, água e solo. Os ecossistemas são sistemas abertos, com ciclagem de nutrientes e fluxo de energia com outros ecossistemas.

No interior dos ecossistemas há populações capazes de sintetizar seus alimentos através da energia proveniente da luz solar (fotossintetizantes) ou da oxidação de certas substâncias inorgânicas (quimiossintetizantes), denominados de autótrofos. A taxa na qual a energia é estocada através da atividade fotossintética é chamada de produtividade primária e é influenciada por vários fatores, como a quantidade de radiação solar, a disponibilidade de nutrientes, a precipitação, a temperatura, a sazonalidade climática e a herbivoria. O total da energia solar assimilada pelas plantas é denominado de produção primária bruta, que tem parte usada pelo organismo na sua manutenção, crescimento e reprodução, através da respiração. A quantidade de energia estocada pela planta, após os gastos com a

respiração, é chamada de produção primária líquida e representa a primeira forma de energia estocada em um ecossistema.

Outras populações, incapazes de sintetizar seus alimentos a partir de substâncias inorgânicas, vivem às custas dos autótrofos ou da decomposição de matéria orgânica, sendo denominados heterótrofos. Denominam-se herbívoros os animais que se alimentam de plantas, de carnívoros os animais e plantas que se alimentam de animais, de omnívoros, os animais que têm um amplo leque de alimentos em sua dieta, de detritívoros, aos animais que se alimentam de matéria orgânica morta e de decompositores aos fungos e bactérias saprófitas que absorvem seus nutrientes de matéria orgânica em decomposição.

A quantidade de energia restante da manutenção e da respiração, usada na produção de novos tecidos, no crescimento e na reprodução, pelos consumidores, detritívoros e decompositores, é denominada de produção secundária. A produção secundária é limitada pela produção primária e pelo gasto de energia. A transferência de energia através de alimentos desde as populações autótrofas, passando pelos herbívoros, carnívoros e detritívoros é denominada de cadeia trófica ou cadeia alimentar (figura 10.2). Dependendo de iniciar-se a partir de vegetais fotossintetizantes ou de matéria orgânica em decomposição, a cadeia trófica é denominada de cadeia de herbívoros ou cadeia de detritívoros, respectivamente.

Quanto mais complexa for a comunidade, maior será o número de organismos utilizando-se dos vários recursos disponíveis, formando verdadeiras redes ou teias alimentares.

A posição de cada população dentro da cadeia ou da rede alimentar determina o seu nível trófico. Desta forma, numa cadeia de herbívoros, os vegetais fotossintetizantes situam-se no primeiro nível trófico, são produtores; os herbívoros estão no segundo nível trófico, são consumidores primários; os carnívoros primários encontram-se no terceiro nível trófico, enquanto os carnívoros secundários acham-se no quarto nível, compondo o grupo de consumidores terciários. A predação é, então, uma forma de transferência de energia nas cadeias tróficas. Quando plantas e animais morrem tornam-se recursos para outros organismos, os decompositores (fungos e bactérias) e os detritívoros (animais), que estão no segundo nível trófico. Os consumidores de fungos e bactérias e os carnívoros, que se alimen-

tam dos detritívoros situam-se no terceiro nível e, assim, consecutivamente, formando-se uma cadeia de detritívoros.

A quantidade de energia que flui através de um ecossistema depende da quantidade fixada pelos produtores (plantas), havendo perdas de energia, principalmente na forma de calor, ao longo da cadeia ou da teia trófica, o que limitará o número de organismos ou a biomassa que pode ser mantida em cada nível trófico (figura 10.9). Desta forma, a estrutura trófica de uma comunidade pode ser representada por pirâmides, em que cada nível é descrito pelo número de indivíduos, por biomassa ou por energia. Na pirâmide de números, cada nível trófico indica o número de organismos que dele participam. Em alguns casos, como nos produtores na floresta, é possível que poucos indivíduos de grande porte (árvores) mantenham uma grande quantidade de indivíduos consumidores, mas em geral ocorre diminuição no número e aumento no tamanho dos indivíduos nos níveis tróficos mais altos. A pirâmide de biomassa apresenta padrões similares aos observados nas pirâmides de números, havendo situações, como nos ambientes marinhos, nos quais a pirâmide formada é invertida, com a biomassa dos produtores sendo inferior à dos consumidores. Já a pirâmide de energia apresenta a quantidade de energia contida num nível trófico e é a que melhor demonstra a eficiência das interações tróficas. Por esta pirâmide, pode-se observar a perda de energia na passagem de um ní-

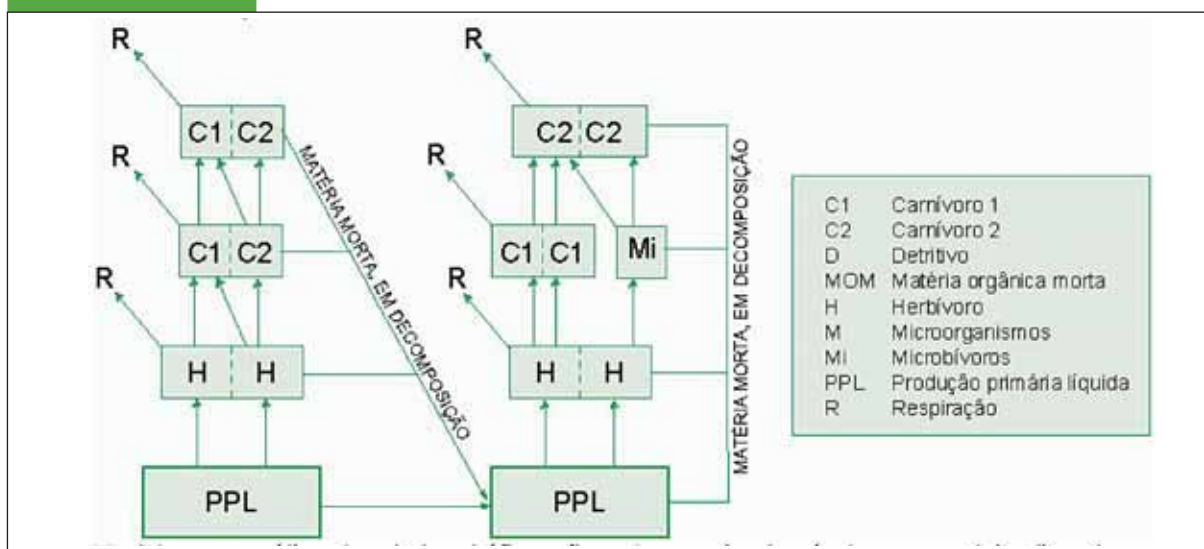
vel trófico para outro, mais elevado. Tem sempre a base mais larga do que o seu ápice, não ocorrendo inversões.

Os estudos que se preocupam com estabilidade e equilíbrio dos ecossistemas necessariamente devem contemplar os aspectos apontados neste item, ou seja, o reconhecimento da composição, estrutura e laços funcionais das cadeias e fluxos que ocorrem nessa unidade. Quanto menos reconhecemos essa configuração, menos somos capazes de identificar os efeitos e magnitudes conseqüentes de atividades e interferências humanas sobre os ecossistemas atingidos por elas. Devemos também reconhecer que os laços funcionais não se resumem a população, a comunidade e ao ecossistema, podendo se estender para espaços cada vez maiores, como ocorre com alguns ciclos da natureza.

1.4. Os ecossistemas e os ciclos da natureza

Ao contrário do que ocorre com a energia assimilada pelas plantas, que é recebida constantemente de fora dos ecossistemas, a maioria dos nutrientes é retida no seu interior, sendo reutilizada. As trocas biológicas de nutrientes, que se efetuam principalmente através das predações, interagem com as trocas físicas e químicas que ocorrem no meio vivo e no meio físico, sendo seus ciclos conhecidos por ciclos biogeoquímicos.

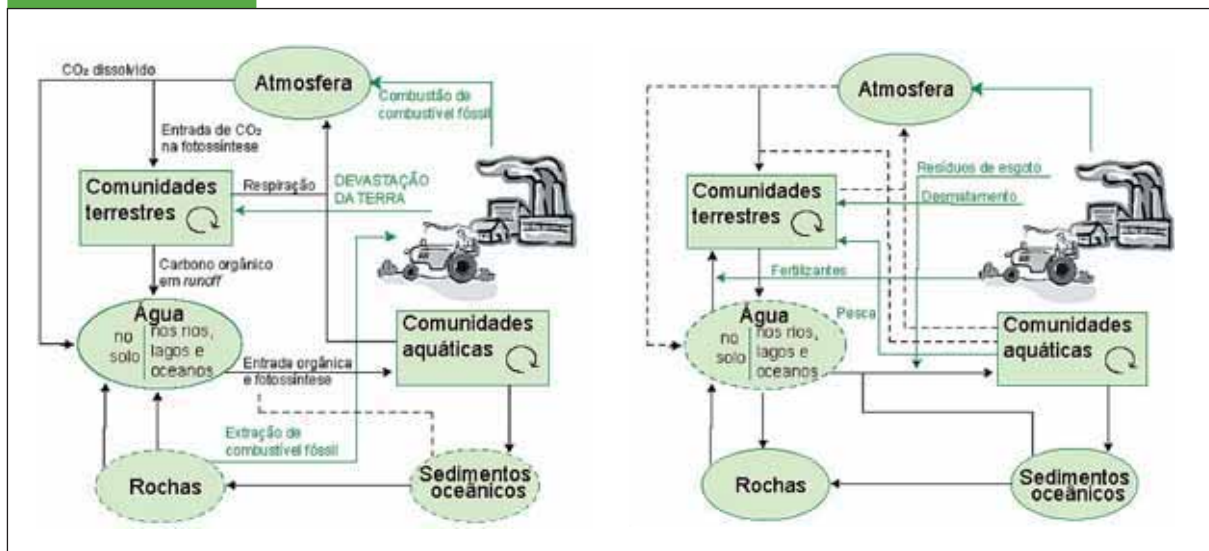
FIGURA 10.9



Modelo esquemático de estrutura trófica e fluxo de energia através de uma cadeia alimentar.

Fonte: Begon et al. (2006), modificado

FIGURA 10.10



Exemplos de relação entre ciclos da natureza e interferências humanas.
Fonte: Begon et al. (2006), modificado

Os ciclos de nutrientes são chamados locais quando são preponderantemente restritos a um ecossistema, tratando-se de elementos de pouca mobilidade, como o fósforo, o potássio, o cálcio, o magnésio, o cobre, o zinco, o boro, o cloro, o molibdênio, o manganês e o ferro, ou são globais, como o carbono, o nitrogênio, o enxofre, o oxigênio e a água, pela existência de uma fase gasosa, associando todos os organismos vivos da Terra, ou seja, na biosfera (figura 10.10).

Nos ecossistemas terrestres, as fontes mais importantes de vários nutrientes, como o fósforo, o potássio e o magnésio, são as rochas e os solos, sendo os nutrientes absorvidos através dos sistemas radiculares das plantas. Várias espécies de bactérias, mas principalmente aquelas associadas a determinados grupos de plantas, como as leguminosas, por exemplo, são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico. Diversos nutrientes que se encontram na atmosfera são trazidos até os ecossistemas, através de precipitações. O dióxido de carbono atmosférico (CO₂) é a fonte de carbono nos ecossistemas terrestres, sendo fixado através da fotossíntese.

As migrações de animais representam formas de entrada e de saída de nutrientes dentro dos ecossistemas.

Um átomo de um nutriente qualquer pode participar de toda uma cadeia trófica até que, finalmente, retorna ao solo pela ação dos decompositores, tornando-se disponível para alguma planta. Em outros casos, o nutriente, como no caso do carbono, pode retornar à atmosfera através da respiração ou de queimadas, junto com uma grande quantidade de nitrogênio.

Outro caminho para os nutrientes é através da lixiviação, quando a água de precipitação escoa através do solo, carregando para o lençol freático, em profundidades maiores, os nutrientes em solução (capítulo 4 e 5). Como já citado anteriormente, a maior fonte de suprimento de nutrientes para os rios, lagos e oceanos é o escoamento superficial. A perda de nutrientes nos rios se dá pelo fluxo das águas para lagos e oceanos.

Devido a proximidade de ecossistemas terrestres e da grande capacidade de ciclagem de nutrientes, os estuários e pântanos salobros são extremamente produtivos, sendo os maiores exportadores de nutrientes para ecossistemas marinhos próximos.

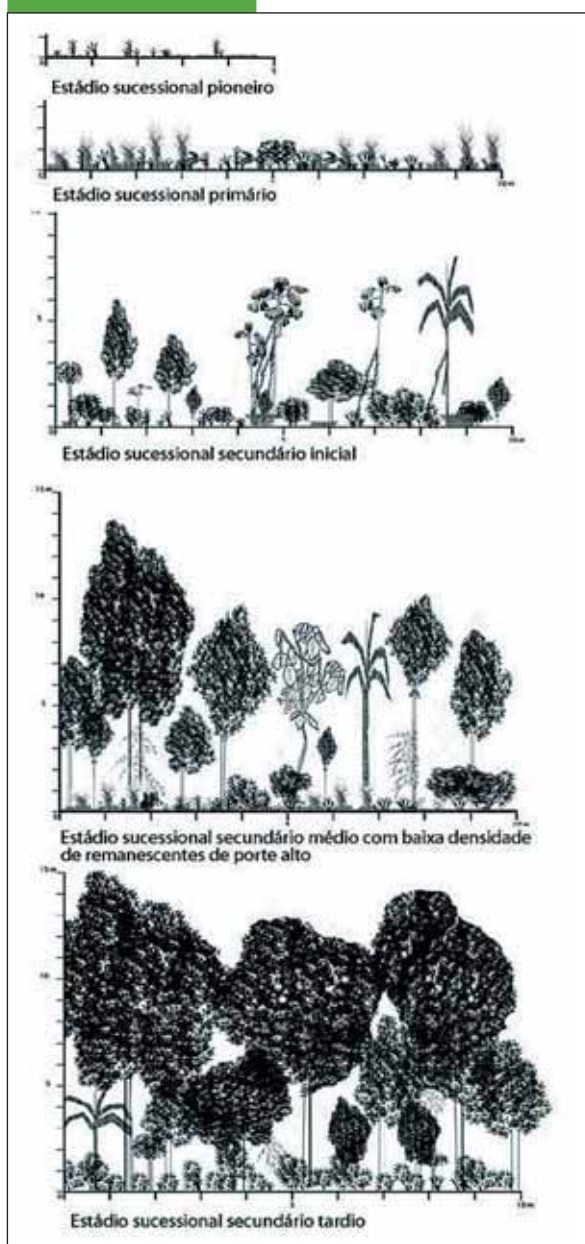
Nos ecossistemas terrestres, as reservas de água e de nutrientes fora dos organismos estão nos solos. Em outras palavras, a sobrevivência dos organismos vivos depende dessa reserva como ocorre com o cálcio, o potássio, o fósforo, o sódio, o magnésio, o cloro, o molibdênio, o ferro, o zinco, o boro, o manganês, o cobre e o enxofre.

Em síntese, é necessário atentar que ações humanas no meio, em áreas urbanas ou rurais, como importar ou exportar água de um local para outro, deslocar ou alterar a qualidade do solo, destruir pântanos, dispor esgoto em águas doces, salgadas ou salobras, usar produtos agrícolas sobre o solo e as plantas, utilizar maquinaria, entre inúmeras outras ações, resulta em interferências sobre es-

ses ciclos, sejam locais ou globais. Portanto, ações que parecem insignificantes vistas de forma isolada, quando somadas podem induzir grandes catástrofes, que podem ser localizadas como a perda da fertilidade do solo e diversidade de organismos em um pequeno território ou atingir níveis bem maiores, como o aquecimento global.

10.2 – O PROCESSO DE MUDANÇA NOS ECOSISTEMAS E EM PAISAGENS AO LONGO DO TEMPO

FIGURA 10.11



Estádios sucessionais

Fonte: CONDEPEFI (2006), elaborado por Tatiana Pavão

O capítulo 2 já enfatizou que o desenvolvimento máximo de um ecossistema, determinado pelos fatores limitantes do ambiente físico e da comunidade, decorre de uma história de ocupação passada e da evolução dos ecossistemas, desde a composição e estrutura simples, até a sua complexidade maior, num processo de substituição de populações e de comunidades. Nessa perspectiva, sucessão ecológica é o nome que se dá às mudanças na composição de espécies, na complexidade estrutural e nos fluxos de energia e de nutrientes, sendo que cada etapa da sucessão recebe o nome de sere (figura 10.11). Quando os fatores que estabelecem a sucessão são provenientes do ambiente físico e são independentes da comunidade biótica, falamos em sucessão alogênica e quando as mudanças nos ecossistemas são estabelecidas pelo componente biótico falamos em sucessão autogênica.

2.1 O processo de sucessão ecológica

A sucessão pode ocorrer a partir de um substrato sem ocupação prévia, como a superfície de uma rocha recém exposta, as areias de uma praia após uma maré alta ou as águas de uma represa nova. A sucessão nestas condições é designada sucessão primária. A ocupação de rochas, que são ambientes bastante estressantes, exige adaptações dos organismos ao dessecação, ocorrendo principalmente por musgos e líquens. A ocupação de praias, que formam um ambiente extremamente instável, salino e de acen-

Em florestas é muito comum a morte de indivíduos e a abertura de clareiras onde, dependendo das suas dimensões, pode iniciar-se uma sucessão secundária.

tuadas oscilações diuturnas de temperatura, ocorre principalmente por plantas de desenvolvimento vegetativo, como gramíneas.

Quando áreas de florestas são derrubadas para a implantação de agricultura ou uma área de agricultura é arada, a sucessão que se estabelece é denominada sucessão secundária.

A sucessão primária difere da secundária porque ocorre em substratos nos quais não há sementes, ovos ou outros disseminulos, tendo que ocorrer a ocupação pela chegada do organismo, já que não há nutrientes em grandes quantidades disponíveis no substrato, o que pode ocorrer na sucessão secundária, onde o solo mantém sementes e nutrientes.

O grupo de espécies que inicia a sucessão, as pioneiras, tem algumas características que podem favorecer a estratégia de ocupação, como a capacidade de dispersão de sementes a longas distâncias, a produção de número grande de propágulos, com longevidade e dormência que favorecem sua permanência no solo por muitos anos, o requerimento de grande quantidade de luz solar em todas as etapas de seus ciclos de vida (heliófilas), ciclo de vida curto e indivíduos de portes pequenos (pouca biomassa), sendo comumente espécies euriécas, ou seja, generalistas no uso dos recursos. Na sucessão secundária a comunidade pioneira é, na maioria das vezes, composta por plantas ruderais, que são aquelas que acompanham as alterações feitas pelo homem.

Na sere pioneira, a ciclagem de nutrientes ocorre, predominantemente, no ambiente físico, a produção é maior que a respiração (elevada produtividade primária) e a razão entre a produção bruta e a biomassa é elevada. A comunidade pioneira altera as condições do ambiente por mudanças microclimáticas, fixação de nutrientes e aumento na quantidade de húmus no solo, podendo exercer função facilitadora, permitindo o desenvolvimento de espécies mais exigentes em características ambientais ou, em caso oposto, competindo com as populações que chegam, dificultando a sucessão. As comunidades vão se sucedendo até que se atinja a sere de desenvolvimento máximo ou o clímax, quando há equilíbrio entre a comunidade biótica e o meio. Nes-

sa sere, o ecossistema torna-se capaz de automanutenção, alterando suas características de forma que não haja perda de suas principais propriedades, a ciclagem de nutrientes ocorre, preponderantemente, no componente biótico do ecossistema, há equilíbrio entre a produção e a respiração (baixa produtividade primária) e a razão entre a produção bruta e a biomassa é baixa.

O clímax de um ecossistema pode ser determinado pelo clima (clímax climático), pelo solo (clímax edáfico), pelo fogo (clímax do fogo), por características bióticas (clímax biológico), como a capacidade competitiva de populações de uma dada sere sucessional, pela probabilidade baixa de chegada de indivíduos de seres sucessionais posteriores ou pela quantidade de nutrientes que recebe.

O grupo de espécies que compõe a etapa mais desenvolvida do ecossistema, as climáticas, tem características que representam adaptações aos limites estabelecidos pelo ambiente no qual se encontram, apresentando um ciclo de vida longo e indivíduos, relativamente, de grande porte, concentrando muita biomassa, sendo geralmente populações estenoécas, ou seja, especialistas no uso de recursos. No clímax, as comunidades atingem o seu máximo desenvolvimento, com ampliação da complexidade estrutural e maiores riqueza específica, diversidade biológica e estabilidade, que refletem maior eficiência do ecossistema. Devido à complexidade estrutural e a existência de espécies com nicho estreito, os ecossistemas no clímax são mais sensíveis a alterações do que estádios serais anteriores, menos complexos. Em outras palavras, interferências humanas sobre esta fase da sucessão podem levar a consequências sérias e diferenciadas daquelas que seriam observadas em fases anteriores dessa linha de evolução.

As considerações aqui expostas sobre sucessão e estádios serais permitem conduzir a conclusão de que, quando estudamos ecossistemas urbanos ou rurais, é importante reconhecermos qual parte da história de seu desenvolvimento nós estamos observando, quais as características predominantes dessa fase, quais as características das espécies, populações e comunidades presentes nela, qual o papel das interferências humanas, como os fluxos e os ciclos se estruturam em cada fase e como esse conjunto determina um comportamento funcional específico. Sem essa compreensão é impossível pensar em manejo e conservação ambiental.

Entre as espécies pioneiras e as climáticas encontram-se vários grupos que apresentam características intermediárias entre elas.

2.2 A estruturação de ecossistemas em paisagens

A distribuição dos vários ecossistemas conhecidos na Terra obedece algumas características do ambiente físico local, como o padrão de distribuição e o total de precipitação, a quantidade de radiação solar, a temperatura, as características físicas e químicas dos solos e o fluxo de nutrientes, entre outras, enquanto os arranjos e as interações populacionais determinam a complexidade estrutural e o funcionamento dos ecossistemas.

Em muitas regiões, o conjunto de ecossistemas se repete, obedecendo aos limites de alguns padrões geomorfológicos os quais, por sua vez, são respostas ao clima atuando sobre as rochas e modelando o relevo, em períodos longos de tempo. Dentro de cada padrão, os ecossistemas apresentam formas, tamanho, distribuição, fluxo de energia, de materiais e de espécies entre si, que podem se alterar, no tempo, naturalmente ou devido a ações do homem. Essa unidade é definida como paisagem. A relação entre ecossistemas adjacentes, em paisagens, ocorre pelo fluxo de nutrientes e da água, pela dispersão de sementes e pelo movimento de animais entre eles, por exemplo.

Para a conservação de ecossistemas, uma das questões mais relevantes é a que se refere ao tamanho da área a ser preservada. Dentro da paisagem, as manchas compostas pelos vários ecossistemas apresentam equilíbrios interno e externo, que permitem sua manutenção. A diminuição do tamanho e a modificação da forma das manchas de vegetação resultam em alterações em algumas características dos ecossistemas, como o fluxo de nutrientes, o número de indivíduos e de espécies e o efeito das interferências humanas sobre a faixa de ecótono ou efeito de borda.

A quantidade de nutrientes e de energia existente em manchas pequenas de ecossistemas é menor que a encontrada em manchas grandes. Na borda das manchas a produtividade é maior, devido à penetração mais intensa de luz e porque se instala uma sucessão ecológica, na qual as etapas iniciais são mais produtivas. O número de espécies que ocorre no interior de uma mancha de ecossistema é dependente do

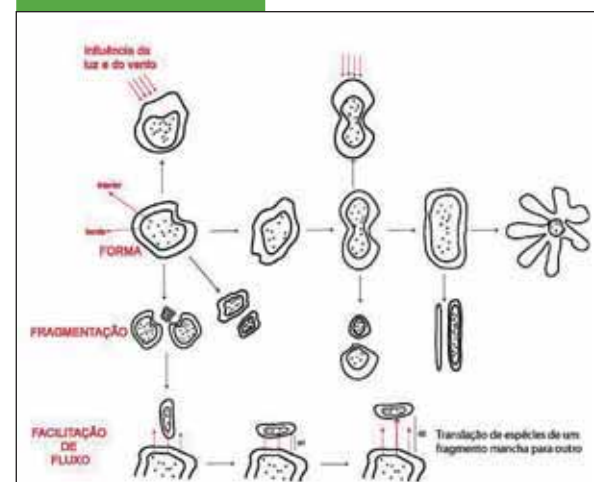
seu tamanho e de sua forma (figura 10.12). Quanto maior é a área maior o número de espécies que pode conter e muitas espécies unissexuadas reproduzem-se na presença de um número mínimo de indivíduos na população. Por isto, é comum em populações de árvores com baixa densidade populacional que não haja produção de frutos quando se encontram em manchas pequenas, podendo-se considerar a população efetivamente extinta no local, apesar da existência de indivíduos vivos.

O efeito de borda, em florestas, influencia na taxa de sobrevivência das espécies de plantas do clímax, cujas sementes e plantas jovens desenvolvem-se na sombra e, por outro lado, favorece a entrada de espécies heliófilas e mais resistentes ao dessecação, favorecendo-as na competição por recursos. É comum observarmos lianas e trepadeiras na borda de fragmentos competindo com as copas das árvores por luz, podendo levá-las à morte, além de plantas com sinais de patogenias diversas, evidenciando as invasões biológicas que podem ocorrer a partir das bordas.

Quanto menores e mais alongadas forem as manchas, maior será a influência de bordas na vegetação contida em seu interior.

Um dos elementos característicos das paisagens são os corredores, definidos como faixas estreitas, que diferem do ecossistema vizinho, em cada um

FIGURA 10.12



Possíveis formas e tamanhos de fragmentos de vegetação, resultantes da ação humana em uma paisagem, evidenciando os possíveis efeitos do padrão da fragmentação, de borda, dos facilitadores de fluxos e da influência de luz e vento no número e qualidade de espécies em manchas de ecossistema.

Fonte: Santos e Mantovani (1999), modificado

Espécies unissexuadas são aquelas que cada indivíduo só tem um sexo, ou seja, só é feminino ou só é masculino.

dos seus lados (capítulo 3). Podem ser ecossistemas originados de alterações promovidas pelo homem, como a abertura de trilhas e estradas, ou ocorrer naturalmente, como o curso de um rio e a vegetação em suas margens onde animais se deslocam. As características ambientais no interior dos corredores são diferentes daquelas observadas nos ecossistemas adjacentes, acarretando em efeitos de borda sobre elas.

Dentre os elementos na paisagem, o mais amplo e interligado deles é chamado matriz, que é o ecossistema que exerce o papel preponderante no fluxo de energia, materiais e espécies (capítulos 2 e 3). A permeabilidade de uma matriz, ou a capacidade que tem de permitir o fluxo de animais e de plantas através de seu território, pode ser decisivo ao fluxo gênico que pode ocorrer entre populações isoladas em fragmentos, ampliando sua conectividade. Um elemento importante da paisagem para o aumento da conectividade entre áreas fragmentadas é o trampolim ecológico (*stepping stone*), que são áreas pequenas de vegetação presentes nos fragmentos, situadas no interior da matriz (figura 10.13).

Como já exaustivamente citado nos capítulos anteriores, devemos atentar que a paisagem é sempre heterogênea e pode conter variações em pequenas escalas, o que acarreta na existência de tipos de elementos da paisagem muito similares, ou ser com-

posta por variações em grande escala, onde os ecossistemas são muito distintos entre si, como os que se observa em gradientes.

É na escala de paisagens, e não de unidades ou fragmentos isolados, que devem ser pensadas, por exemplo, as Unidades de Conservação, dada a integração de diversos ecossistemas contidos em seu interior. É estudando áreas, urbanas e rurais, em nível de paisagem que podemos concluir sobre a composição de elementos, quantidades, tamanhos, formas, distribuições e graus de conectividade dos fragmentos de vegetação e as permeabilidades da matriz, de tal forma que garantam um estado dinâmico de conservação ambiental. Esse estado, por sua vez, poderá responder pelas mudanças do meio em uma melhor situação de equilíbrio, de tal forma que os fenômenos não se transformem em eventos desastrosos para o homem. É, portanto, sob o prisma da análise da paisagem que podemos tomar decisões sobre a configuração do território e sugerir desenhos apropriados tanto para a natureza como para o homem.

2.3 A estruturação de paisagens em biomas

Como citado no início deste capítulo, um nível de organização mais elevado que o da paisagem é o bioma. Bioma é a mais ampla comunidade biótica reconhecida no nível geográfico, que reflete as características ecológicas e fisionômicas da vegetação. É equivalente aos termos formação vegetal e tipos de formação, que são tipos de vegetação mundiais, com uma aparência e formas de vida uniformes.

A distribuição dos biomas na superfície terrestre relaciona-se principalmente com os climas e, dentre os seus fatores, mais diretamente com a temperatura e a precipitação. Em regiões de transição de climas, o fogo e características do solo são os maiores determinantes. Quando são respostas às características de climas, os biomas são denominados zonais e quando são determinados por outros fatores, em geral o substrato ou o fogo, são chamados azonais.

Biomas de interfaces são aqueles em que biomas aquáticos relacionam-se com biomas terrestres – como nos pântanos e brejos ou nos costões rochosos e nas praias. Também ocorrem em áreas onde biomas de águas continentais interpenetram biomas oceânicos – como nos estuários, nas lagunas costeiras e pântanos salobros. Em todas estas circunstâncias, são

FIGURA 10.13



Os elementos que compõem uma paisagem.

biomas que dependem da oscilação do nível de água, seja por precipitações mais elevadas, no caso de biomas continentais, seja pela influência de marés, nos biomas de interface com os oceanos, promovendo a existência de regiões permanentemente ou temporariamente inundadas. Alterações nestes biomas são diretamente relacionadas às alterações dos biomas aquáticos que os banham, seja por substâncias tóxicas ou pelo depósito de sedimentos, principalmente nos biomas situados em planícies.

As formações complexas ou complexo de biomas são assim denominadas por serem constituídas por formações vegetais muito distintas entre si, em termos da composição florística, estrutura e funcionamento, refletindo variações em pequena escala no substrato ou a ação do fogo. Os mais importantes são o Cerrado, a Caatinga, o Pantanal e as Formações sobre a Restinga Litorânea.

Os principais biomas brasileiros são apresentados no quadro 10.1 e suas principais características estão no anexo 10.1.

2.4 A proteção e o manejo dos biomas brasileiros e a qualidade ambiental

O conjunto de biomas apresentados no item anterior pode ser sintetizado em florestas, bosques, savanas e campos, cujas características funcionais e estruturais promovem proteção diferenciada à erosão, ao assoreamento e aos deslizamentos. Esta proteção é dependente de características físicas do ambiente, como as do relevo, a precipitação atmosférica, a distribuição das chuvas, a intensidade dos ventos, o desenvolvimento e as propriedades físicas dos solos. Se existem esses elos de dependência, a conservação dos biomas obviamente depende da conservação do meio físico em que se inserem (capítulo 2).

As florestas representam as comunidades mais eficientes na manutenção do equilíbrio local, já que apresentam estruturas complexas, capazes de atenuar os efeitos de ventos e de chuvas, além de poderem compor sistemas radiculares bastante profundos, principalmente quando em solos férteis, sendo capa-

Quadro 10.1 Principais biomas terrestres, de interfaces ou complexos de biomas brasileiros	
BIOMAS TERRESTRES	
BIOMAS ZONAIS	Floresta Ombrófila Densa
	Floresta Ombrófila Mista
	Floresta Estacional Semidecidual
	Floresta Ombrófila Aberta
	Floresta Tropical Decidual
BIOMAS AZONAIS	Floresta Temperada Decídua
	Floresta Ciliar
	Floresta de Várzea e Paludosa
	Cocais
	Campo de Altitude
	Campos Rupestres
BIOMAS DE INTERFACES	
Campo Úmido, Pântano e Brejo	
Estuário	
Manguezal	
FORMAÇÕES COMPLEXAS ou COMPLEXO DE BIOMAS	
Cerrado (campo, savana, floresta)	
Caatinga (savana-estépica, floresta)	
Pantanal (campo úmido, floresta, cerrado)	
Formações sobre as Planícies Litorâneas (campos, arbustais, florestas)	
Caatinga Amazônica (campos, florestas)	
Campos Temperados	

zes de promover a sua fixação. O arranjo vertical das suas espécies promove uma cobertura eficiente do solo, protegendo-o do impacto direto das chuvas.

Nas Florestas Estacionais a perda de folhas das árvores dominantes coincide com o período seco do ano, ainda que as espécies da sub-mata as mantenham perenes. Já a Floresta Ombrófila Aberta apresenta uma sub-mata muito desenvolvida, não expondo o solo. Os sistemas radiculares superficiais das árvores observados em Florestas Montanas e Alto Montanas, embora não sejam eficientes na fixação das plantas, promovem uma cobertura densa sobre o solo, mantendo a sua estrutura. Ainda assim, eventos excepcionais de chuvas acarretam escorregamentos, principalmente nas áreas da Floresta Ombrófila Densa Atlântica sobre o Complexo do Cristalino, no Sul e Sudeste do Brasil, onde forma serras com encostas íngremes.

Em nossa legislação ambiental é de particular relevância à Mata Ciliar já que exerce importante papel de filtro biológico, não permitindo o escoamento livre do solo proveniente de erosão, retendo substâncias ou filtrando a água de escoamento superficial. Esta floresta situada na margem dos cursos de água, ainda que atenda à largura prevista na legislação de proteção permanente, não é capaz de proteger de forma eficiente às drenagens se não houver prevenção em toda a bacia hidrográfica, seja nos topos de morros, encostas íngremes ou nascentes.

O bosque formado pelo Manguezal foi descrito como relevante à manutenção do substrato pantanoso sobre o qual se situa e, além disto, com os sistemas radiculares e caulinares geotrópicos negativos de suas espécies componentes, diminui a velocidade das águas em seu interior, favorecendo a deposição de partículas de matéria orgânica e silte. Em algumas situações amplia a área do depósito e a sua extensão. Além disto, devido à elevada produtividade primária deste bioma, é reconhecido que muitas espécies animais têm parte do seu ciclo de vida relacionada com os manguezais, influenciando na produtividade pesqueira de algumas regiões litorâneas. Estabilidade e função semelhantes também são exercidas pelas Florestas de Várzea e Paludosa, que fixam as margens das drenagens nas quais se situam, mantendo sua estrutura.

Nos Campos Tropicais ou Temperados e nas Savanas, o componente herbáceo-subarbusitivo da vegetação tem papel predominante na conservação do solo. As espécies arbustivo-arbóreas, notadamente na Savana Tropical ou Cerrado, têm sistemas radiculares profundos e poucas raízes superficiais. O

fogo é um fator relevante à ciclagem de nutrientes e à dinâmica da vegetação campestre e savânica. Os sistemas radiculares superficiais das gramíneas e das ervas que predominam nestes campos promovem uma proteção eficiente do solo na sua camada superficial e evitam impactos diretos das chuvas (capítulo 4). Há diminuição da cobertura vegetal no período de seca e as espécies herbáceo-subarbusitivas respondem com o brotamento às primeiras precipitações, formando biomassa capaz de proteger o solo.

Em áreas de transição entre ambientes terrestre e aquático, os Campos Úmidos, os Pântanos, os Brejos e a vegetação nos Estuários, assim como os Campos Úmidos do Pantanal, têm capacidade limitada de manutenção da estabilidade do substrato sobre o qual se situam. Por outro lado, são muitas vezes ambientes protegidos, onde as águas não apresentam grande velocidade, pouco alterando as características desta vegetação.

Nas fisionomias de menor biomassa da Caatinga, assim como nos Campos Rupestres e nos de Altitude, o componente herbáceo é insuficiente para promover uma proteção ao solo, em geral não promovendo uma cobertura contínua e eficiente sobre o substrato, que se apresenta em geral pouco desenvolvido e sujeito a processos erosivos.

Desenvolvendo-se sobre substrato extremamente arenoso, encontramos as Formações sobre as Planícies Litorâneas e a Caatinga amazônica. Nesta condição, ainda que sob precipitação elevada, a vegetação pode se apresentar com características xerófitas, ou seja, adaptada à seca ou período de seca relativamente grande. O sistema radicular das plantas é bastante superficial, denso e capaz de promover a fixação do solo.

Estes biomas, quando em etapas iniciais de sucessão, apresentam pequena capacidade de manter o equilíbrio local ou de conter fenômenos como a erosão e os deslizamentos, com o assoreamento decorrente. Diversos deles estão mantidos em Unidades de

Geotropismo refere-se a fenômenos cujo fator estimulante para sua ocorrência é a gravidade. Órgãos vegetais, como raiz e caule, tem geotropismo positivo e negativo, ou seja, seu crescimento está orientado na mesma direção ou direção oposta à gravidade, respectivamente.

Conservação restritivas com áreas insuficientes para representar toda a heterogeneidade que contêm.

Entre os biomas terrestres há problemas comuns que podem levar à sua degradação, ressaltando-se a sua substituição por culturas mono-específicas ou pecuária, com a diminuição da diversidade biológica. Em geral estas atividades acarretam aumento de processos erosivos, agravados pela existência de solos arenosos, topografia acidentada e precipitações elevadas, além de promoverem a destruição de habitats. Na substituição dos biomas por outros sistemas, agrícolas ou urbanos, são perdidas, também, importantes funções de equilíbrio que os biomas exercem no ambiente, seja na proteção do solo, na manutenção dos ciclos hidrológicos, no tamponamento dos efeitos dos fatores físicos do ambiente sobre a superfície da terra, seja a radiação solar, a temperatura, a precipitação e a ação de ventos. Também podem ser perdidos valores estéticos, quando paisagens naturais, em geral heterogêneas, são substituídas por paisagens antropizadas, com grande frequência homogêneas.

Quanto mais rico e diverso for o bioma, mais difícil será a exploração dos seus recursos, dado o pequeno número de organismos de cada população. Isto é evidenciado pelo fato de todos os biomas apresentados manifestarem variações regionais e locais de estrutura e de composição florística e faunística, que aumentam a diversidade biológica que contêm. Além da grande quantidade de espécies conhecidas que são extintas localmente, ressaltam-se as extinções de espécies pouco conhecidas ou ainda não descritas pela ciência, como as de algas, fungos, briófitas, pteridófitas, insetos, escorpiões, aracnídeos, miriápodes, anfíbios e outros grupos de plantas e de animais, notadamente de pequeno porte.

A fragmentação de habitats naturais acarreta a diminuição do tamanho de várias populações, de plantas e de animais, seja pela diminuição das áreas ou pela competição pelos recursos remanescentes,

tornando-as muitas vezes inviáveis, impedindo a circulação de animais de diversas espécies, com o estabelecimento de áreas de agricultura, áreas urbanas, estradas ou outros obstáculos, de difícil transposição, além do estabelecimento de efeitos de borda, como mudanças microclimáticas e da luminosidade, que facilitam a invasão biológica e o perigo de incêndios, além da ocorrência de outros fatores de perturbação.

A introdução pelo homem de espécies de plantas e de animais no território brasileiro tem elevado o problema das invasões biológicas possíveis de ocorrer nos diversos biomas, o que tem por consequência a diminuição da diversidade biológica, quando são competidores mais fortes, ou representam pragas ou agentes de doenças. Alterações em áreas naturais têm acarretado na transformação de espécies sob equilíbrio em pragas ou patógenos, agentes de doenças diversas.

Na realidade, os problemas poderiam ser minimizados se fossem consideradas duas questões básicas, discutidas ao longo deste texto. A primeira se refere à necessidade de clareza conceitual nas tomadas de decisão em relação às prioridades para proteção de áreas naturais, sob abordagens tanto ligadas a espécies, como populações, comunidades, ecossistemas, paisagens e biomas. A segunda se refere à necessidade de um sistema claro de planejamento das áreas a serem protegidas, que considerem aspectos de composição, tamanho, número, disposição e arranjo de elementos, minimização de efeitos de borda e de fragmentação, formação de corredores de habitat, entre outros fatores abordados, que em diversas escalas pudessem explicitar as principais relações entre ecossistemas, paisagens e biomas. Em síntese, defendemos a idéia de que, para tomada de decisão, a avaliação de um território deve observar todo o espectro de relações, que abrange do indivíduo ao bioma e que esse caminho permite identificar as ameaças tão bem quanto o manejo necessário em todos os níveis de organização da vida.

ANEXO 10.1

CARACTERIZAÇÃO DOS BIOMAS BRASILEIROS

FLORESTAS OMBRÓFILAS DENSAS - São os biomas terrestres mais ricos e diversos da Terra, apresentando complexidade estrutural que favorece a existência de muitos nichos ou funções ecológicas. Por situar-se em regiões de alta produtividade sem estresses climáticos, favorecem interações biológicas complexas, têm a maioria das suas populações estenoéca, especializando-se na obtenção de certos recursos e compondo nichos muito estreitos. Estas florestas são encontradas sob climas tropicais chuvosos, sem nenhuma estação seca ou de monção, com breve estação seca, que pode se estender até três meses, e chuvas intensas no resto do ano e, por isto, suas espécies de plantas não apresentam padrões fenológicos marcados por sazonalidade climática. No Brasil há duas regiões cobertas por estas florestas: a Floresta Ombrófila Densa Amazônica, que corresponde à maior extensão de bioma em nosso território, e a Floresta Ombrófila Densa Atlântica.

FLORESTA OMBRÓFILA MISTA - Situa-se sob climas com precipitação média anual entre 1250mm a 2250mm, sem período de seca, embora apresente períodos de maior precipitação, quando 25% a 33% do total de chuvas caem no intervalo de 3 meses. Encontra-se sob clima temperado chuvoso e quente, sem estação seca e verão moderadamente quente, com o mês mais quente com temperatura média menor que 22°C. As temperaturas médias anuais variam de 16°C a 20°C, com temperaturas absolutas de -10°C a 40°C. As precipitações elevadas a que estão sujeitas permitem a existência de plantas muito desenvolvidas e uma complexidade estrutural superior à observada nas florestas boreais de coníferas. Embora haja dominância de uma espécie (*Araucaria angustifolia*), apresenta muitas epífitas e uma sub-mata desenvolvida.

FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL - Situa-se sob climas sazonais, dos tipos tropical chuvoso, com chuvas de verão e temperados chuvosos e quentes, com chuvas de verão, com verão quente ou moderadamente quente, com um período marcadamente seco, de 3 a 4 meses, precipitações anuais entre 1500 e 2000mm, concentradas de 40 a 50% em três meses, temperaturas médias de 18°C a 22°C e temperaturas absolutas de -4°C a 40°C, com

ocorrência de geadas no Paraná, São Paulo e Minas Gerais. É uma floresta bastante desenvolvida que apresenta arranjo vertical muito complexo, havendo diversas espécies características da sub-mata, que são plantas herbáceas, arbustos e árvores de pequeno porte, além de conter lianas e epífitas, sendo que suas espécies de árvores, emergentes ou do dossel, respondem ao clima com um ritmo sazonal, que determina que parte das suas populações perca folhas no período seco do ano, caracterizando a semi-decuidade foliar e os padrões de floração e de frutificação relacionados com a sazonalidade climática.

FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA - Encontrada na porção sul da bacia Amazônica, entre os domínios da Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual, em inúmeros agrupamentos disjuntos situados nas partes norte e leste da Hiléia Amazônica e no Nordeste, sobre os tabuleiros no leste dos estados de Alagoas e Pernambuco, sobre solos variados, em regiões com 2-3 meses secos. É formada por espécies de plantas e de animais que também ocorrem nas Florestas Ombrófilas Densas Amazônica e Atlântica.

FLORESTA TROPICAL DECIDUAL - Situa-se na borda da Caatinga, na faixa de transição para os climas tropicais estacionais do Brasil Central, no domínio do Cerrado, e de parte do litoral nordestino, para o domínio da Floresta Estacional Semidecidual, além da região de contato com a Floresta Ombrófila Aberta com palmeiras (*babaçual*), entre os estados do Piauí e do Maranhão. É uma floresta de porte médio a baixo que não apresenta epífitas, sendo encontrada uma fisionomia deste tipo florestal que é denominada de mata de cipós, dada a abundância desta forma de vida. As espécies de árvores do dossel perdem suas folhas no período seco do ano.

FLORESTA TEMPERADA DECÍDUA - Situa-se na Bacia do Alto rio Uruguai, na divisa entre os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul e na vertente sul da Serra Geral gaúcha, que tem direção leste-oeste no estado do Rio Grande do Sul, nos limites da Campanha Gaúcha e da Floresta Ombrófila Mista. Ocorre sob clima temperado chuvoso e quente, do domínio da Floresta Ombrófila Mista, com verão mo-

deradamente quente e inverno frio, com ocorrência de geadas, predominantemente sobre solos rasos, que têm baixa capacidade de retenção de água, sendo os maiores determinantes deste tipo florestal. É uma floresta relativamente baixa, com poucas espécies de epífitas e de lianas, na qual mais de 50% das árvores perdem folhas no período de menor precipitação, sendo uma floresta com eventos fenológicos claramente sazonais, com a sub-mata desenvolvida.

FLORESTA CILIAR - Esta formação ocorre nos domínios de biomas florestais; campestres, como os Campos Meridionais e Tropicais; e Savânicos, como parte do Cerrado. São florestas que respondem a condições distintas de umidade, fertilidade e microclimáticas do domínio no qual se situam. Sua composição em espécies de plantas depende da frequência e da intensidade de cheias que ocorrem nas margens da drenagem, exigindo diferentes níveis de adaptação. É formada pelas espécies da floresta da qual é adjacente em domínios florestais, quando as margens nunca são encharcadas nas cheias, e da qual não se distingue, exceto pela densidade do interior da floresta nas margens mais iluminadas, ou situa-se em áreas periodicamente inundáveis (várzeas) ou permanentemente encharcadas (paludosas), dependendo da topografia local. Nos domínios de biomas não florestais ou em regiões antropizadas, são verdadeiros corredores biológicos para várias espécies de plantas e de animais, que aí encontram condições favoráveis à germinação ou deslocamento. Por situar-se em condições diferentes do padrão regional, estas florestas, em geral perenifólias, podem apresentar padrões de floração e de frutificação distintos daquele do bioma dominante, servindo de alternativa de abrigo, alimentação e nidificação da fauna regional.

FLORESTA DE VÁRZEA - Situa-se em áreas periodicamente inundadas, nas margens de cursos de água ou em regiões de drenagens sazonalmente alteradas, sobre solos aluviais, hidromórficos ou turfosos. Por esta condição estressante não apresenta o mesmo desenvolvimento estrutural, a mesma riqueza ou diversidade que as matas sobre terra firme. Na região Amazônica as planícies de inundação ocupam as planícies formadas no Quaternário, sendo grande parte desta área ocupada por Floresta de Várzea, compondo a mais extensa área coberta por este tipo florestal no Brasil. Também nestas planícies de inundação estabelecem-se os Campos de Várzeas e a Floresta de Igapó.

FLORESTA PALUDOSA - A Floresta de Igapó é a modalidade de Floresta Paludosa mais conhecida, desenvolvendo-se em áreas permanentemente inundadas, com águas de circulação lenta, sendo que a decomposição de grande quantidade de matéria orgânica, nestas condições, acidifica as águas e, pela de sua decomposição em condições anaeróbicas, gera partículas que a escurecem, formando os rios de água preta da Amazônia. Nessa região ela é uma floresta menos desenvolvida que as Florestas de Várzea e de Terra Firme e com menor riqueza e diversidade de espécies. Devido à possibilidade de penetração de grande quantidade de luz no seu interior, é uma floresta com numerosas epífitas. Este tipo florestal também é amplamente distribuído ao longo do litoral brasileiro, onde se desenvolve sobre a planície litorânea. É sobre os cordões arenosos das planícies, que podem reter água permanentemente, que se formam Campos ou Florestas Paludosas.

COCAIS - Além dos cocais formados nas Florestas Ombrófilas Abertas Amazônicas (inajal) e no Pantanal (carandazal e acurizal), ocorrem na faixa que cobre as regiões centrais do Maranhão e do Piauí, com interpenetrações nos estados do Ceará, do Mato Grosso e de Tocantins, caracterizando-se por serem formações dominadas por uma ou poucas espécies de palmeiras, acompanhadas por dicotiledôneas. Predominam o babaçu, o buriti e a carnaúba. A origem destes cocais é apontada como fruto da ação do homem, principalmente na região sob climas que são de transição entre as Florestas Amazônicas, o Cerrado e a Caatinga.

CAMPO DE ALTITUDE - Sobre as Serras do Mar, da Bocaina, da Mantiqueira e dos Órgãos, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, em altitudes acima de 1800m, aparece o Campo de Altitude nos domínios da Floresta Ombrófila Densa ou Mista, em áreas contínuas ou entremeadas por rochas aflorantes, entre arbustos e arvoretas e sobre solos litólicos. É formado por plantas perenes, herbáceas ou lenhosas, com folhas coriáceas, pequenas, arranjadas em espiral protegendo as gemas, cobertas por ceras, que evitam a evapotranspiração intensa, adaptadas às frequentes queimadas, à ação dissecante dos ventos, às baixas temperaturas, aos solos extremamente rasos e ao déficit hídrico, incluindo o desenvolvimento de órgãos subterrâneos de reserva de água

e de nutrientes. Devido às altitudes elevadas, situa-se sob clima temperado, com inverno rigoroso e ocorrência de geadas.

CAMPOS RUPESTRES - Os afloramentos rochosos da Serra do Espinhaço, em Minas Gerais, Chapada Diamantina, na Bahia, e das Serras Dourada e Geral, em Goiás, suportam uma formação particularmente adaptada a um substrato pouco desenvolvido, de solos sempre litólicos, rochas expostas, depósitos de areias quartzosas ou oriundas de arenito, áreas encharcadas temporariamente e variações no substrato, em pequena escala que, por isto, diversos autores referem como Campos Rupestres. Sua flora é extremamente adaptada e provavelmente ampliada pelo isolamento de populações entre serras e entre topos de serras distantes, separadas pelo domínio do Cerrado. É extremamente rica em espécies, com elevado grau de endemismo em regiões restritas. Situada sob climas sazonais, as suas espécies têm adaptações à resistência ao período de seca, quando muito freqüentemente ocorrem queimadas. Também no Rio Grande do Sul, ao redor de Porto Alegre, aparecem morros graníticos ou areníticos que sustentam campos rupestres, compostos por espécies herbáceo-subarbusivas dos Campos Temperados.

CAMPOS ÚMIDOS, PÂNTANOS E BREJOS - Em geral são campos temporariamente inundados ou de várzeas, ou permanentemente encharcados, que ocorrem em todo o território brasileiro, excetuando-se a região do domínio da Caatinga, em superfícies aplainadas, aluviais. São mais bem definidos quando se desenvolvem em planícies de inundação situadas após as florestas (Matas Ciliares) que ocupam os diques marginais de grandes rios na Amazônia e no Brasil Central. São bastante desenvolvidos na Amazônia, incluindo a Ilha de Marajó, no Pantanal e nas regiões flúvio-lacustres do centro-sul-leste do Rio Grande do Sul, nas margens das lagoas dos Patos, Mirim do Sombrio e diversas outras. São áreas com alta produtividade primária, de acúmulo de matéria orgânica e de minerais trazido pelas águas dos lagos e dos rios ou de ecossistemas adjacentes. Devido o fato de serem diretamente influenciados pela frequência e intensidade de cheias, estes campos podem apresentar uma grande heterogeneidade fisionômica, dependendo de sua composição florística e variações no substrato. Uma outra modalidade de Campo Úmido ocorre no domínio do Cer-

rado no Brasil Central, e na Região Sudeste, sempre associado ao afloramento do lençol freático próximo de drenagens, sendo o teor de umidade do solo variável com a precipitação sazonal. Quando associado ao buritizal, compõe a paisagem denominada de vereda.

ESTUÁRIOS - Estuários são corpos de água costeira confinada por barreiras, que têm saída para o oceano e que podem ser temporariamente interrompidas, sob influência das marés, onde as águas de drenagens continentais encontram-se com as águas oceânicas, promovendo um gradiente de salinidade, de acordo com o volume de água e a configuração geomorfológica da região. Os estuários podem ser divididos em três diferentes setores: o baixo estuário ou marinho, livremente conectado com o mar aberto; o médio estuário sujeito à mistura de água do mar e água doce e o estuário superior ou fluvial, caracterizado pela água doce, porém sensível às marés. A vegetação nestes setores é herbácea, em geral formando pouca biomassa.

MANGUEZAL - Encontra-se desde o estado de Santa Catarina, altura da Ilha de Santa Catarina, onde as massas oceânicas provenientes do Equador têm seu limite de influência na temperatura das águas litorâneas, até os limites com a Guiana Francesa, ao norte. Apresenta-se mais desenvolvido ao longo de todo o litoral contínuo dos estados do Amapá, Pará, incluindo parte da ilha de Marajó, Maranhão e Piauí, além de ser desenvolvido na baía de Todos os Santos - BA, baía de Vitória - ES, baías da Guanabara, de Sepetiba e da Ilha Grande - RJ, nas regiões de Santos e de Cananéia - SP, baías de Paranaguá e de Guaratuba - PR, na região de São Francisco do Sul e da Ilha de Santa Catarina - SC. O Manguezal é um bioma de interface situado sobre pântano salobro, composto pela mistura de águas da drenagem dos continentes e do Oceano Atlântico. Esta mistura floclula partículas de matéria orgânica e de argilas, formando um substrato movediço, em condições anaeróbicas e salinas, que permite o desenvolvimento de poucas espécies de plantas. É o único bioma brasileiro que forma bosques verdadeiros, com um componente dominante e plântulas, sem que haja a constituição de uma estrutura complexa em seu interior, podendo ter epífitas mas não apresentando lianas.

CERRADO - Ocorre, de forma geral, no norte da Amazônia, em Roraima, e no Brasil Central. Esse

bioma contém a área coberta por savana mais expressiva no Brasil, distribuindo-se de forma contínua nos Estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, no Distrito Federal, no centro-sul de Mato Grosso, sul do Maranhão e do Piauí, oeste da Bahia e centro-oeste de Minas Gerais. Aparece, ainda, em manchas disjuntas nos Estados do Paraná, São Paulo, Pernambuco, Rondônia, Amazonas, Pará, Amapá e Roraima. Situa-se principalmente sob clima tropical, com precipitações entre 500 e 1500mm anuais, com chuvas de verão e invernos secos, de até 5 a 7 meses, típico de savanas, ou sob clima temperado chuvoso e quente, com mês de maior temperatura média superior a 22°C. A maioria das plantas perde folhas ou tem morte de seus ramos de brotamento no período seco do ano, que varia de 3 a 5 meses, acarretando no acúmulo de material combustível sobre o solo. Os eventos fenológicos, como a floração, frutificação, brotamento e queda de folhas são marcados pelos ritmos climáticos. É um bioma no qual o fogo é relevante na ciclagem de nutrientes. Além de ocorrerem queimadas naturais, existem dados que indicam queimadas antrópicas muito antigas, com registro de sua incorporação nos hábitos culturais dos índios, que poderiam atuar há muito tempo. O Cerrado apresenta variações fisionômicas que vão desde os campos limpos do cerrado à fisionomia florestal, o cerradão, passando pelas fisionomias savânicas: campo sujo, campo cerrado e o cerrado senso restrito. Nas diferentes fisionomias savânicas ocorrem árvores esparsas, em diferentes densidades, por entre as quais se desenvolve um estrato herbáceo denso, dominado por gramíneas, o que tem levado alguns autores a denominá-lo de Complexo do Cerrado.

CAATINGA (SAVANA-ESTÉPICA) - O termo savana-estépica foi usado para designar os biomas tropicais com características estépicas, inicialmente na África, referindo-se a uma formação decídua, espinhosa, com cobertura herbácea descontínua. No Brasil há equivalência deste bioma com a Caatinga, que ocorre no Nordeste nos estados da Bahia, Sergipe, Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Paraíba, norte de Minas Gerais e leste do Piauí. É observada sob clima seco, com 6 até 11 meses secos, quente e com temperatura média anual superior a 18°C, semi-árido. As precipitações, que vão de 200 a 750mm anuais, concentram-se em poucos meses, no inverno, sendo que 45% a 70% do total de pre-

cipitação anual concentram-se em 3 meses, muitas vezes ocasionando enchentes de grandes proporções e, ao longo do ano, interrompendo o fluxo de rios intermitentes. Por estas características, a Caatinga é o complexo de biomas brasileiro com menor riqueza e diversidade de flora e de fauna. Da mesma forma que se observa no Cerrado, a Caatinga não é homogênea, apresentando fisionomias florestada, arborizada, arbustiva, parque e gramíneo-lenhosa, o que se reflete nos vários termos empregados para designá-la, como agreste, carrasco e seridó.

PANTANAL - O pantanal ocupa o sudoeste do Mato Grosso e o noroeste do Mato Grosso do Sul. É banhado pela Bacia do rio Paraguai, formando a mais extensa área de várzeas no Brasil, ocupadas principalmente por campos, em geral sobre solos aluviais, hidromórficos. Sob clima característico tropical, sazonal, com 2 a 4 meses de seca e chuvas no verão, situa-se no domínio do Cerrado e da Floresta Estacional Semidecidual. As precipitações pluviométricas variam de 2000mm, na sua região norte a 1250mm no sudoeste. A complexidade observada nesta região levou alguns autores a denominá-la de planícies e pantanais, no plural, porque esta área dos pantanais não reflete as etapas típicas de morfogênese dos pântanos. A evolução da área, caracterizada pelos processos de acumulação, encerra fatores de controle variáveis para cada pantanal, que se relaciona a sub-bacias, dotadas de dinâmica fluvial complexa.

FORMAÇÕES SOBRE A RESTINGA - O termo restinga é aqui empregado para designar os depósitos marinhos litorâneos e depósitos de material continental, que apresentam desenvolvimento dependente da extensão da costa e cuja idade, em geral, não ultrapassa 5.100 anos. Também denominada genericamente de Planície Litorânea, ela é composta por terras baixas, depósitos marinhos mais antigos cobertos por material proveniente das serras costeiras ou dos tabuleiros, sobre as quais, em geral, situa-se a Floresta Ombrófila Densa Atlântica; por baixadas aluviais formadas da drenagem interior, por cordões arenosos que podem conter Florestas de Várzea, Campos ou Florestas Paludosas, dependendo da retenção de água que promovem, e sobre os quais se situa a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas; e pelas dunas e pela linha de praia, que suportam vegetação herbácea pioneira e herbácea-arbustiva.

CAATINGA AMAZÔNICA - É um tipo de mata, ou pequenas variações dela, que ocorre principalmente na Bacia do Alto-médio Rio Negro, sob precipitações superiores a 4000mm anuais e sobre solo hidromórfico e areias quartzosas hidromórficas. Os indígenas denominavam este tipo de mata de caatinga-gapô e, por um erro de tradução, vem sendo denominada genericamente na literatura por Caatinga do Rio Negro. Constitui uma vegetação bastante heterogênea, variando de floresta com 15 a 20m de altura, denominada de Campinarana arbórea, Campinarana alta ou Mata de campina, passando por uma formação arbórea baixa, de 5 a 7m, chamada de Campinarana arbustiva, Campinarana baixa ou campina, que são fisionomias formadas pelo mesmo grupo de espécies e que, também, pode apresentar-se com fisionomia gramíneo-lenhosa.

CAMPOS TEMPERADOS - São formações campestres, com predomínio de espécies herbáceas e subarbustivas. No Estado do Rio Grande do Sul ocorrem as formações Estepe e Savana-Estépica, denominadas genericamente de Pampas ou Campanha Gaúcha, e a Savana gramíneo-lenhosa, que também se estende aos estados de Santa Catarina, Paraná e sul de São Paulo, onde é denominada de Campo Geral. A formação climática do Rio Grande do Sul é a Mata Alta Subtropical, enquanto os campos são formações climáticas e edáficas na sua origem, relitos históricos ou manchas edáficas no tempo atual. É uma vegetação dominada por gramíneas e diversas dicotiledôneas herbáceas, que serve de pastagem natural. A floração, a frutificação e a rebrota são eventos sazonais que respondem às características do clima, notadamente às variações de temperatura.

LEITURAS RECOMENDADAS

BICUDO, C.E. & MENEZES, N.A. (eds.)1996. Biodiversity in Brazil: a first approach. São Paulo, CNPq.

PRIMACK, R.B.; ROZZI, R.; FEINSINGER, P.; DIRZO, R.; MASSARDO, F.2001. Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica.

CAPÍTULO 11

PLANEJAMENTO DA PAISAGEM

■ Rozely Ferreira dos Santos, Sueli Thomaziello & Mara de Andrade Marinho Weill.



CAPÍTULO 11

PLANEJAMENTO DA PAISAGEM



Os capítulos anteriores apontaram para alguns fenômenos naturais que, sob determinadas condições geradas ou induzidas pelo Homem, podem tornar-se desastres de grande magnitude. Eles são altamente correlacionados, mediante a interconexão ou interdependência de seus processos. Desta forma, é difícil tratar os fenômenos e seus processos de forma individualizada, ou seja, desconectados um do outro. Para efeito de análise, podemos decompor frações desse todo, mas quando avaliamos o território para tomar decisões a visão deve ser holística, procurando entender e obter a conciliação entre as funções que ocorrem no meio.

A implementação de ações ou medidas isoladas que objetivam solucionar problemas ambientais específicos, aparentemente objetivas e racionais, não tem o retorno esperado na recuperação ou conservação do meio. O tomador de decisão que adota essa estratégia esquece que uma interferência, benéfica sob uma perspectiva, sempre resulta em uma cadeia de mudanças quase sempre acompanhadas de impactos. Em outras palavras, uma paisagem é heterogênea, dotada de sistemas com comportamento complexo, e para que as ações tenham o resultado esperado é necessário que elas sejam implementadas, manejadas e monitoradas dentro do enfoque holístico. Podemos dar um exemplo simples para essa afirmação por meio da descrição resumida de um caso ocorrido numa das bacias hidrográficas da Região Metropolitana de São Paulo. Nessa bacia ocorria grande despejo de esgoto urbano no seu curso de água principal. Uma avaliação bem intencionada, mas apressada, decidiu recolher todo o esgoto e conduzi-lo para uma estação de tratamento (ETE) localizada em outra bacia hidrográfica. Porém, a jusante desse rio existia uma estação de tratamento de água (ETA), cujo objetivo era atender a demanda hídrica para essa mesma população e seu entorno. A alternativa proposta, pensada isoladamente, não contemplou o fato de que o recolhimento do esgoto estava interferindo na vazão do rio, refletindo assim no funcionamento da ETA que,

por sua vez, também pensada isoladamente, foi projetada com a vazão global. Paralelamente, em virtude da deficiência de moradia, a implementação de loteamentos populares foi estimulada. As novas residências foram legalmente construídas, porém próximas das áreas meandradas da bacia hidrográfica, ou seja, das áreas de inundação cobertas por brejos. Essa boa intenção, pensada isoladamente, intensificou o processo de erosão e o material erodido assoreou parte das áreas inundáveis. Essas áreas representavam um importante filtro natural para as águas e, devido a essa interferência, a qualidade da água que chegava a ETA tornou-se menor. Menor qualidade de água somada a menor vazão, com maior número de pessoas a serem atendidas pela rede de água resultou no colapso da ETA e no sistema de atendimento de água para a população. Este exemplo é um pequeno trecho da rede de conseqüências que ocorreram em forma de corolário de impactos por toda a região. O capítulo 4 também evidenciou que a origem da erosão urbana está associada a falta de planejamento adequado, ou seja, que considere as particularidades do meio físico, as tendências de ocupação e as condições sociais e econômicas do lugar.

Em síntese, se adotarmos uma visão parcial dos problemas do nosso território, mesmo que bem intencionados, podemos destruir o ambiente em que vivemos. Assim, devemos aglutinar as questões, o que não é um exercício simples. Por essa razão, criamos sistemas de análise que organizam as informações e adotamos métodos e ferramentas técnicas que permitem visualizar a complexidade do meio e das propostas de ação e manejo de forma integrada. No caminho do planejamento, perguntamos sobre quais os fenômenos que têm destaque na região (inundação? drenagem? erosão?), quais os processos envolvidos, como avaliar esses processos, com que indicadores, com quais grupos sociais estamos lidando, como chegar a uma solução integrada ou quanto custará para o Homem e para a Natureza a solução considerada ótima.

11.1 – PLANEJAMENTO E SUSTENTABILIDADE

Planejamento hoje se atrela ao conceito de sustentabilidade. No Brasil, a aplicação do conceito de sustentabilidade como um critério a definir mudanças no uso e manejo das terras ou orientar as ações em pesquisa, ainda é restrita e recente.

Para facilitar a adoção deste conceito, é necessário o estabelecimento de indicadores objetivos para avaliação da sustentabilidade dos sistemas, tendo em vista escalas adequadas aos exercícios de planejamento, conforme descrito no item seguinte. Ainda, para maior eficiência, a aplicação desses indicadores deve ser compatível com o uso de ferramentas modernas, relacionadas com a manipulação da informação em formato digital. Entender que as respostas do meio às ações antropogênicas desencadeadoras de desastres se dão de inúmeras formas é um grande passo para entender que toda ação humana deve ser precedida de estudos cautelosos de impacto e de planejamentos adequados a cada realidade, assim como deve haver previsão de medidas minimizadoras dos efeitos negativos.

Essas considerações podem ser exemplificadas a partir do fenômeno erosão. A erosão acelerada do solo, que normalmente resulta da intensificação da ação antrópica sobre o ambiente, tem sido amplamente considerada um sério problema global de degradação de terras. A degradação, física, química e biológica, do solo, que compromete muitas de suas funções básicas, e a poluição, o assoreamento e a eutrofização de rios e reservatórios por sedimentos, são processos que se relacionam direta ou indiretamente com a erosão acelerada. Em conjunto, esses processos condicionam queda do potencial produtivo das terras e conseqüente deterioração do habitat de inúmeros organismos, incluindo o Homem. A agricultura tem sido freqüentemente apontada como sendo a

principal fonte não pontual de poluição ambiental, em virtude da produção de sedimentos que tem sua origem na erosão acelerada do solo, especialmente nas áreas agrícolas mal manejadas. Ainda, o mau uso e manejo agrícolas também constituem causas importantes da degradação da qualidade do solo.

Os planejamentos ambientais costumam ser organizados dentro de uma estrutura que envolve levantamento e pesquisa, análise e síntese. Eles iniciam quando objetivos e metas são estabelecidos. Os objetivos norteiam a procura pela informação (levantamentos e pesquisa). Os dados obtidos são reunidos e organizados (inventário), de forma a facilitar sua interpretação. Os dados organizados são analisados de forma integrada, para compreender o meio estudado (diagnóstico), quanto as suas características de potencialidade, vulnerabilidade, acertos e conflitos (análise). A síntese se refere à aplicação dos conhecimentos alcançados com o diagnóstico para a tomada de decisão que, por sua vez, é representada em forma de alternativas de manejo, medidas ou atividades que respondam, na sua soma, aos objetivos e metas. Para tanto, as alternativas devem ser comparadas, selecionadas e ajustadas entre si.

Esta é uma forma sistêmica de apresentar o planejamento, como um processo contínuo, elaborado em fases que evoluem e se realimentam sucessivamente, onde o resultado de uma é a base ou o princípio para o desenvolvimento da fase seguinte. Cada fase pode ter métodos e produtos específicos. A figura 11.1 resume as fases do planejamento e des-

Sustentabilidade refere-se a qualidade de um sistema cujos recursos naturais se mantém, em estado de conservação e quantidade, por tempo indefinido, apesar do seu aproveitamento pelo Homem atual, que pretende o desenvolvimento de sua região. Planejar sob o enfoque da sustentabilidade é defender alternativas que asseguram o equilíbrio do meio e que respeitam as relações da cadeia da vida, da matéria e da energia.

FIGURA 11.1



Etapas do processamento de planejamento.

Fonte: Santos, 2004 (modificado)

taca a importância de considerar o tempo e a história do lugar, como vem sendo alertado em vários capítulos deste livro. O diagnóstico deve levar em conta a evolução do território estudado, todas as sucessivas alterações, perturbações, desorganizações e auto-organizações que contam sua história e explicam seu estado atual (capítulo 2). Para cada impacto, real ou pro vável, tendo ou não se tornado um desastre, é necessário que sejam especificadas as relações entre os componentes que colaboram com seu estabelecimento e agravamento ao longo do tempo. Novamente alertamos que toda ação definida no planejamento, que pretende solucionar um problema ambiental, precisa estar dentro de uma cadeia de ações pontuais interligadas, que conduza para uma nova organização do espaço.

As decisões em um planejamento não são simples, nem lineares. Na verdade, em planejamentos reais, elas são tomadas a partir de subconjuntos de um conjunto ideal de dados. Os processos nem sempre são devidamente interpretados e cruzados entre si, de forma a subsidiar a decisão. Existe também a questão dos recursos disponíveis para as alternativas propostas que, muitas vezes, reduzem o que está ou o que deve ser proposto. Por essas razões sempre existe o risco da incerteza da solução

determinada. Isso não significa que não devemos tomar decisão, mas que devemos qualificar toda ação proposta de acordo com seu grau da incerteza, de probabilidade de acerto, dos riscos de novos impactos.

Se existe o risco e a incerteza, então as medidas ou ações implementadas devem ser monitoradas, os resultados medidos e os acertos ou ajustes estabelecidos. Este é um caminho para a retroalimentação do planejamento, que reconduzirá o processo em outro tempo em função da experiência adquirida pelo controle e monitoramento das decisões aplicadas em campo. O planejamento é, então, um processo composto de fases que se continuam, em evolução crescente e espiral, pretendendo o equilíbrio e a conservação do meio, muito parecido com o desenho dos princípios de mudança e da espiral da vida, como ilustra a figura 2.1 do capítulo 2.

Nesse contexto, os planejamentos devem ser entendidos não como ferramenta de mitigação dos erros de manejo já estabelecidos no lugar, mas como um documento que tem a capacidade de prever e de evitar efeitos danosos ao meio e, com maior propriedade, aos desastres.

11.2 – RELEVÂNCIA DA INFORMAÇÃO AMBIENTAL

Buscar a compreensão sobre os principais problemas ambientais de um território pressupõe obter a capacidade de reconhecer as informações adequadas que possam responder sobre o fenômeno em questão. A seleção da informação e o reconhecimento do seu grau de importância a fim de entender o fenômeno e seus processos seria um dos princípios do planejamento e da tomada de decisão. Vamos tomar como exemplo, a erosão acelerada do solo – um processo amplamente estudado devido as suas frequentes ocorrências e à amplitude das consequências (para entender melhor sobre esse problema leia o capítulo 4). Com o objetivo de compreender o processo da erosão acelerada do solo de um dado espaço é preciso primeiramente identificar quais informações são cruciais para alcançar este objetivo, e algumas perguntas iniciais podem ser elaboradas: (1) sobre que tipo de solo o processo se desenvolve e qual o seu grau de vulnerabilidade? (2) qual o seu substrato rochoso e a sua relação com o desenvol-

vimento do solo? (3) sobre que tipo de relevo e de grau de declividade teve início o processo e quais as mudanças imputadas ao relevo? (4) como se dá o ciclo hidrológico: chuvas, escoamento, infiltração, percolação, evaporação? (5) qual o tipo de cobertura vegetal existente antes de ter início o processo e quais os tipos de usos introduzidos? (6) quais as técnicas de manejo empregadas no local? (7) quais as técnicas de prevenção e de minimização dos efeitos empregadas? (8) quais as ferramentas de controle empregadas? (9) quais instrumentos e meios de sanções e de compensações utilizados? (10) quais as consequências ambientais, sociais e econômicas desencadeadas? (11) qual o grau de envolvimento e interferência da população? (12) qual o grau de envolvimento e de interferência do governo? Responder a estas questões básicas ajuda a delinear a configuração da paisagem e de suas características e identificar o conhecimento mínimo necessário para que o seu planejamento seja efetivo.

A compreensão dos problemas ambientais (ou fenômeno) para fins de obter o planejamento do território requer o estudo das características do meio físico e natural e dos processos desencadeados, ou seja, dos fatores sociais, econômicos e políticos relacionados. A resposta do meio e as consequências do evento refletem a somatória, a integração e a interconexão de todos estes aspectos.

A informação ambiental deve de fato contribuir para a compreensão sobre o que acontece no espaço, para isso é preciso selecionar e ponderar a informação ambiental.

2.1 Seleção de Indicadores

Como citado, o exemplo da erosão acelerada do solo resulta da intensificação da ação antrópica sobre o ambiente e tem sido amplamente considerado um grave problema global de degradação de terras. A compreensão básica sobre o fenômeno em questão pressupõe a escolha correta dos parâmetros e dos indicadores ambientais que terão importância e pesos específicos para cada caso. Seja a questão mote para obter o planejamento a erosão, o assoreamento, os deslizamentos de encostas, as enchentes e inundações, a desertificação e arenização ou os desmatamentos para que tenhamos sucesso é necessário selecionar os indicadores ambientais adequados. Essa seleção requer um conhecimento mínimo prévio sobre o contexto técnico que pode ser obtido a partir de questões orientadoras exemplificadas anteriormente.

Os indicadores decodificam estados do meio, como expressões de um estado natural, de uma autorregulação, ou de reação à uma ação qualquer e apresentam grande importância na tomada de decisão. A OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), (1994, 1998) define indicador como um parâmetro ou valor derivado de parâmetros que aponta, fornece informações ou descreve o estado de um fenômeno, ambiente ou área, e cujo significado excede aquele diretamente associado ao valor do parâmetro. Já parâmetro é definido como uma propriedade que pode ser medida ou observada.

Como descreve Fidalgo (2003), os indicadores podem ser utilizados em vários momentos do processo de planejamento, não apenas na tomada de decisão, por possuir a propriedade de ser capaz de quantificar e simplificar a informação. Em nosso caso, os indicadores expressam a informação ambiental,

dessa forma, para a elaboração de indicadores um conjunto de observações, dados e conhecimentos deve ser sistematicamente ordenado e condensado em informação chave.

No exemplo dado (erosão acelerada do solo) a elaboração dos indicadores pode considerar, num primeiro momento, as informações que definam o estado do fenômeno observado, ou as condições ambientais reais observadas, como por exemplo: tipo de solo e grau de vulnerabilidade, área com cobertura vegetal, efeito runoff, declividade do relevo, proporção de solo erodido e transportado. Em um segundo momento informações como: tipo de atividade de manejo empregada, grau de permeabilidade e escoamento decorrentes das alterações do solo e pressões exercidas sobre o meio podem gerar indicadores ambientais. Estes dois tipos de indicadores são reconhecidos como indicadores de estado e de pressão pela OECD (1994). Posteriormente, após a implantação de ações de manejo poderão ser elaborados indicadores que possibilitem avaliar as mudanças decorrentes destas ações. Exemplos destes indicadores seriam aqueles relacionados a resposta das sociedades às mudanças ambientais, relacionadas à mitigação ou prevenção dos efeitos negativos da ação do homem sobre o ambiente, à paralisação ou reversão de danos causados ao meio, e a preservação e conservação da natureza e dos recursos naturais (Fidalgo). Em nosso caso hipotético, os indicadores seriam aqueles que possam expressar as mudanças decorrentes das ações de mitigação e de recuperação dos efeitos da erosão acelerada do solo, como por exemplo: a quantidade de solo erodido e transportado, efeitos negativos controlados e área recuperada, além de medidas preventivas adotadas.

O método de elaboração de indicadores proposto pela OECD é apenas um entre vários outros métodos de identificação de indicadores utilizados. O desafio é escolher o método adequado e aplicá-lo. É muito importante considerar que os indicadores podem diferir entre as etapas do planejamento, pois as questões pertinentes a cada etapa evoluem a cada

A OECD (1994 e 1998) desenvolveu um método para definição de indicadores ambientais utilizando o modelo Pressão-Estado-Resposta. Dessa forma são elaborados indicadores de pressão, de estado e de resposta.

entrada de novas informações. Portanto, os indicadores de um diagnóstico raramente serão iguais aos elaborados para o monitoramento e avaliação, afinal espera-se que o estado do meio tenha sofrido mudanças. O uso de indicadores compreende um contexto dinâmico, pois eles podem ser alterados conforme evoluem o conhecimento e a percepção dos problemas ambientais. Neste sentido quanto maior o conhecimento obtido sobre o fenômeno mais adequados serão os indicadores, e sua revisão e checagem passam a ser obrigatórias e constantes.

Partindo deste princípio, o modelo desenvolvido por Cairns et al. (1993) para seleção e elaboração de indicadores é bastante empregado na etapa de monitoramento de longo prazo de problemas ambientais. Este método baseia-se em três questões críticas: (a) Os objetivos estão sendo atingidos? (b) Se os objetivos não estão sendo atingidos, qual a causa dessa desconformidade? (c) Como se pode prever a desconformidade, antes de detectar sua ocorrência? A partir destas questões três tipos de indicadores são trabalhados: de conformidade, diagnóstico e preventivo. Os primeiros servem para julgar se os objetivos estabelecidos inicialmente estão sendo cumpridos, no nosso caso, para saber se os impactos decorrentes da erosão ocorrem ou continuam a ocorrer. O segundo tipo de indicador auxilia a identificar as causas da desconformidade, se os efeitos da erosão, como a perda de solos produtivos ou o depósito de sedimentos nos canais fluviais e o seu conseqüente assoreamento continuam ocorrendo apesar das medidas adotadas, pode ser que algum elemento do fenômeno não foi considerado ou novos elementos foram incorporados ao sistema após a implantação da ação. Nem sempre as razões são simples ou óbvias, como nesse caso hipotético. É o momento da revisão das informações. O terceiro tipo de indicador, preventivo, tem a função de identificar problemas antes que eles possam provocar impactos ao meio. Processos de erosão acelerada possuem causas conhecidas, apesar dos efeitos variarem para cada situação e contexto, portanto se associar o uso de indicadores diagnóstico com os preventivos poderão ser implementadas estratégias de manejo preventivo.

Por último, o uso de indicadores em planejamentos ambientais sob o enfoque de reduzir ou evitar os desastres ambientais apresenta a qualidade de facilitar a comunicação à população, de forma geral, e aos governos os eventos ambientais, naturais ou induzidos, em evolução. Facilitar a comunicação sobre

os problemas ambientais favorece o envolvimento das comunidades na busca por evitar os efeitos resultantes dos desastres ambientais, assim como auxilia no processo de conscientização.

2.2 Avaliação de Risco

A avaliação dos riscos presentes ou potenciais de degradação das terras, e a previsão de impactos diretos e indiretos decorrentes da erosão acelerada, são metas prioritárias do planejamento conservacionista e temas atuais da pesquisa em Conservação do Solo e da Água. Após um longo período de utilização dos recursos naturais, dentro de uma perspectiva predominante de eficiência econômica, tendo por meta prioritária a rentabilidade máxima dos sistemas, identifica-se mais recentemente uma forte preocupação quanto às conseqüências ambientais do uso intensivo.

As ações humanas desprovidas de planejamento podem aumentar os riscos de ocorrências de fenômenos como erosões e inundações. Os fatores naturais são relativamente estáveis. No entanto, os fatores induzidos pelo homem podem ser alterados no tempo e no espaço, podendo ampliar a freqüência de ocorrência destes fenômenos. Portanto, planejamento e intervenções adequadas na bacia hidrográfica podem reduzir os riscos de ocorrência de inundações dos leitos secundários, ou os danos materiais e humanos podem ser reduzidos, se os riscos de ocorrência de inundação foram considerados nos processos de planejamento de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica, e em especial, das zonas inundáveis em áreas urbanas.

O conceito de riscos ambientais, adotado neste livro, é a estimativa de danos ou prejuízos potenciais ao meio ambiente, calculada em função da probabilidade de ocorrência do dano e da intensidade de suas conseqüências ao meio afetado. Essa estimativa pode ser obtida de forma quantitativa ou qualitativamente.

Uma discussão muito importante em planejamentos quando se avalia risco ambiental é o forte caráter da manifestação geográfica. A avaliação de risco possui forte influência das características intrínsecas do local ou do espaço em que o evento se dá. Na mesma medida o elemento tempo encontra-se intrinsecamente associado a forma como o risco é percebido e avaliado. O contexto-espaço e temporal e as escalas de análise devem ser en-

tendidos pelo planejador como componentes determinantes no processo em curso. O tempo pode ser expresso pelas relações de frequência, duração, sazonalidade e periodicidade. Essas expressões temporais são determinadas pelo espaço em que o evento se dá. Um processo erosivo pode estar relacionado a períodos de chuvas concentradas, mas intensificado em decorrência de um solo muito degradado e altamente vulnerável. O efeito provocado pela mesma concentração de chuvas torrenciais pode não ser o mesmo em um solo menos vulnerável ou sobre um relevo menos inclinado. Essa

simples ilustração sugere que a avaliação de riscos pode ser definida em termos relativos, denotando sensibilidade às condições intrínsecas e extrínsecas ao contexto geográfico em que ocorre.

A avaliação de riscos, assim como a elaboração de indicadores depende da qualidade da informação ambiental, a compreensão sobre os riscos associa-se as condições espaciais e as repostas do meio aos processos hidrológicos, meteorológicos, geológicos e biológicos, por exemplo.

11.3 – CAMINHOS PARA A TOMADA DE DECISÃO

O grande desafio do planejamento ambiental está na fase da tomada de decisão. Decidir sem esquecer os conceitos científicos, os argumentos técnicos, os anseios sociais e os interesses políticos é uma grande façanha. Por isso, cada planejamento é único, sem repetição, sem uma “verdade” definitiva. Apesar disso, alguns erros comuns podem ser evitados se os tomadores de decisão estiverem devidamente atentos.

O mais comum dos erros é a tendência dos decisores apelarem para o princípio de que para cada efeito deve haver uma única e absoluta solução. Quando o debate caminha nessa direção o resultado é uma listagem de duas colunas, sem nenhuma intersecção, sem nenhum efeito de integração entre as medidas voltadas para todo o território. É a visão totalmente parcial da realidade. Outro erro comum é partir da premissa que soluções estruturais são inevitáveis para a solução dos impactos ambientais. Pelo contrário, quando fazemos uma leitura criteriosa dos capítulos anteriores deste livro percebemos que situações desastrosas podem ser evitadas se adotarmos não uma, mas um conjunto de medidas em boa parte de caráter não estrutural, como recuperação ou reabilitação de mata ciliar, conservação de fragmentos florestais, recuperação natural das planícies fluviais, proteção de nascentes, vertentes e encostas, manutenção de cobertura vegetal adequada para o solo, disposição espacial adequada da ocupação urbana, assim por diante. Devemos lembrar que o controle de certos fenômenos, como a enchente, por exemplo, é baseado no conhecimento sobre seus principais condicionantes. É quase sempre sobre os condicionantes que iremos interferir e, de maneira comum, a inter-

ferência se dá através do controle da disposição das atividades, dos tipos de uso da terra e da capacidade de manejo do Homem.

Sem dúvida, as medidas estruturais auxiliam o controle ou minimizam o efeito indesejado, mas se os outros fatores ou recursos naturais não forem monitorados e controlados, em curto prazo, elas perdem a eficiência prometida.

Não queremos, com nosso leque de soluções, facilitar o convívio da população com os desastres, mas distanciar as pessoas e suas atividades das áreas de risco humano, a ponto de permitir que o fenômeno natural continue ocorrendo, sem que se transforme em um desastre para a população. O apelo para grandes obras de contenção de impactos só tem sentido quando as condições locais não permitem qualquer outra solução. Podemos citar como exemplo, cidades inteiras que, em função dos caminhos históricos, alojaram-se em grandes planícies fluviais. A redução do risco, neste exemplo, tem outra conotação. Porém, essas situações devem ser vistas como exceção e não como regra aplicada ao planejamento.

É preciso atentar que, freqüentemente, a solução voltada para evitar um desastre é melhor quando existe um conjunto de medidas, com pequenas e localizadas interferências, aplicadas sobre diversas fases que compõem o processo e o fenômeno. O capítulo 7, por exemplo, apresenta uma proposta composta de um conjunto de medidas de diferentes naturezas, que se distribuem por toda bacia hidrográfica, sendo que cada medida tem uma pequena contribuição na redução dos volumes escoados nas vertentes, controlando dessa forma, não o fenômeno, mas as enchentes desastrosas nos rios.

Não se pode dar o poder de decisão para aquele que esquece que não somos capazes de alterar o ciclo da grande massa de elementos naturais, como o clima, o relevo e o substrato rochoso, mas que nossas intervenções se reduzem em grande parte em modificar o desenho de uso e ocupação da terra, ora pela utilização de instrumentos técnicos, ora como instrumentos da sociedade civil.

3.1 Instrumentos técnicos

A configuração das paisagens, os seus processos funcionais e as mudanças no tempo são melhor entendidos se for elaborada uma estrutura representativa das interações tridimensionais no território. De forma geral, essa representação se dá pela integração das informações obtidas por meio do inventário. As áreas territoriais onde fenômenos e processos funcionais se assemelham são segmentadas, criando diversos setores que costumamos denominar de zonas. Pressupõe-se, dessa forma, que dentro de uma zona ocorra alto grau de ligação funcional, com variáveis dependentes e significativa diferença com as outras zonas do entorno. O conjunto de zonas de um território define o zoneamento da região, que contém informações tanto de ordem qualitativa quanto quantitativa.

O zoneamento é um instrumento comum de planejamento, definido em diversos atos legais de caráter ambiental. Há, pelo menos, nove tipos de zoneamentos definidos na legislação brasileira, como por exemplo, o ecológico-econômico (ZEE), o agroecológico, o urbano, entre outros. Eles são constantemente representados por mapas, mas podem ser desenhados por outras formas, como matrizes ou índices. Os caminhos metodológicos que permitem a intersecção de dados, a discretização, a segmentação e estratificação das zonas no espaço são muitos, com diversas estruturas de análise, de medida, de

calibração, de ordenamento e de predição. Portanto, é necessário que o tomador de decisão tenha muito cuidado na leitura do resultado do zoneamento, pois cada caminho pode gerar um resultado diferente, peculiar ao método adotado. Dependendo do caminho, as similaridades internas ou diferenças externas se referem a conjuntos diversos. Assim, por exemplo, diversos temas podem ser usados na produção do zoneamento, mas as zonas podem, preponderantemente, expressar um aspecto como as potencialidades ou vulnerabilidades ou os conflitos de um território.

Para cada zona é atribuído um conjunto de normas específicas, que definem políticas de orientação de uso territorial. As normas, por sua vez, devem estar atreladas às medidas e ações específicas que, integradas, viabilizam o espaço.

A definição das zonas e das normas é um trabalho conjunto entre planejadores e sociedade. Desta forma, não podemos esquecer que o zoneamento é um instrumento técnico e político, consensuado, mais voltado a otimização e regulamentação do que a restrição, voltado a gestão do território. Se a decisão é compartilhada, deve haver disponibilidade e transparência das informações apresentadas em cada fase do planejamento. Essa é a primeira de uma série de falhas apresentadas nos zoneamentos brasileiros. Devemos também lembrar que a representação simplificada dos processos é um bom caminho para a interpretação de uma paisagem complexa, mas o excesso de simplificação acaba conduzindo ao erro de ultrapassar o limite máximo possível da generalização, resultando em zonas e normas fictícias, não aplicáveis nas frações do território. Por outro lado, o excessivo detalhamento pode conduzir a um número demasiado de zonas e normas, de difícil implementação e administração. Enfim, constatamos que o zoneamento é um bom instrumento de auxílio para a construção de parcerias de decisores, mas não podemos perder de vista as limitações que qualquer um deles impõe e não cair no erro de que existe uma decisão absolutamente abrangente e correta.

Os mapas não são imprescindíveis para elaborar planejamento, mas são um bom instrumento de comunicação entre planejadores e atores sociais, pois permitem observar as localizações, as extensões territoriais de cada elemento que compõe a paisagem, os padrões de distribuição, as relações entre os componentes, e, principalmente, favorecem a síntese.

Os planejamentos costumam usar, como base de informação dados remotos, obtidos por imagens de satélite, fotografias aéreas, imagens de radar, sistemas de posicionamento global (GPS) ou varreduras termais. Para saber mais sobre esse assunto leia: Santos (2004) e Florenzano (2003)

3.2. Instrumentos da sociedade, instrumentos legais e políticas públicas

Para que um instrumento técnico, como o zoneamento, seja reconhecido, aceito e obedecido pela sociedade é imprescindível sua transmutação para a forma de instrumento político. Nessa condição, o instrumento materializa a tomada de decisão e passa a estabelecer parâmetros de controle, fixa limites de ação, define responsabilidades e induz articulação e negociação entre atores sociais.

O zoneamento é somente uma entre diversas formas de instrumentos da sociedade. Assim, por exemplo, as medidas não estruturais já citadas nos capítulos 7 e 8 costumam ser agregadas em regulamentação específica do uso da terra, em atos legais que determinam regras de construção à prova de enchentes, organização de sistema de seguro de enchentes e de previsão e alerta de inundações e formatação legal de serviços de defesa civil. A pressuposição é que a combinação dessas medidas oficiais permite evitar ou reduzir os impactos das cheias por períodos suficientemente longos.

A gestão do meio através desses instrumentos se dá pelo setor público competente, seja em nível municipal, estadual ou federal. Mais recentemente, a gestão tem sido realizada por setores político-administrativos que tem como objeto as bacias hidrográficas brasileiras. Nesse aspecto, um grande impasse é a sobreposição de regulamentos que vigoram em diferentes níveis (local, de bacia hidrográfica, de município, de estado ou de país) e se contradizem. Apesar de sabermos que, nesses casos, sempre prepondera o instrumento de maior nível sobre o de menor nível (federal a municipal), esse fato promove constantes conflitos junto as comunidades do lugar.

A escolha entre os diversos instrumentos de planejamento depende muito dos objetivos que se quer atingir, do local focado e dos temas que se deseja destacar. Além dos zoneamentos podemos citar os Planos Diretores Ambientais, Planos de Manejo, Planos de Bacias Hidrográficas e Estudos de Impacto Ambiental. Cada um desses instrumentos tem seu papel, sua função específica, com atribuições particulares. Um grande erro é confundir os limites ou as possibilidades de conservação e manejo que esses instrumentos oferecem.

O Poder Público no Brasil costuma indicar zoneamento como instrumento legal para implementar normas de uso para o território nacional.

Programas e projetos oficiais, por sua vez, são muito utilizados para estabelecer mecanismos de controle, de correção, de recuperação ou mesmo de consolidação de realidades desejadas. São exemplos os Programas de Microbacias, de Bacias Hidrográficas, Programa Ambiental do Estado, Agenda 21, entre outros. Vários desses programas não são, efetivamente, produzidos pela seqüência de fases de planejamento descritas no item anterior.

De forma progressiva, os municípios brasileiros tem apresentado seus Planos Diretores como instrumentos de planejamento ambiental. Esses planos objetivam orientar a atuação do Poder Público e da sociedade em suas atividades, levando à formulação de políticas públicas. Eles são interpretados como instrumentos básicos de uma política de desenvolvimento e garantia de qualidade de vida no município. Eles integram e compatibilizam as atividades urbanas e rurais e preocupam-se com a implementação e uso racional da infra-estrutura, seja social, de serviços ou de apoio político. Se o desenvolvimento passa pelo prisma da sustentabilidade, então eles têm caráter ambiental, mas o enfoque é o homem e o aprimoramento das relações entre sociedade e Natureza. Um bom Plano Diretor deve ter objetivos claros, que se preocupam em promover uma gestão integrada, preocupada com a perseverança dos recursos naturais, com o equilíbrio do meio e com a distribuição justa para a sociedade dos recursos e dos espaços que ainda podem ser usados ou ocupados pela população. Metas para serem atingidas devem superar o tempo de uma gestão política.

Os Planos devem compatibilizar políticas de diferentes esferas e preservar, proteger e recuperar a paisagem e o patrimônio, independentemente do caráter cultural, histórico, artístico ou arqueológico, assegurando o acesso de qualquer fração da sociedade a eles. As diretrizes, normas, medidas ou ações propostas no Plano devem responder diretamente a descrição dos objetivos e metas. Portanto, todo cidadão deveria fazer o exercício de verificar se existe esse elo entre objetivos-metas-propostas e quanto ele está sendo cumprido ou respeitado em uma determinada gestão política. Conclusivamente, o Plano Diretor deve responder sobre as aspirações da coletividade, a conservação dos recursos naturais e a garantia da participação pública, tanto no processo de elaboração do documento quanto no processo de gestão municipal.

Não é raro verificar que um Plano Diretor usa o zoneamento como ferramenta de integração das

Existem Planos Diretores que incluem como medidas o monitoramento das alternativas apresentadas no corpo do Plano e a atualização permanente do diagnóstico, como por exemplo o PD de Porto Alegre (RS).

informações e material principal de discussão junto a população.

Os planos essencialmente voltados à conservação dos recursos hídricos têm a bacia hidrográfica como o espaço territorial de estudo. Eles são apresentados a população com diferentes nomes, muito em função dos objetivos que querem atingir, como plano de bacia hidrográfica (PBH), planejamento de recursos hídricos, planejamento ambiental de recursos hídricos, gerenciamento de recursos hídricos, gerenciamento das águas, gerenciamento integrado de bacias hidrográficas, aproveitamento de recursos hídricos, plano de manejo de recursos hídricos, manejo de recursos hídricos, manejo de bacia hidrográfica ou plano diretor para o gerenciamento das bacias hidrográficas. Costumam associar medidas de conservação dos mananciais, dos ecossistemas aquáticos, do solo, dos remanescentes vegetacionais, da fauna, de controle de doenças transmitidas pela água e de atividades e atendimento de demandas hídricas rurais e urbanas, entre outras.

Os planos de manejo são instrumentos muito mais voltados para conservar e preservar os recursos naturais do que atender demandas humanas, sendo muito usados para planejar unidades de conservação. Esses planos enfocam basicamente a preservação dos potenciais ambientais e o controle sobre a vulnerabilidade do meio.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um processo que contém um documento instrumental chamado Estudo de Impacto Ambiental (EIA), entendido por muitos como uma forma de planejamento ambiental. De fato, o EIA compõe-se de objetivo e objeto concretos, analisa a qualidade ambiental de bacias hidrográficas, os efeitos de ações humanas sobre o ambiente, constrói cenários futuros e pressupõe a participação pública durante e na tomada de decisão. No entanto, o EIA é dirigido para um objeto específico – o empreendimento – e as alternativas de ação são voltadas para mitigar os prováveis impactos futuros oriundos dessa ação e viabilizar esse objeto.

Em outras palavras, nem todos os instrumentos, sejam técnicos, legais ou de gestão, tem características propícias para solucionar a problemática que envolve os fenômenos descritos neste livro. Todos eles trabalham com um recorte da realidade e, portanto, devemos atentar se esse recorte inclui ou não os processos envolvidos com o fenômeno e com os eventos. A complexidade do meio e as interações entre elementos e processos, tão importantes de serem compreendidos para o controle de desastres, muitas vezes acabam sendo simplificados e generalizados, o que induz a perda do controle sobre variáveis importantes envolvidas com o processo. Neste caso costumamos reunir conjuntos de instrumentos que respondam mais amplamente a questão. O capítulo 5, por exemplo, busca evitar danos ao Homem pela ação da água pelo controle local do crescimento demográfico e da expansão urbana, pelas medidas técnicas de recuperação e conservação florestal e por aplicação de políticas conservacionistas, entre outras. A leitura do capítulo 9 evidencia que o caminho encontrado para o fenômeno desertificação é fazer cumprir a legislação ambiental das APPs, ter planos e programas de habitação popular ambientalmente adequados, obter maior atuação do poder público para os casos de ocupação irregular, incentivar projetos em educação e cidadania, desenvolver uma gestão que faça cumprir os atos legais ambientais, principalmente aqueles voltados para evitar o mau uso do solo, o desmatamento e a especulação imobiliária, entre outros.

Sejam quais forem os caminhos, a adoção sempre segue a estratégia do fortalecimento do conhecimento científico sobre o meio que vivemos, do embasamento teórico-técnico sobre os fenômenos, das políticas de organização e gestão territorial, de conservação ambiental. Esta é a fórmula mínima para subsidiarmos as decisões sobre medidas de controle e atuarmos diretamente na prevenção de desastres.

3.3 Participação de decisão pública

Nenhuma política, ato legal, plano, programa ou medida efetivamente se estabelece se não houver consenso e aceitação pela maior parte da população. Como citado por Scarabello (2005), atos, normas, diretrizes, métodos são instrumentos disponíveis, cuja eficiência vai depender do artí-

fice, que fará uso e manejo sobre eles. Em outras palavras, os artífices, representados pelos grupos sociais, dependem da qualidade dos instrumentos mas, por outro lado, a eficiência dos instrumentos depende da habilidade de quem usa e maneja. É a qualidade da atual ferramenta que evidencia os avanços alcançados pelos artífices no passado.

Este jogo de palavras é simplesmente a defesa de que não há controle, nem regras que perdurem se não houver participação consciente, ou melhor, que o artífice seja habilitado na compreensão e no manejo de seus instrumentos. Um típico exemplo desse fato no Brasil é o caso das enchentes e deslizamentos: vários grupos na população não enxerga a relação entre os prejuízos sociais e financeiros causados pelas enchentes e a necessidade de obedecer o plano municipal ou Lei de Uso e Ocupação do Solo.

Para ocorrer participação é necessário, pelo menos, preparar e organizar o diálogo, conhecer

cada pessoa e estabelecer o senso de poder, preparar os artífices de acordo com as ferramentas disponíveis, criar e consolidar alianças entre eles, aplicar conceitos no momento certo, propiciar o exercício de dialogar com método, ensinar e aprender o jogo social e conduzir para o consenso. Essas condições devem estar claras para a população e a sinceridade sobre os fatos é o caminho preferido. Como citado no capítulo 6, sobre enchentes. Os danos e número de vítimas só serão reduzidos se forem expostas, sem pré-conceitos, as responsabilidades pelo evento e pelo dano de qualquer ordem, seja natural ou humana, seja política ou do cidadão comum.

Estamos falando sobre a necessidade um alto grau de comunicação, entre planejadores, comunidade, órgãos governamentais, administrativos, ONGs, etc. e uma alta dose de respeito pelo conhecimento e pelo desconhecimento que todos temos no ambiente que vivemos.

LEITURAS RECOMENDADAS

LEIN, J.K 2003 Integrated Environmental Planning. Blackwell Science Ltd: Oxford, UK.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION ANDE DEVELOPMENT (OECD) 1994 Environmental Indicators, Paris.

GLOSSÁRIO

abiótico: componente não vivo do ambiente.

acurácia: tipo de precisão, eficiência.

albedo: medida da refletividade ou brilho intrínseco de um objeto que se estabelece pela razão entre a quantidade de luz refletida pelo objeto e a quantidade de luz incidente sobre ele.

alto curso do rio: trecho do canal de um curso de água na área mais elevada da bacia hidrográfica.

ambiente: somatória das condições que envolvem, sustentam e atuam sobre os organismos.

ameaça (ou perigo): evento ou fenômeno potencialmente danoso.

antrópico: relativo à ação humana.

antropizado: área natural transformada pela ação humana; área natural sobre a qual o homem tem algum tipo de atividade, como pastagem em campo natural.

antropogênico: natureza da transformação induzida pela ação humana.

área de preservação permanente (APP): são áreas protegidas por ato legal e destinadas, prioritariamente, a cumprirem a conservação ambiental.

arenização: processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou não consolidados que promove uma dificuldade de fixação da cobertura vegetal, devido à intensa mobilidade de sedimentos arenosos pela ação das águas e dos ventos.

argissolos: solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo de horizonte A ou E; nesta classe estão incluídos solos anteriormente classificados como Podzólico Vermelho-Amarelo argila de atividade baixa, pequena parte de Terra Roxa Estruturada, de Terra Roxa Estruturada Similar, de Terra Bruna Estruturada e de Terra Bruna Estruturada Similar, Podzólico Vermelho-Escuro e Podzólico Amarelo, todos com gradiente textural, ou incremento de argila, necessário para B textural, podendo ser Eutróficos, Distróficos ou Álicos.

assoreamento: acumulação de sedimentos orgânicos e inorgânicos em reservatórios de água tais como lagos, lagoas, rios, mar ou oceano.

bacia hidrográfica (ou bacia de drenagem ou bacia de contribuição): área drenada por uma rede de canais fluviais; superfície coletora de água de chuva cujo escoamento provocado é direcionado aos cursos de água ou depressões que correspondem à uma única saída.

banco de areia: acúmulo de sedimentos (areia, cascalho, lama, conchas, etc.) nos rios, lagos e nos litorais, com predomínio de partículas com tamanho de grão de areia.

baixo curso do rio: trecho do canal de um curso de água na área mais baixa da bacia hidrográfica.

balanço hídrico: quantificação da entrada e saída da água, bem como da variação efetiva de acumulação de água de uma área hidrológica bem definida.

base cartográfica: conjunto de dados representativos de uma porção da superfície terrestre, sob a forma de mapas,

cartas ou plantas, sobre os quais se sobrepõe ou associa dados temáticos, como de tipos de solo, relevo ou vegetação.

biodiversidade: diversidade biológica medida através da variedade de espécies, de organismos, ecossistemas, habitats ou paisagens.

biota: conjunto de seres vivos de um ecossistema.

borda: área de contato entre duas unidades da paisagem; porção mais externa de um fragmento onde os componentes e fenômenos ecológicos diferem daqueles existentes no interior do fragmento.

cabeceiras (ou fontes): parte superior de um rio, próximo às suas nascentes; porção superior da encosta que se conecta com os canais de primeira ordem da bacia hidrográfica.

capacidade de infiltração: capacidade de entrada de água no solo, regulada pelas características físicas do topo do solo e pela cobertura dos solos (quando existente).

carta: representação de uma porção da superfície terrestre no plano, podendo ser subdividida em folhas articuladas.

cheia: ver enchente.

colina: forma de relevo predominantemente convexa, com desnivelamentos altimétrico geralmente inferiores a 200m; elevação do terreno que apresenta encostas suaves.

configuração: forma e arranjo dos elementos na paisagem.

conectividade: capacidade de uma paisagem em facilitar os fluxos entre os seus elementos.

conflito: luta, combate, situação de embate, considerada por posições incompatíveis ou antagônica que perturba uma determinada ação ou a tomada de decisão.

contaminação: introdução de elementos com efeito de corromper ou infectar por contato. Termo comumente usado como sinônimo de poluição, porém quase sempre empregado em relação as condições nocivas à saúde humana.

corredor: estrutura linear da paisagem, relativamente estreita, que difere fisionomicamente das áreas adjacentes e se apresenta na paisagem conectando fragmentos de habitat que anteriormente eram unidos.

crosta terrestre: camada mais externa da terra, definida com bases na variação de ondas sísmicas (densidade e composição).

dano: qualquer alteração adversa resultante de um acidente ou evento.

dano ambiental: qualquer alteração adversa ao meio ambiente provocada por atividade humana ou por fenômenos naturais. Mesmo fenômenos naturais podem acarretar impactos ambientais, ainda que sejam associados à evolução natural do planeta. Veja que diversos eventos pretéritos na terra, ainda antes da presença do homem, acarretaram transformações contundentes no ambiente, provocando inclusive extinções de espécies. O dano pode resultar na degradação da qualidade ambiental, poluição ou contaminação.

declive: plano da vertente direcionada para baixo; em oposição se tem o aclave.

declividade: inclinação de um terreno, medida em graus ou porcentagem.

desastre: resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem resultando em danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

desertificação: degradação da terra ou declínio progressivo da produtividade das terras secas, decorrente de variações climáticas e atividades humanas.

deslizamento (ou escorregamentos): processo que engloba uma variedade de tipos de movimentos de massa de solos, rochas ou detritos, encosta abaixo, gerados pela ação da gravidade, em terrenos inclinados; são fenômenos naturais, e ou induzidos pelas atividades humanas, que atuam modelando o relevo, e que atingem encostas naturais ou taludes artificiais (cortes e aterros associados a obras de engenharia civil); resultam da ação contínua do intemperismo e dos processos erosivos e podem ser induzidos pela ação humana.

deriva continental: movimento das massas continentais sobre o substrato litosférico.

diagnóstico ambiental: avaliação das condições ambientais e das atividades humanas do presente e do passado, por meio integralização das informações de uma unidade territorial, comumente a bacia hidrográfica.

divisor de águas: limite da bacia hidrográfica, ou linha divisória que reúne os pontos elevados do relevo, onde o fluxo das águas se dá em sentidos opostos.

drenagem: sistema de remoção natural ou artificial da água superficial ou subterrânea de uma área.

drenagem urbana: sistema urbano de remoção e controle de escoamento das águas de chuva, que objetiva evitar efeitos adversos, como empoçamentos, inundações e assoreamentos.

edáfico: que se refere ao solo.

efeito: alteração de um processo natural ou social provocado por uma ação.

efeito estufa: é um fenômeno ocasionado pela concentração e formação de uma camada de gases (como o dióxido de carbono, o metano, o óxido nitroso) na atmosfera, permitindo que os raios solares passem e absorvendo grande parte do calor emitido pela superfície terrestre, o que mantém a atmosfera da Terra numa temperatura que possibilita a vida humana; as atividades humanas, no entanto, estão acentuando as concentrações desses e outros gases (como o clorofluorcarbono), aumentando a capacidade que possuem de absorver e reter energia. O uso de carvão, petróleo e gás natural e desmatamentos aumentam ou desequilibram as quantidades de dióxido de carbono, intensificando o efeito estufa.

enchente (cheia): é um fenômeno natural que ocorre nos cursos de água em regiões urbanas e rurais. Ela consiste na elevação dos níveis de um curso de água, seja este de pequena (córrego, riacho, arroio, ribeirão) ou de grande (rio) dimensão, podendo causar inundações, ou seja, o transbordamento de água do canal principal.

encosta (ou vertente): superfície inclinada da superfície da terra por onde derivam as águas pluviais.

enxurrada: fluxo de água torrencial durante os períodos de chuvas; nome popular para as enchentes ocorridas em pequenas bacias de elevada declividade, com baixa capacidade de retenção e/ou com elevada geração de escoamento superficial, produzidas após chuvas com altas intensidades, as quais ocorrem, em geral, no final das tardes de verão.

erosão: processo de desagregação do solo, transporte e deposição de materiais pela ação da água dos rios, da chuva, dos ventos, das ondas e das correntes marítimas.

erosão entressulcos (ou areolar ou laminar): erosão devida ao impacto das gotas de chuva ou de irrigação sobre a superfície do solo desnudo; o transporte das partículas se dá por fluxo superficial raso, cuja capacidade erosiva é aumentada pela turbulência do impacto das gotas.

erosão eólica: a erosão ocasionada pelos ventos

erosão fluvial: erosão ocasionada pela ação mecânica e química da água dos rios.

erosão hídrica: erosão ocasionada pela água de chuva ou irrigação.

erupção vulcânica: fenômeno natural que provoca a chegada à superfície do planeta das camadas incandescentes das regiões mais próximas do núcleo da Terra.

escala: representação dos elementos da paisagem no espaço e no tempo.

escala espacial: proporção entre as medidas e distâncias de uma planta ou mapa e as medidas ou distâncias reais correspondentes.

escala temporal: intervalo de tempo de análise de um território e frequência de obtenção de dados nesse intervalo, para a representação de mudanças espaciais.

escorregamento: ver deslizamento.

estrutura: composição, arranjo, disposição, distribuição e organização de partes que formam uma paisagem, podendo ser relacionada às suas funções ecológicas.

eutrofização: fenômeno de aumento da concentração de compostos nitrogenados e fosforados na água.

feição: forma, aspecto, tendência, caráter.

fenômeno: transformação causada pelos agentes (naturais ou sociais) que se manifesta no tempo e no espaço, reconhecida pela observação e pelo conhecimento científico.

fluviometria: processo de medição do nível ou de vazões em rios, podendo ser obtida pela leitura de réguas graduadas que identificam a profundidade dos corpos de água ou pela medida da velocidade média das águas e determinação da área da seção transversal de um curso de água.

fontes: nascentes de água nas cabeceiras de drenagem ou em outros pontos das encostas.

força motriz: são as influências humanas e atividades que, quando combinadas com condições ambientais, levam a uma mudança ambiental; as forças motrizes são indicadas no desenvolvimento social, demográfico e econômico, nas mudanças correspondentes dos estilos de vida, níveis gerais de consumo e padrões de produção.

GLOSSÁRIO

fragmento: parte de um todo; em ecologia da paisagem refere-se a um remanescente de um sistema natural que foi segmentado.

fragmentação: processo gerador de fragmentos.

gerenciamento ambiental: processo que visa administrar, controlar e monitorar as alternativas propostas pelo planejamento, pelas políticas e pela legislação ambiental.

gestão ambiental: processo que visa planejar, organizar e conduzir o uso dos recursos naturais sem reduzir a sua qualidade ambiental.

glaciação: períodos de tempo em que a superfície da terra, em virtude de condições climáticas, está recoberta com a máxima extensão das geleiras; as massas de gelo atuam modificando a superfície.

gravidade: força física de atração entre os corpos que varia em função da massa e da distância entre eles.

heterogeneidade: qualidade ou estado constituído de componentes, habitats, ou composições não similares, de natureza diferente.

hidrologia: ciência que estuda as transformações, o comportamento de estado da água e sua distribuição na Terra.

hidrometeorologia: ciência que estuda os fenômenos naturais que ocorrem na atmosfera, incluindo a água para a observação e sondagens meteorológicas.

impacto ambiental: alteração significativa no ambiente como resultado de uma interferência humana, que pode ser favorável (impacto positivo) ou desfavorável (impacto negativo) ao meio.

indicador: parâmetro, ou valor derivado de um parâmetro, que representa ou indica um conjunto de informações associadas.

indicador ambiental: indicador que representa um aspecto ou processo ambiental, de importância para a qualidade do meio e manutenção da vida.

índice pluviométrico: medições diversas da quantidade de chuva em um dado local ou região, em termos de quantidade, intensidade, variabilidade e distribuição temporal e espacial.

intemperismo: conjunto de processos físicos, químicos, físico-biológicos e químico-biológicos que provocam a desagregação e a decomposição das rochas e sedimentos.

intervenção antrópica: interferência humana no ambiente.

inundação: acumulações temporais de água nas áreas laterais ao leito principal do rio.

jusante: trecho do curso do rio (ou tubulação) localizado abaixo de um ponto de referência.

lençol freático (ou lençol de água): água que se acumula no subsolo acima de um substrato impermeável e abastece as nascentes, rios, cisternas e poços.

litosfera: parte mais externa e sólida da terra, composta pela crosta e parte superior do manto.

luvisolos: solos constituídos por material mineral com argila de atividade alta, saturação por bases alta (eutróficos) e com horizonte B textural ou B nítico, imediatamente abaixo de

horizonte A fraco ou moderado, ou horizonte E; nesta classe estão incluídos os solos anteriormente classificados como Bruno Não Cálcico, Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico argila de atividade alta (Ta), Podzólicos Bruno-Acinzentados Eutróficos e alguns Podzólicos Vermelho-Escuros Eutróficos com argila de atividade alta.

mancha: área que difere da sua vizinhança, com extensões espaciais reduzidas e não lineares.

mapa: representação em planta dos aspectos naturais e humanos de determinada área.

mapeamento: conjunto de procedimentos para obtenção de cartas e mapas de qualquer natureza.

matriz: predomínio funcional e/ou fisionômico da paisagem.

mitigação: ação humana que visa minimizar ou atenuar os efeitos de um impacto ambiental negativo.

monitoramento ambiental: processo de medição sistemática sobre indicadores do meio, de acordo com programas de recuperação ou manejo ambiental.

montante: trecho do curso do rio (ou tubulação) localizado acima de um ponto de referência.

neossolos: solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico; nesta classe estão incluídos os solos anteriormente classificados como Litossolos e Solos Litólicos, Regossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzosas (Distróficas, Marinhas e Hidromórficas); pertencem ainda a esta classe, solos com horizonte A ou hísticos com menos de 30 cm de espessura, seguidos de camada(s) com 90% ou mais de fragmentos (base volume) de rocha ou do material de origem.

paisagem: resultado dos processos naturais e sociais de uma unidade territorial; para a ecologia da paisagem é uma área espacialmente heterogênea, pelo menos em relação a um fator de interesse ambiental, composta por unidades ou elementos interativos denominados mancha, corredor e matriz.

paisagem antrópica: imagem de um território com predomínio de uso, ocupação e atividades humanas.

paisagem cultural: imagem de processos, fatos, eventos ou fenômenos sócio-culturais, expressos na composição, estrutura e configuração de uma unidade territorial.

perigo: ver ameaça

planejamento: processo contínuo que visa tomar decisões sobre a composição, estrutura, desenvolvimento e atividades de um espaço, baseadas na interpretação e verificação da situação diagnosticada no território e frente aos objetivos propostos.

planejamento ambiental: planejamento de um território baseado na interpretação das potencialidades, vulnerabilidades, acertos, conflitos e riscos ocorrentes no ambiente.

planície: área suavemente inclinada e adjacente aos canais fluviais (rios), onde ocorre periodicamente o transbordamento das águas e a deposição de parte dos sedimentos que vinham sendo transportados pelo rio.

planície aluvial: planície formada pela deposição de materiais aluviais transportados pela água.

plano de manejo: documento técnico que tem por finalidade conduzir a administração, o uso e o manejo dos recursos naturais de uma Unidade de Conservação

plano de manejo florestal (PMFS): documento técnico básico que contém as diretrizes e procedimentos para a administração da floresta, visando a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, observada a definição de manejo florestal sustentável, prevista no art. 3º, inciso VI, da Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006.

planossolos: solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico; são solos imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial, ou subsuperficial eluvial, de textura leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B plânico subjacente, adensado, com acentuada concentração de argila; nesta classe estão incluídos os solos anteriormente classificados como Planossolos, Solonetz-Solodizado e Hidromórficos Cinzentos com mudança textural abrupta.

poluição: impacto negativo resultante da introdução pelo homem no meio ambiente de formas de matéria ou energia, que afetam o meio e o próprio homem; os tipos de poluição são, de forma geral, classificados em função do componente ambiental afetado (poluição da água, do ar, do solo) e pela atividade poluidora (poluição química, térmica, sonora, etc.).

potencialidade: qualidade de transformação de um elemento ou situação para algo que é possível, mas ainda não é real.

precipitação: retorno do vapor estocado na atmosfera por mecanismos de condensação (da umidade atmosférica), concentração de micro-gotículas queda de água na forma de chuva ou de granizo (na forma de fragmentos de gelo) ou de neve (na forma de cristais de gelo) na forma de chuva, neve ou granizo.

pressão: ação ou atividade humana exercida sobre os recursos naturais e sobre os ecossistemas, mudando seu estado.

processo: sucessão de estados ou de mudanças de um sistema que se transforma.

projeto executivo: projeto de uma obra contendo todas as especificações necessárias para a sua execução.

ravina: forma de canal resultante do aprofundamento de um sulco criado pela ação erosiva do escoamento superficial da água.

risco: estimativa de danos ou prejuízos potenciais; pode ser calculado em função da probabilidade de ocorrência e da intensidade de suas consequências.

seca agrícola: situação de deficiência na disponibilidade hídrica para as colheitas ou crescimento das plantas.

seca hidrológica: situação de deficiência na disponibilidade hídrica na superfície e subsuperfície.

seca meteorológica: deficiência da quantidade de precipitação esperada (média de longo período) ou "normal" sobre

um período prolongado de tempo; este tipo de seca é focada nas características físicas da seca.

sedimentos: materiais inconsolidados originados por erosão do solo ou de rochas, que são transportados e depositados em um dos vários ambientes da superfície terrestre.

seres sucessionais: comunidades temporais que se apresentam em um processo de sucessão de comunidades (evolução) de uma área em função de mudanças no substrato e clima.

série tipológica: um conjunto de feições em uma paisagem, com limites abruptos ou gradativos entre elas, resultantes de diferentes combinações de uso e ocupação da terra num determinado tempo.

sucessão ecológica: modificação abrupta ou gradual de uma comunidade, em relação a sua composição em espécies, arranjo e fisionomia.

tectonismo (ou atividade tectônica): conjunto de esforços internos que afeta a litosfera e que se reflete no padrão estrutural ou deformacional das rochas.

terremoto: abalo sísmico causado por movimentos tectônicos.

tipologia: classificação baseada no aspecto morfológico.

topografia: configuração do relevo com a representação da posição dos acidentes naturais ou artificiais.

tsunami: onda gerada por movimentos tectônicos.

unidade de conservação: áreas e recursos ambientais instituídos pelo Poder Público para a conservação ambiental, sob regime especial de administração.

vertente: encosta ou declive por onde derivam as águas.

vertissolos: solos constituídos por material mineral com horizonte vértico entre 25 e 100 cm de profundidade e relação textural insuficiente para caracterizar um B textural. Constituem solos anteriormente classificados como Vertissolos, inclusive os Hidromórficos.

voçorocas (ou boçorocas): escavação ou rasgão do solo ou de rocha decomposta, geralmente profunda, proveniente de erosão superficial e subterrânea; uma ravina pode aprofundar e atingir o lençol de água subterrânea transformando-se numa voçoroca.

vulnerabilidade: grau de suscetibilidade em que um componente do meio, de um conjunto de componentes ou de uma paisagem apresentam em resposta a uma ação, atividade ou fenômeno.

vulnerável: comunidade, paisagem ou componente que se enquadra em uma condição suscetível ao impacto de um evento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. p. 83-100
- AB'SABER, A. N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. *Geomorfologia*, 53. São Paulo: Instituto de Geografia. 1977.
- ABDALAD, M.A – 2006 - Reconhecimento da Entrada do Eucalipto no Vale do Rio Paraíba do Sul. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia), UFRJ.
- ABDON, M.M.; SILVA, J.S.V.; SANTOS, R.F. 2004. MAPEAMENTO FOTOGRÁFICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI (BHRT) MT/MS. SÃO JOSÉ DOS CAMPOS: INPE, CAMPINAS: CNPTIA EMBRAPA. (CAP. 3)
- ABER, J.D. & MELILLO, J.M. 1991. *Terrestrial ecosystems*. Philadelphia, Saunders College Publishing.
- ABRANCHES, V. 2003. São Paulo sem horizontes. <http://www1.folha.uol.com.br/folha/treinamento/aquijazsaopaulo/te0212200302.shtm>
- ABREU, M. A – 1992 – A cidade, a montanha e a floresta. In: ABREU, M.A (editor) *Natureza e Sociedade do Rio de Janeiro*, Biblioteca do Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes, 54-103p.
- ADAS, M. 1985. *Panorama geográfico do Brasil: Aspectos físicos, humanos e econômicos*. 2ª ed. São Paulo, Editora Moderna.
- AGEE, J.K. & JOHNSON, D.R. 1988. *Ecosystem management for parks and wilderness*. Seattle, University Washington Press.
- AHNERT, F. – 1998 – *Introduction to Geomorphology*, 3th ed., Arnold publishers, London, 360 p.
- ALHEIROS, M.M. (coord., 2002). *Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife*. Programa Viva o Morro, 1ª ed. FIDEM, Recife, 360p.
- ALMEIDA, A. C., SOARES, J. V. 2003. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (mata atlântica) na costa leste do Brasil. *Revista Árvore*, 27(2): p. 159-170.
- ANA. Agência Nacional de Águas. *Águas subterrâneas*. Brasília, 2002. 86 p. LEAL, A. de S. *O Estado das Águas no Brasil – 1999*. Brasília : ANEEL - MMA/SRH – OMM, 1999.
- ANA. Agência Nacional de Águas. *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. Brasília : ANA, 2005. 123 p.
- ANTUNES, E.C. Recuperação de áreas degradadas por meio de recomposição vegetal em solos arenosos no Sudoeste Goiano. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. UFG, , Goiânia 2006, p.133. Inédito.
- AUGUSTO FILHO, O.A. (1992). Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: *Conferencia Brasileira sobre Estabilidade de Encostas*, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro. p. 721-733.
- AUGUSTO FILHO, O.A.; VIRGILI, J.C. (1998). Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Coord), *Geologia de Engenharia*. ABGE. 587p., 1998. p. 243-269.
- AVELAR, A.S. & COELHO NETTO, A.L – 1992 - Fraturas e desenvolvimento de unidades côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul. *Rev. Bras. de Geociências*, v. 22. n.2., p. 222-227.
- BASILE, R.O.N.C. – 2004 - Estrutura da Floresta Atlântica de encostas e arquitetura de raízes arbóreas: Maciço da Tijuca - RJ. 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), UFRJ.
- BAPTISTA, M, NASCIMENTO, N. E BARRAUD, S. (2005) - Técnicas compensatórias em drenagem urbana. Porto Alegre, ABRH, 266 p.
- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. 1990. *Ecology: Individuals, populations and communities*. Boston, Blackwell Scientific Publications.
- BELLANCA, E. T. Uma contribuição a explicação da Gênese dos Areias do Sudoeste do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002. p.85.
- BENNET, H. H.; LOUDERMILK, W. C. General aspects of the soil-erosion problem. In: *Soils and Men*. Washington, DC: USDA, Yearbook of Agriculture, p.581-608. 1938.
- BERTOLINI, D.; KROLL, F. M.; LOMBARDI NETO, F.; CRESTANA, M. DE S. M.; DRUGOWICH, M. I.; ELIAS, R.; CORRÊA, R. O.; BELLINAZZI JR., R. Manual técnico de manejo e conservação do solo e da água Volume V. Tecnologias disponíveis para a implementação de técnicas complementares no solo. Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994b. p. 1-65. (Manual CATI nº 42)
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. DE; DRUGOWICH, M. I.; ANDRADE, N. DE O.; GALETI, P. A.; BELLINAZZI JR., R.; DECHEN, S. C. F. Manual técnico de manejo e conservação do solo e da água Volume IV. Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo. Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994a. p. 1-65 (Manual CATI nº 41)
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. 4ª. edição. São Paulo: Ícone, 1999. (Coleção Brasil Agrícola).

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JR., R. Equação de perdas de solo. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 1975. 25 p. (Boletim Técnico, 21).
- BLAIKIE, P. & BROOKFIELD, H. 1987. Land degradation and society. London, Methuen.
- BOUMA, J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. In: STEWART, B.A., ed. *Advances in Soil Science*, v.9, p.177-213, 1989.
- BRADSHAW, A.D. & CHADWICK, M.J. 1980. The restoration of land: The ecology and reclamation of derelict and degraded land. Oxford, Backwell Scientific Publications.
- BRAGA, R. Raízes da questão regional no estado de São Paulo: Considerações sobre o Vale do Ribeira. *Geografia*. Rio Claro: AGETE0. Vol. 24, Número 3, Dezembro 1999. p. 43-68.
- BRANDÃO, A.M.P.M. - 1992 - Variações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro: uma provável influência do crescimento urbano; Sociedade e Natureza no Rio de Janeiro, Editora Carioca, 143-200
- BRANDÃO, R. de L. Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba – CE. Fortaleza: CPRM, 2003. 67 p.
- BRASIL. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Bocaina, SP/RJ. Unicamp: Campinas, 2001.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Org. Antônio Luiz Coimbra de Castro. Manual de Desastres Humanos - I Parte - De Natureza Tecnológica. 1ª. ed. 2004, 1 volume, 452 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Org. Antônio Luiz Coimbra de Castro. Manual de Desastres Humanos - II Parte - De natureza Social. 1ª. ed. 2004, 1 volume, 342 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Org. Antônio Luiz Coimbra de Castro. Manual de Desastres Humanos - III Parte - De Natureza Biológica. 1ª. ed. 2004, 1 volume, 91 p.
- BRUCK, E.C.; FREIRE, A.M.V.; LIMA, M.F. 1995. Unidades de conservação no Brasil: Cadastramento e vegetação. Brasília, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- BUCKLEY, G.P. (ed) 1989. Biological habitat reconstruction. London, Belhaven Press.
- CABRERA, A.C. & WILLINK, A. 1980. Biogeografia de America Latina. Washington, Organizacion de los Estados Americanos. (Serie Biologia, Monografia 13).
- CAIRNS JR., J.; McCORMICK, P.; NIEDERLEHNER, B.R. 1993. A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrology*, 263 (1): 1-44.
- CAMBRA, M.F.E. – 1998 - Movimentos de água na porção superior de solos sob pastagem: o papel do sistema radicular. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/ UFRJ: 100p.
- CAMPOS, F. & DOLHNIKOFF, M. 1993. Atlas: História do Brasil. São Paulo, Editora Scipione Ltda.
- CANIL, K.; MACEDO, E.S.; GRAMANI, M.F.; ALMEIDA FILHO, G.S.; YOSHIKAWA, N.K.; MIRANDOLA, F.A.; VIEIRA, B.C.; BAIDA, L.M.A.; AUGUSTO FILHO, O.; SHINOHARA, E.J. (2004) Mapeamento de risco em assentamentos precários nas zonas sul e parte da oeste no município de São Paulo (SP). p. 193-204. In: PEJON, O.J. & ZUQUETTE, L.V. (2004) Cartografia Geotécnica e Geoambiental: conhecimento do meio físico: base para a sustentabilidade. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5, 2004, Anais. São Carlos, SP. (ISBN 85-98456-06-X) Suprema Gráfica Editora, 2004, 582p.
- CARVALHO, O. de et al. Plano Integrado para o combate preventivo dos efeitos das secas no Nordeste. Brasília, MINTER. 1973
- CARVALHO, O.; EGLER, C. A. G. Alternativas de desenvolvimento para o Nordeste Semi-árido : relatório final. Fortaleza : Ministério da Fazenda; Banco do Nordeste, 2003. 204 p.
- CARVALHO, P. F. de; BRAGA, R. (orgs.) Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001. p. 111 a 119. (ISBN 85-89154-03-3).
- CASTRO JR., E. – 1991 - O papel da fauna endopodônica na estruturação física do solo e implicações sobre a hidrologia de superfície nas encostas montanhosas da Floresta da Tijuca. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ: 120p.
- CASTRO, O. M. de. Conservação do Solo e Qualidade dos Sistemas Produtivos. Campinas, O Agrônomo, 42, 2/3, 1991. p. 110-117.
- CERRI, L.E.S. (2006). Mapeamento de riscos nos municípios. In: MINISTÉRIO DAS CIDADES / CITIES ALLIANCE. Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. CARVALHO, C.S. e GALVÃO, T. (Org.). Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006, 111 p.
- CETESB (1986) - Drenagem urbana: manual e projeto. São Paulo, ASCETESB, 464 p.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHORLEY, R. J. - 1962. Geomorphology and general systems theory. United States Geological Survey Professional Paper, 500-B, 10 p.
- CHRISTIAN, C. S.; STEWART, G. A. Methodology of integrated surveys. In: TOULOUSE CONFERENCE 1964; Aerial Surveys and Integrated Studies; Proc. Toulouse: UNESCO, 1968. p. 223-280.
- CLARK II E.H., HAVERKAMP J.A. & CHAPMAN W. Eroding Soils. The off-farm impacts. Washington, D.C.: The Conservation Foundation, 1985. 252 p.
- CLEVELARIO, J. - 1995 - Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical: úmido baixo montanhoso. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa/MG.
- CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da Bacia do Parnaíba, PLANAP, síntese executiva : uso da terra e uso do cerrado. Brasília : Codevasf. 2006. 236 p. v. 13.
- COELHO NETTO, A, AVELAR, A. S.; FERNANDES, M. C.; LACERDA, W. A 2007. Landslide susceptibility in a mountainous geoecosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: the role of morphometric subdivision of the terrain. Geomorphology, v. 87, issue 3, p. 120-13.
- COELHO NETTO, A. L. - 1996 - Produção de Sedimentos em Bacias Fluviais Florestadas do Maciço da Tijuca, RJ: respostas aos eventos extremos de fevereiro de 1996. II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Anais...Rio de Janeiro, p. 209-227
- COELHO NETTO, A. L. - 1999 - Catastrophic landscape evolution in a humid region (SE Brazil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes. Suplemento di Geografia Física e Dinâmica Quaternária III, Plenary Lecture - IV International Conference on Geomorphology, Bologna - Itália, p.21-48.
- COELHO NETTO, A. L. - 2005 - A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no Maciço da Tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental. USP/Revista do Departamento de Geografia, 16. p 46-60.
- COELHO NETTO, A.L. - 1985 - Surface hydrology and soil erosion in a Tropical mountainous rainforest drainage basin, Rio de Janeiro. Doctor thesis - Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
- COELHO NETTO, A.L. - 2003 - Evolução de cabeceiras de drenagem no médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural. Rev. Brasileira de Geomorfologia, ano 4, no.2: 118-167.
- COELHO NETTO, A.L. 1987. Overlandflow production in a tropical rainforest catchment the role of litter cover, in: CATENA, vol. 14 p. 213-231.
- COLLIER, B.D.; COX, G.W.; JOHNSON, A. W.; MILLER, P.C. 1973. Dynamic ecology. San Diego, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- CONTI, J. B. Desertificação como problemática ambiental. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada. V. I. (3.: Nova Friburgo, 1989). Anais... Nova Friburgo: UFRJ, 1989. 189 p.
- CORDERO, A.; MEDEIROS, P., Estudo estatístico das vazões máximas do rio Itajaí Açu em Blumenau, in XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Anais... Curitiba, de 23 a 27 de novembro de 2003.
- CORRÊA, R. S.- 2004 - Efeitos dos incêndios florestais na zona de enraizamento em encostas íngremes: vertente norte, Maciço da Tijuca, RJ. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ.
- COX, C.B. & MOORE, P.D. 1993. Biogeography: An ecological and evolutionary approach. x + 326p.
- CRAWLEY, M.J. 1986. Plant ecology. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- DANTAS, M. E. ; COELHO NETTO, A. L. ,1996 - Taxas de Sedimentação e de Rebaixamento do Relevo: Bacia do Rio Piracema(RJ/SP), Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Anais... I Simp. Nac. de Geomorfologia, Uberlândia/MG.
- DEUS, C. E. - 1991 - O papel da formiga Saúva (gênero ATTA) na hidrologia e erosão dos solos em ambiente de pastagem: Bananal - SP. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ.
- DOBIE, P. Poverty and the drylands. Nairobi: CIDA; UNSO; UNDP/GEF; IIED; IUCN; WWF; NEF. 2001. 15 p.
- DORAN, J.W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M.A. Soil Health and Sustainability. Advances in Agronomy, v. 56. p.1-54. 1996.
- DREGNE, H. E. Historical perspective of accelerated erosion and effect on world civilization. ASAE Special Publication , 45, p.1-14. 1982.
- DUNNE, T., LEOPOLD, L.B. - 1978 - Water in Enviromental Planning - W.H. Freeman & Company, San Francisco, 818p.
- DUNNE, T. - 1970 - Runoff production in a humid area. US Department of Agriculture Report ARS 41-160.
- ELLISON, W. D. Soil erosion studies - part II, soil detachment hazard by raindrop splash. Agricultural Engineering, v. 28, p. 197-201, 1947.

- EL-SWAIFE, S. A.; DANGLER, E. W. Rainfall erosion in the tropics: A State-of-the-art. In: KUSSOW, W.; EL-SWAIFY, S. A.; MANNERING, J. (Eds.) Soil Erosion and Conservation in the Tropics. Madison: American Society of Agronomy, p.1-25. 1982.
- EMBRAPA 1996. Atlas do meio ambiente do Brasil. 2ª ed. Brasília, Editora Terra Viva.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília : Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- ENNE, G.; ZUCCA, C. Indicatori di Desertificazione per il Mediterraneo Europeo. Roma: Itália, 2000. 261 p.
- FARNWORTH, E.G. & GOLLEY, F.B. (eds) 1974. Fragile ecosystems: Evaluation of research and applications in the neotropics. New York, Springer Verlag.
- FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. 2003. Critérios para análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais. Tese Doutorado: Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP.
- FIEDLER, P.L., JAIN, S. (ed) 1992. Conservation biology: The theory and practice of nature conservation, preservation and management. New York, Chapman and Hall.
- FIGERÓ, A.S. - 2005 - Mudanças ambientais na interface floresta-cidade e propagação de efeito de borda no Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro: um modelo de vizinhança.. 2005. 398 f. Tese (Doutorado em Geografia), UFRJ.
- FONSECA, A. P; COELHO NETTO, A.L., LACERDA, W.A. Evolução de Voçoroca e Escorramentos de Terra em Cabeceiras de Drenagem na Concavidade Três Barras, Banana - SP: um estudo na interface geomorfológica-geotécnica.. In: SINAGEO - VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Anais...Goiânia - GO. SINAGEO - VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, CD-ROM.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. A Framework for land evaluation. Rome: FAO, 1976. 72 p. (Soils Bulletin, 32)
- FORMAN, R.T.T., GODRON, M. 1986. Landscape ecology. New York, John Wiley and Sons.
- FRANKEL, O.H.; BROWN, A.H.D. BURDON, J.J. 1995. The conservation of plant biodiversity. Cambridge Univesity Press.
- FREITAS, L. E. - 2001 - Efeitos do fogo sobre os ecossistemas: resultantes hidrológicas e erosivas. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ.
- FREITAS, L.E.; TAVORA, G.L.; PREZA, D.M., COELHO NETTO, A.L. - 1999 - The effects of recurrent fires over vegetation strucutre, 1999/IGU-GERTEC Meeting on Geomorphic Responses to Vegetation changes: problems & remedial work; v.1, p: 73-79, Bananal/SP.
- GEE, J.H.R., GILLER, P.S. 1987. Organization of communities: Past and present. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. (2004). Dynamic Causal Patterns of Desertification. Bioscience, v. 54, n. 9, p. 817-829, 2004
- GEO-3. Global Environment Outlook. Nairobi: UNEP, 2002. 416 p.
- GEOHECO-UFRJ/SMAC-RJ - 2000 - Estudos de Qualidade Ambiental do Geoecossistema do Maciço da Tijuca – subsídios à regulamentação da APARU do Alto da Boa Vista: Fase 1: Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá (SSHJ) – (2o Relatório):155p. Fase 2: Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara (SSHBG) – (3o Relatório):100p. Fase 3: Subsistema Hidrográfico das Zona Sul (SSHZS) – (4o Relatório):106p. Solicitado pela Secretaria. Municipal do Meio Ambiente/Prefeitura do Rio de Janeiro.
- GIVEN, D.R. 1994. Principles and practice of plant conservation. Chapman & Hall.
- GLENN-LEWIN, D.C.; PEET, R.K.; VEBLEN, T.T. 1992. Plant succession: Theory and prediction. London, Chapman & Hall. ix + 351p.
- GOLLEY, f.b. 1993. A history of the ecosystem concept in ecology. London, Yale University Press.
- GOMES-POMPA, A., WHITMORE, T.C., HADLEY, M. (eds) 1991. Rain forest regeneration and management. London, Parthenon Publishing Group. (Man and Biosphere Series v.6)
- GOUDIE, A. 1987. The human impact on the natural environment. Reprinted. Massachusetts, The MIT Press.
- GRAAF, J. DE. The price of soil erosion. An economic evaluation of soil conservation and watershed development. Netherlands Foundation for the Advancement of Tropical Research (WOTRO), Netherlands Organization for Scientific Research (NWO), Project number W 45-104, p. 1-25. 1996.
- GRISSINGER, E. H. Rill and gullies erosion. In: AGASSI, M. (Ed.). Soil erosion, conservation, and rehabilitation. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 153-167.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. Em: GUERRA, J. T., SILVA, A. S. DA & BOTELHO, R. G. M. (Org.) Erosão e Conservação dos Solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 17-55.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. Em: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (Eds.). Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 149-209;
- GUIDICINI, G., IWASA, O. Y. 1976. Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido. São Paulo; IPT. 48p. (IPT – Publicação, 1080).
- GUIDICINI, G., NIEBLE, C.M. 1984. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo, 2ªed. Editora Edgard Blücher Ltda. 194p.
- GUIPPONI, C. From the DPSIR reporting framework to a system for a dynamic and integrated decision making process. In: MULINO International Conference on "Policies and tools for sustainable water management in the EU. Venice, Italy, 21-23 nov., 2002. 4 p.
- HALL, G. F., OLSON, C. G. Predicting variability of soils from landscape models. In: Mausbach, M. J.; Wilding, L. P. Spatial Variabilities of Soils and Landforms. Madison, Wiscosin, USA, Soil Society Of America, Inc., 1991. p. 9-24. (SSSA Special Publication Number 28).
- HAMLET, J. M., MILLER, D. A., DAY, R. L., PETERSON, G. W., BAUMER, G. M., RUSSO, J. Statewide GIS-based ranking of watersheds for agricultural pollution prevention. Journal of Soil and Water Conservation, v.47, n.5, p.399-404, sept./oct. 1992.
- HARRIS, L.D. 1984. The fragmented forest: Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. Chicago, University of Chicago Press.
- HERMELIN, M. (2002). News trends in prevention of geological hazards. In: International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro, 2000. Resumo de palestra.
- HESSION, W. C., SHANHOLTZ, V. O. A geographic information system for targeting nonpoint-source agricultural pollution. Journal of Soil and Water Conservation, v.43, n.3., p.264-266, may/june 1988.
- HOLÝ, M. Erosion and Environment. Exeter: Pergamon Press Ltd., 1980. 225 p. (Environmental Sciences and Applications, 9).
- HORTON, R.E. - 1933 - The role of infiltrations in the hydrological cycle. Trans. Am. Geophys. Union 14, 446-460
- HUDSON, N. W. Soil Conservation. Ithaca, N. Y.: Cornell University Press, 1981. 320 p.
- HUECK, K. 1972. As florestas da América do Sul: Ecologia, composição e importância econômica. Trad. REICHARDT, H. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, São Paulo, Editora Polígono.
- HUNTLEY, B., WEBB III, T. 1988. Vegetation history. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- HUTCHINSON, J.N. 1968. Mass movement. In: Encyclopedia of Geomorphology. New York. Ed. R.W. Fairbridge Reinhold Book Co.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2003. Censo Demográfico de 2000; características da população e dos domicílios - resultados do universo. Rio de Janeiro, 2003.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Informações Básicas Municipais. Perfil do Municípios Brasileiros: Meio Ambiente 2002. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.
- IDE, F. S. 2005. Escorregamento, meteorologia e precipitação: uma proposta de método de investigação para a prevenção e monitoramento de riscos, aplicado em Campinas/SP. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2005, 154p. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT –. 1991. Ocupação de encostas: manual. São Paulo, 1991. IPT, 234p. (publicação 1831).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT –. 2006. Mortes por escorregamentos no Brasil (1988-2006). Banco de dados em CD-ROM. IPT, São Paulo.
- INSTITUTO GEOLÓGICO - IG-SMA/SP -. 1996. Carta de risco a movimentos de massas e inundações do município de São Sebastião, SP. Relatório Técnico. 1V. e anexos.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Índice Municipal de Alerta (IMA). Um instrumento para orientações preventivas em situações de adversidades climáticas – estado do Ceará. Fortaleza: IPECE, 2006. 78 p. Disponível em <http://www.ipece.ce.gov.br/IMA2005.pdf>. Acesso em: 08/08/2006
- JÄGER, S. Modelling regional soil erosion susceptibility using the Universal Soil Loss Equation and GIS. In: RICKSON, R. J., ed. Conserving Soil Resurces - European Perspectives. Cambridge: Silsoe College, Cranfield University, UK. Chapter 17, p.161-177, 1994.
- JANSEN, R. C. 2001. Distribuição dos sistemas radiculares em encostas florestadas e sua influência sobre a infiltração. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ.
- JENNY, H. 1980. The soil resource: origin and behavior. Ecological Studies 37. New York: Spring-Verlag. 1980.
- JESINGHAUS, J. On the Art of Aggregating Apples & Oranges. In Workshop EVE. Fondazione Eni Enrico Mattei, 2000. Disponível em: <http://www.feem.it/NR/rdonlyres/4F4CF548-4863-4AEA-9C43-5425E3D761FC/117/9100.pdf>. Acesso em: 07/05/05

- JORDAN III, W.R.; GILPIN, M.E.; ABER, J.D. (eds). 1987. Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research. Cambridge, Cambridge University Press.
- KAGEYAMA, P.Y., OLIVEIRA, R.E., MORAES, L.F.D., ENGEL, V.E., GANDARA, F.B. 2003. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais.
- KERSHAW, K.A., LOONEY, J.H.H. 1985. Quantitative and dynamic plant ecology. 3rd. ed. London, Edward Arnold Publishers Limited.
- KIKKAWA, J., ANDERSON, D.J. (eds) 1986. Community ecology: pattern and process. Melbourne, Blackwell.
- KIMMINS, J.P. 1987. Forest ecology. New York, Macmillan, London, Collier Macmillan.
- KNUTSON, C., HAYES, M., PHILLIPS, T. How to reduce drought risk. National Drought Mitigation Center: Lincoln, 1998. 43 p. Disponível em <<http://drought.unl.edu/risk/impactvulnerability.htm>>. Acesso em: 02/05/2005
- KREBS, C.J. 1994. Ecology. 4th ed. New York, Harper-Collins College Publishers.
- KUTÍLEK, M., NIELSEN, D. R. 1994. Soil Hidrology. Cremlingen: CATENA-VERLAG, 1994. p. 16-27: Soil Porous System.
- LAFLÉN, J. M., ROOSE, E. J. 1998. Methodologies for Assessment of Soil Degradation due to Water. In: LAL, R. ; BLUM, W. E. H.; VALENTIN, C.; STEWART, B. A. Methods of Assessment of Soil Degradation. Boca Raton, FL, CRC Press, 1998. p.31-55.
- LAL, R. 1990. Soil Erosion and Land degradation: The Global Risks. In: Advances in Soil Science, v. 11, p. 129-172. 1990.
- LAL, R. 1994. Soil Erosion by Wind and Water: Problems and Prospects. In: LAL, R. (Ed.). Soil Erosion Research Methods. 2a.Ed. Florida: St.Lucie Press, Soil and Water Conservation Society, 1994. p.1-9.
- LAL, R. 1997. Soil Quality and Sustainability. In: LAL, R. ; BLUM, W. E. H.; VALENTIN, C.; STEWART, B. A. Methods of Assessment of Soil Degradation. Boca Raton, FL, CRC Press, 1997. p.17-30.
- LAL, R., STEWART, B. A. 1992. Need for Land Restoracion. In: Advances in Soil Science, v. 17, p. 1-11. 1992.
- LEARY, R.A. 1985. Interactions theory in forest ecology and management. Dordrecht, Martinus Nijhoff/Dr W.Junk Publishers.
- LEIN, J.K 2003 Integrated Environmental Planning. Blackwell Science Ltd: Oxford, UK.
- LIBARDI, P. L. 2000. Dinâmica da água no solo. 2ª edição. Piracicaba: Editado pelo Autor, 2000. 509 p.
- LIMA, J. R. de; QUADROS, R. M. B. de; MONGIN, J.; BESSA, M. da R. M.; SANTANA, M. O.. Índice de vulnerabilidade a secas e enchentes para as áreas suscetíveis à desertificação no Brasil: 1ª aproximação. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. (XVI.: 2004: João Pessoa/PB). Cd Rom, João Pessoa: ABRH, 2005. 20 p.
- LUKEN, J.O. 1990. Directing ecological succession. London, Chapman and Hall.
- LUSTOSA, J. P. G. 2004. Caracterização morfológica, micromorfológica e mineralógica de três toposequências no município de Irauçuba – CE e suas relações com o processo de desertificação. Universidade Estadual de São Paulo. Tese de Doutorado. 2004.
- MA. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: desertification synthesis. Washington: World Resources Institute, 2005. 26 p.
- MABBUTT, J. A. 1968. Review of concepts of land classification. In: STEWART, G. A., Ed. Land Evaluation: Papers of a CSIRO Symposium. Vitoria: Mascmillan of Australia, 1968. p. 11-27.
- MACEDO, E. S. ET AL. 2004. Deslizamientos. Prevención. São Paulo: Programa Iberoamericano de Ciência y Tecnología para el Desarrollo – Cyted; Red Habitat en Riesgo. 2004. 22p.
- MACEDO, E.S., OGURA, A.T., SANTORO, J. 1998. Landslides warning system in Serra do Mar slopes, São Paulo, Brazil. In: INTERNATIONAL IAEG CONGRESS, 8, Vancouver (Canadá). Proceedings...Rotterdam: A. A. Balkema, 1998. P.1967-1971.
- MACEDO, E.S., OGURA, A.T., SANTORO, J. 2006. O que é um plano de contingência ou preventivo de Defesa Civil. IN: MINISTÉRIO DAS CIDADES/CITIES ALLIANCE. Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. CARVALHO, C.S. e GALVÃO, T. (Org.). Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006, 111 p.
- MANTOVANI, W. 1996. Methods for assessment of terrestrial phanerogams biodiversity. In: BICUDO, C.E. & MENEZES, N.A. (eds.) Biodiversity in Brazil: a first approach. São Paulo, CNPq. p.119-43.
- MARCHIORI-FARIA, D.G., FERREIRA, C.J., ROSSINI-PENTEADO, D., FERNANDES DA-SILVA, P.C., CRIPPS J.C. 2005. Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos e inundações em áreas habitacionais de Diadema (SP). In: CONGR. BRAS. GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 11, Florianópolis (SC), 2005. Anais (ISBN 85-7270-017-X)... ABGE, CD-ROM: p. 892-907.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MARENGO, J. Aspectos do clima do Nordeste Brasileiro. In: SOUZA FILHO, F. de A. De; MOURA, A. D. M. (orgs.). Memórias do Seminário Natureza e Sociedade nos semi-áridos. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2006. p. 97 – 108
- MARQUES, J. Q. A. Política de Conservação do Solo. Ministério da Agricultura, 1949. 73 p. (Boletim S. I. A., Serviço de Informação Agrícola, 734).
- MARQUES, J. Q. A. Política de Conservação do Solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1973. 320 p.
- MATALLO JR., H. 1999. A desertificação no mundo e no Brasil. In: SCHENKEL C. S.; MATALLO JR., H. (org.s). Desertificação. Brasília : UNESCO, 1999, 11 p.
- Mc COOL, D. K., RENARD, K. G. Water erosion and water quality. *Advances in Soil Science*, v.13, p.175-185. 1990.
- MEFFE, G.K., CARROLL, C.R. 1994. *Principles of conservation biology*. Sunderland, Sinauer Associates Inc. 600p.
- MELLEROWICZ, K.T., REES, H.W., CHOW, T. L., GHANEM, I. Soil conservation planning at watershed level using the Universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: a case study. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.40, n.4, p. 332-5. mar/apr 1994.
- MI. Ministério da Integração Nacional. Região Nordeste do Brasil em Números/Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. – Recife: SUDENE, 2003. 170 p.
- MILES, J. 1979. *Vegetation dynamics*. London, Chapman & Hall. 80p. (Outline Studies in Ecology).
- MINISTÉRIO DAS CIDADES / CITIES ALLIANCE. Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. CARVALHO, C.S. e GALVÃO, T. (Org.). Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006, 111 p.
- MIRANDA, J. C.- 1992 - Intercepção florestal nas encostas florestadas do Maciço da Tijuca, Parque Nacional da Tijuca. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Brasília: MMA/SRH, 2004. Disponível em: <http://desertificacao.cnrh-shr.gov.br>
- MOONEY, H.A., GODRON, M. 1983. *Disturbance and ecosystems: Componentes of response*. Berlin, Springer-Verlag.
- MOORE, P.D., CHAPMAN, S.B. (eds) 1986. *Methods in plant ecology*. 2nd.ed. Oxford, Blackwell.
- MUTCHLER, C. K., MURPHREE, C.E., MCGREGOR, K. C. 1994. Laboratory and field plots for erosion research. In: LAL, R. (Ed.). *Soil Erosion Research Methods*. 2a.Ed. Florida: St.Lucie Press, Soil and Water Conservation Society, 1994. p.1-9.
- NEARING, M. A., LANE, L. J., LOPES, V. L. 1994. Modeling soil erosion. In: LAL, R. (Ed.). *Soil Erosion Research Methods*. 2a.Ed. Florida: St.Lucie Press, Soil and Water Conservation Society, 1994. p.127-156.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION ANDE DEVELOPMENT (OECD) 1994 Ed. *Environmental Indicators*, Paris
- _____ 1998 ed. *Towards sustainable development: environmental indicators*. Paris
- OLDEMAN, L. R., HAKKELING, R. T. A., SOMBROEK, W.G. 1991. *World Map of the status of human-induced soil degradation*. UNEP/ ISRIC/ GLASOD Project, Nairobi/ Wageningen. 1991.
- OLIVEIRA, F. 2005. Relatório sobre a Visita Técnica ao Núcleo de Desertificação de Gilbués – PI, de 18 a 21 de setembro de 2005. 10 p. (não publicado).
- OLIVEIRA, M. A. T. DE 1999. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. Em: GUERRA, J. T., SILVA, A. S. DA & BOTELHO, R. G. M. (Org.) *Erosão e Conservação dos Solos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 57-99.
- OLIVEIRA, R. R.; AVELAR, A. S., OLIVEIRA, C. A. , ROCHA LEÃO, O. M., FREITAS, M. M., COELHO NETTO, A. L. 1996. Degradação da floresta e desabamentos ocorridos em fevereiro de 1996 no Maciço da tijuca, RJ. XLVII Congresso Nacional de Botânica, Anais, Nova Friburgo.
- OLIVEIRA, R. R., LACERDA L. D., 1993. Produção e composição química da serrapilheira na Floresta da Tijuca (RJ). *Rev. Brasileira de Botânica*, 16 (1): 93 – 99.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – 2004. *Living with risk. A global review of disaster reduction initiatives*. Inter-agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra – Suíça, www.unisdr.org. 398p. e anexos.
- PAHL-WOSTL, C. 1995. *The dynamic nature of ecosystems: Chaos and order entwined*. Chicester, John Wiley & Sons.
- PEREIRA, A. R., ANGELOCCI, L. R., SENTELHAS. P. C. 2002. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2a002.
- PERNAMBUCO, R.J.A., MELLO, L.E.C., PITANGA, J.F.S., ALBUQUERQUE, J.J.S., MEIRA, P.F. 1979. Diagnóstico do desmatamento nos maciços da Tijuca, Pedra Branca e Gericinó, município do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, 41(3): 80 – 90.

- PETROBRAS (PETROLEO BRASILEIRO S.A.). 2003. Área de influência das instalações da Petrobrás no Estado de São Paulo: Relatório n.6, 2003.
- PICKETT, S.T.A., WHITE, P.S. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. San Diego, Academic Press Inc.
- PIERCE, F. J., LAL, R. 1994. Monitoring the Impact of Soil Erosion on Crop Productivity. In: Lal, R. (Ed.) Soil Erosion Research Methods. 2o. Ed. Delray Beach, FL, St. Lucie Press, Ankeny, IA, Soil and Water Conservation Service, 1994. Pp. 235-63. (Chapter 10).
- PIMENTEL, D., TERHUNE, E. C., DYSON-HUDSON, R., ROCHEREAU, S., SAMIS, R., SMITH, E. A., DENMAN, D., REIFSCHNEIDER, D., SHEPARD, M. 1976. Land degradation: Effects on food and energy resources. Science, v. 194, p.149-155. oct. 1976.
- PINHEIRO, A., FRANK, B., CORDERO, A., LUNGERSHAUSEN J., 1987. Traçado das zonas de inundação de Blumenau in VII Simpósio Brasileiro de Hidrologia e de Recursos Hídricos e III Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e de Recursos Hídricos, Salvador, de 8 a 13 de novembro de 1987.
- PINHEIRO, A.C.F.G., MONTEIRO, A.N.F.B.P. 1992. Ciências do ambiente: Ecologia, poluição e impacto ambiental. Rio de Janeiro, Makron Books do Brasil Editora Ltda.
- PINTO, S. dos A. F. 1991. Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica. São José dos Campos, SP, 1991. Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE.
- PNUD. IPEA. FJP. 2003. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Fundação João Pinheiro. Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, 2003. CD-ROM.
- PRANDINI, F.L.; GUIDICINI, G., BOTTURA, J.A., PONÇANO, W.L. E SANTOS, A.R. 1976. Atuação da cobertura vegetal na estabilidade de encostas : uma resenha crítica. 2º. Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais, Mossoró (RN): 1-22.
- PRIMACK, R.B., RODRIGUES, E. 2001. Biologia da conservação. Edição do autor.
- PRIMACK, R.B. 1993. Essentials of conservation biology. Sinauer. Associates.
- PRIMACK, R.B., ROZZI, R., FEINSINGER, P., DIRZO, R., MASSARDO, F. 2001. Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica.
- PUTMAN, R.J. 1994. Community ecology. London, Chapman & Hall.
- RAIJ, B. VAN, LOMBARDI NETO, F., SARTINI, H. J., NETO, J. K., MOURA, J. C. DE, DRUGOWICH, M. I., CORSI, M., CASTRO, O. M. DE; BERTON, R. S. 1994. Manual técnico de manejo e conservação do solo e da água Volume III. Tecnologias para aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água no solo. Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. p. 1-102. (Manual CATI nº 40).
- RENARD, K. G., LAFLIN, J. M., FOSTER, G. R., McCOOL, D. K. 1994. The revised universal soil loss equation. In: LAL, R. (Ed.). Soil Erosion Research Methods. 2a.Ed. Florida: St.Lucie Press, Soil and Water Conservation Society, 1994. p.105-124.
- RITTER, M. E. The physical environment: An Introduction to physical geography. In: http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/title_page.html
- RIZZINI, C.T. 1997. Tratado de fitogeografia do Brasil: Aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural Edições Ltda.
- ROCHA, J. V., LOMBARDI NETO, F., BACELLAR, A. A. A. 1995. Cálculo do fator comprimento de rampa (L): uma metodologia para uso em Sistema de Informação Geográfica. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Resumos. Bauru, SP, 1995. p.421-422.
- ROCHA, J. V., WEILL, M. DE A. M., LAMPARELLI, R. A. C. 2000. Diagnóstico do Meio Físico e Estabelecimento de Diretrizes para Controle da Erosão na Bacia do Rio Mogi-Guaçu (SP): Relatório Final. Campinas, SP, UNICAMP/ FEAGRI, 2000. 80p. (Convênio FUNCAMP/ BANESPA/ FEHIDRO/ CBH-MOGI).
- ROSAS, L. P., LACERDA, W. A. 1997. Tormentas Cariocas – Seminário Prevenção e Controle dos Efeitos dos Temporais no Rio de Janeiro, 162p.
- SÁ, I. B., SÁ, I. I. Da, SILVA, A. de S. 2006. Desertificação na região de Cabrobó-PE: realidade vista do espaço. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO. (3.: 2006 : Aracajú). Anais, Aracajú, 2006. 6 p.
- SALOMÃO, F. X. DE T. 1999. Controle e prevenção dos processos erosivos. Em: GUERRA, J. T., SILVA, A. S. DA & BOTELHO, R. G. M. (Org.) Erosão e Conservação dos Solos. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.
- SAMPAIO, E. V. S., SAMPAIO, Y., VITAL, T., ARAÚJO, M. S. B., SAMPAIO, G. R. 2003. Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 202 p.
- SANTOS, R. F. 2004. Planejamento ambiental: teoria e prática. Editora Oficina de Textos, São Paulo. 184p., 2004.
- SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Plano de Manejo do Parque Estadual das Nascentes do Tietê. Unicamp: Campinas, 2004.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SATO, A. M., EDEL, T., ABDALAD, M. A., COELHO, A. L. N. 2005. Estudo Geo-Hidroecológico da Introdução de Monoculturas de Eucalipto no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. I Simpósio da Paisagem, Anais, Caxambu/MG, Novembro 2005.
- SCHERTZ, D. L. 1983. The basis for soil loss tolerances. *Soil and Water Conservation*, v.38, n.1, p.10-4. Jan-Feb. 1983.
- SEGNESTAM, L., WINOGRAD, M., FARROW, A. 2000. Developing indicators: lessons learned from Central America. Washington, CIAT/Banco Mundial/UNEP, 2000. 48 p.
- SHARDA, V. N., SAMRAJ, J. S., LAKSHMANAN, V. 1998. Hydrological behaviour of first generation coppiced bluegum plantations in the Nilgiri sub-watersheds. *Journal of Hydrology* 211: p. 50-60.
- SHARMA, P. P. 1996. Intertill erosion. In: AGASSI, M. (Ed.). *Soil erosion, conservation, and rehabilitation*. New York, Marcel Dekker, 1996. p. 125-152.
- SHUGART, H.H. 1984. *A theory of forest dynamics: The ecological implications of forest succession models*. New York, Springer-Verlag.
- SILVA FILHO, E.V. 1985 – Estudos de chuva ácida e de entradas atmosféricas de Na, K, Ca, Mg, e Cl na bacia do alto rio da Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro. Dissertação, de Mestrado, Instituto de Geoquímica UFF, 92p.
- SILVEIRA C. S., BARBOSA, M. C., COELHO NETTO, A. L. 2004. A tracer experiment as an alternative methodology to understand infiltration pathway in a Tropical Rainforest soil. *Soils & Rocks*, 28,(3): 261-270.
- SILVEIRA, C.S., COELHO NETTO, A.L. 1999. Hydrogeochemical responses to rainfall inputs in a small rainforest basin: Rio de Janeiro, Brasil. *J. Physics and Chemistry of the Earth*, vol 4: 871-879.
- SKIDMORE, E. L. 1982. Soil-loss tolerance. In: *American Society of Agronomy. Determinants of soil-loss tolerance*. p.87-93, 1982.
- SOUZA FILHO, F. de A. de. 2003. Variabilidade climática no semi-árido brasileiro. In: TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. (Orgs.). *Clima e recursos hídricos no Brasil*. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 77-116.
- STATE Forestry Administration. 2005. A Bulletin of Status Quo of Desertification and Sandification in China. State Forestry Administration, P.R. China. 2005. 22 p.
- STRAHLER, A.N. 1952. Dynamic basis of Geomorphology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 63: PP. 923-938.
- STRECK, E.V., KAMPE, N., DALMOLIN, R.S.D., KLAMT, E., NASCIMENTO, P.C. Do, SCHNEIDER, P. 2002. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre : Editora da UFRGS, EMATE - RS/ UFRGS, 2002. 107 p.
- SUERTEGARAY, D. M. A., GUASSELLI, L. A. & VERDUM, R. (org.) 2001. Atlas da Arenização: sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento do Governo do estado do Rio Grande do Sul, 2001, 1. V. Mapas, 84 p.
- SUERTEGARAY, D.M.A. 1987. A Trajetória da Natureza: Um estudo Geomorfológico sobre os Areais de Quaraí-RS. Tese de Doutorado. Dep. de Geografia, USP, 1987.
- SUERTEGARAY, D.M.A. 1992. Deserto Grande do Sul. Controvérsia. Porto Alegre : Editora da Universidade, UFRGS, 1992.
- TATIZANA, C., OGURA, A.T., CERRI, L.E.DA S., ROCHA, M.C.M. 1987a. Análise da correlação entre chuvas e escorregamentos aplicados às encostas da Serra do Mar, município de Cubatão. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, 1987, São Paulo. Anais, São Paulo: ABGE. V.2, p.225-236.
- TATIZANA, C., OGURA, A.T., CERRI, L.E.DA S., ROCHA, M.C.M. 1987b. Modelamento numérico de análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas da Serra do Mar, município de Cubatão. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, 1987, São Paulo. Anais, São Paulo: ABGE. V.2, p.237-248.
- TIVY, J. 1993. *Biogeography: A study of plants in the ecosphere*. 3rd ed. New York, John Wiley & Sons.
- TOMINAGA, L.K., FERREIRA, C.J.; VEDOVELLO, R.; TAVARES, R.; SANTORO, J.; SOUZA, C.R.deG. (2004) Cartas de perigos a escorregamentos e de riscos a pessoas e bens do litoral norte de São Paulo: conceitos e técnicas. p. 205-216. In: PEJON, O.J. & ZUQUETTE, L.V. (2004) Cartografia Geotécnica e Geoambiental: conhecimento do meio físico: base para a sustentabilidade. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5, 2004, Anais, São Carlos, SP. (ISBN 85-98456-06-X) Suprema Gráfica Editora, 2004, 582p.
- TREATY Enforcement Services using Earth Observation (TESEO) Desertification. Relatório Final. Sarmap; Universidade de Valência. EOS.D2C; Academia Florestal Chinesa. Relatório Final. 2003. 170 p.
- TUCCI C.E.M., Hidrologia ciência e aplicação, 3º. ed., ABRH-Edusp, Porto Alegre, 2002, 943 p.
- UNCCD. United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. Bonn : Secretariat for the UNCCD, 1999. 71 p.
- UNDP. United Nations Development Programme. Report Reducing Disaster Risk: A challenge for development. 2005. Disponível em: http://www.undp.org/bcpr/disred/documents/publications/rdr/english/rdr_english.pdf. Acesso em: 20/04/2005

- UNESCO/PNUMA/FAO 1980. Ecosystemas de los bosques tropicales. Paris, UNESCO, PNUMA. (Investigaciones sobre los Recursos Naturales, 14).
- UNESCO (1998) - International workshop on non-structural flood control in urban areas. Anais, São Paulo, Brazil. 396 p.
- VALERIANO, M. DE M. Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem da perda de solos. Rio Claro, SP, 1999. 146 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. (UNESP).
- VARNES, D.J. (1978) Slope movement types and processes. Landslides analysis and control. Washington, DC, National Academy of Sciences, p. 11-33.
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. Núcleos de desertificação no polígono das secas - nota prévia. In: ICB- UFPE, 1(1), p. 69-73, 1971. Anais.
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. Processos de desertificação ocorrentes no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção. Recife: SUDENE, 1983. 101 p.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.
- VERDUM, R. Approche géographique des déserts dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana – État do Rio Grande do Sul – Brésil. 1997. Tese de Doutorado. Université de Toulouse II - Le Mirail. U.T.H. França.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia Básica e aplicações. Viçosa: UFV, 2000. 448 p.
- VIEIRA, B. C, VIEIRA, A. C. F, FERNANDES, N.F. & AMARAL, C.P. - 1997 – Estudo comparativo dos movimentos de massa ocorridos em Fevereiro/ 1996 nas bacias do Quitite e Papagaio (RJ): um enfoque geomorfológico, 2nd Panam Symp. On Landslides, Rio de Janeiro, 1,165-174.
- WEILL, M. DE A. M. Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Cerveiro (Piracicaba, SP), através do Índice de Tempo de Vida. Piracicaba, 1999. 100 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- WHITMORE, T.C. 1990. An introduction to tropical rain forests. Oxford, Clarendon Press.
- WHITTAKER, r.h. 1970. Communities and ecosystems. New York, The Macmillan Company. (Current Concepts in Biology Series).
- WILLIAMS, J. R.; ARNOLD, J. G.; JONES, C. A.; BENSON, V. W.; GRIGGS, R. H. Water quality models for developing soil management practices. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (eds.). Soil Processes and Water Quality. Boca Raton, Fla.: CRC Press LLC, 1994. p. 349-382.
- WINOGRAD, M.; AGUILAR, M.; FARROW, A. Conceptual framework for the development and use of water indicators. In Forest sector indicators: an approach for Central America. LINDDAL, M (org.). Washington : Banco Mundial, 2000. p. 31-37
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses -A guide to conservation planning. U.S.: Department of Agriculture. Agricultural Handbook, 537. 1978.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relation to soil loss. Trans. Amer. Geophys. Un., Washington, v. 39, p. 285-291, 1958.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Agric. Research Service, Agricultural Handbook, 282. U.S. Goc. Print. Office, Washington, DC. 1965. 47 p.
- YOUNG, A. Tropical soils and soil survey. Cambridge, University Press., 1976. p. 382-423.

AUTORES

Adilson Pinheiro é engenheiro civil, formada pela Universidade Federal de Santa Catarina e doutor em física e química ambiental pelo Institut National Polytechnique de Toulouse - França. Atua no Instituto de Pesquisas Ambientais da Universidade Regional de Blumenau, em pesquisas nas áreas de hidrologia e saneamento ambiental. Participa das atividades do Centro de Operações do Sistema de Alerta de Cheias da bacia do Itajaí – SC.

Ana Luiza Coelho Netto é bacharel e mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro; doutora em ciências pelo departamento de Geografia e Geologia da Universidade Católica de Leuven/Bélgica e realizou um pós-doutorado em Geomorfologia no Departamento de Geologia e Geofísica da Universidade da Califórnia/Berkeley - Estados Unidos. Atualmente é Pesquisadora 1B-CNPq e Professora Titular no Departamento de Geografia da UFRJ, onde coordena o GEOHECO/Laboratório de Geo-Hidroecologia. Seu interesse científico está direcionado para pesquisas fundamentais em Geomorfologia, Hidrologia e Geoecologia/Ecologia da Paisagem, e suas aplicações na qualificação e zoneamento ambiental, na recuperação de áreas degradadas com controle de erosão e na gestão de bacias hidrográficas.

André de Souza Avelar é geólogo pela UFRJ, com mestrado e doutorado em Geotecnia pela COPPE/UFRJ. É Professor Adjunto do Dept. de Geografia da UFRJ, ministrando disciplinas de Geomorfologia, Hidrologia, Geomecânica e Gestão de Bacias Hidrográficas para pós e graduação em Geografia, Geologia, Engenharia Civil e Ambiental. É pesquisador do Lab. de Geo-Hidroecologia - GEOHECO e chefe do Lab. de Geomorfologia na UFRJ, atuando em projetos científicos vinculados ao CNPq, CAPES e FAPERJ.

Antonio Carlos Zuffo é engenheiro civil, formado pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP e Doutor em Engenharia Civil, na área de concentração em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP. É Professor Assistente Doutor da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP desde janeiro de 1988, junto ao Departamento de Recursos Hídricos, atuando na área de concentração em Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais. Seu interesse científico inclui planejamento e gerenciamento de recursos hídricos e ambientais, hidrologia, drenagem urbana e tomada de decisão multicriterial.

Antônio Gonçalves Pires Neto é geólogo pela FFCL de Rio Claro (UNESP) e Doutor em Geografia Física pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo - Departamento de Geografia (Tese: As Abordagens Sintético-Histórica e Analítico-Dinâmica, Uma Proposição Metodológica para a Geomorfologia, 1992.) Local de trabalho: Consultor Técnico em Mapeamento Geomorfológico básico, aplicado a implantação de obras de Engenharia, Planejamento Territorial e Análise Ambiental, da GEIA PROJETOS AMBIENTAIS LTDA, desde 1991. Área de pesquisa / Áreas de interesse científico: Especialista em Mapeamento Geomorfológico básico e aplicado à implantação de obras de engenharia, estudo de áreas de risco, estudos ambientais e de planejamento. Elaboração e coordenação de estudos integrados do Meio Físico, para o atendimento a projetos de Planejamento Urbano e Territorial e Estudos de Impacto Ambiental. Coordenação de trabalhos de Avaliação de Passivos Ambientais e Monitoramento Ambiental. Desenvolvimento de estudos geomorfológicos para análise morfoestrutural e neotectônica.

Cristina de Queiroz Telles Maffra é geóloga formada pelo Instituto de Geociências da USP e doutora em Sensoriamento Remoto pela Universidade Federal do Paraná. Atualmente é analista ambiental do Ministério do Meio Ambiente. Sua atuação profissional e interesses científicos incluem planejamento ambiental, sensoriamento remoto, geologia ambiental e prevenção de desastres naturais e riscos geológicos.

Dirce Maria Antunes Suertegaray é licenciada em Geografia pela UFSM e doutora em Geografia Física pela USP. Trabalha atualmente no Departamento de Geografia/Instituto de Geociências da UFRGS. Sua temática de pesquisa versa sobre Arenização e desertificação no Brasil. São áreas de seu interesse científico: ambiente, arenização, desertificação, epistemologia da geografia.

Eduardo Soares de Macedo é geólogo, formado pelo Instituto de Geociências da USP e doutor em Geociências pela Unesp Rio Claro. Atualmente é pesquisador e diretor do Centro de Tecnologias Ambientais e Energéticas, do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), trabalhando com riscos ambientais, desastres naturais e tecnológicos, defesa civil e capacitação de equipes municipais e população de áreas de risco.

José Roberto de Lima é físico, formado pela Sociedade de Ensino Superior de Nova Iguaçu/RJ. Doutorado em meio ambiente e desenvolvimento pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável - CDS da Universidade de Brasília/UnB. Desde 2003 é Gerente de Combate à Desertificação do Ministério do Meio Ambiente – MMA. Atualmente exerce a função de Representante da América Latina e Caribe no Grupo de Trabalho, Inter-sessional Intergovernmental Working Group - IIWG, responsável pelo planejamento dos próximos dez anos de implementação da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação – UNCCD.

Mara de Andrade Marinho Weill é engenheira agrônoma, formada pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da USP e professora doutora da UNICAMP, junto à Faculdade de Engenharia Agrícola, na área de Engenharia de Água e Solo, sub-áreas de Física do Solo e Manejo e Conservação do Solo. Suas áreas de interesse científico incluem planejamento do uso da terra, avaliação de terras, erosão do solo e geotecnologias.

Marcelo Mazzola é engenheiro agrícola, formado pela Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP e mestre em Engenharia Agrícola. Atualmente integra a equipe técnica do Ministério do Meio Ambiente com atuação na área de Gestão Ambiental Urbana. Seu interesse científico inclui planejamento ambiental, recursos hídricos, saneamento ambiental e planejamento participativo.

Marcos Oliveira Santana é engenheiro agrônomo, doutor em recursos hídricos e ambientais pela Universidade Federal de Viçosa - UFV, técnico da Gerência de Combate à Desertificação do Ministério do Meio Ambiente. Seu interesse científico inclui recursos hídricos, meteorologia e climatologia agrícola e sistemas de informações geográficas.

Ricardo Vedovello é geólogo, formado junto ao Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e doutor em Geociências e Meio Ambiente pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Atualmente é pesquisador científico, nível VI, e diretor geral do Instituto Geológico, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Sua atuação profissional e interesses científicos incluem os temas geologia de engenharia e ambiental, cartografia geotécnica e geoambiental, sensoriamento remoto, geoinformação, planejamento territorial, e prevenção de desastres naturais e riscos geológicos.

Rozely F. dos Santos é bióloga, formada pelo Instituto de Biociências da USP e livre docente da UNICAMP, junto a Faculdade de Engenharia Civil, na Área de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais. Seu interesse científico inclui planejamento ambiental, gestão de bacias hidrográficas e ecologia de paisagem.

Sueli A. Thomaziello é geógrafa, formada pela Universidade Estadual Paulista (campus Rio Claro) e doutoranda na UNICAMP, junto a Faculdade de Engenharia Civil, na Área de Saneamento e Ambiente. Seu interesse científico inclui planejamento ambiental, planejamento e gestão de unidades de conservação e ecologia de paisagem.

Veronica Sabatino Caldeyro é arquiteta e urbanista, formada pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas e mestre da UNICAMP, junto a Faculdade de Engenharia Civil, na área de Saneamento e Ambiente. Sua atuação profissional e interesse científico incluem planejamento urbano e ambiental, paisagem cultural e ecologia da paisagem.

Waldir Mantovani é engenheiro agrônomo, mestre e doutor em ecologia e professor Titular da Universidade de São Paulo, onde atualmente é vice-diretor na Escola de Artes, Ciências e Humanidades. É professor de graduação e de pós-graduação e pesquisador do CNPq. Seu interesse científico relaciona-se com a dinâmica de vegetação e a conservação biológica.





Ministério do
Meio Ambiente



Ministério do Meio Ambiente
Esplanada dos Ministérios, Bloco B
CEP: 70068-900 – Brasília/DF
www.mma.gov.br

