

ORGANIZADORES

ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA

e

MARIA DO CARMO OLIVEIRA JORGE

DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NO BRASIL



BERTRAND BRASIL

Rio de Janeiro | 2014

SUMÁRIO

Apresentação 11

Autores 13

CAPÍTULO 1 | **DEGRADAÇÃO DOS SOLOS – CONCEITOS E TEMAS**

Antonio José Teixeira Guerra

Introdução 15

1. Degradação dos solos 16

1.1. Levantamento dos solos, classificação e avaliação de terras 17

1.2. A economia da degradação dos solos: das políticas nacionais às propriedade rurais 19

1.3. Solos e paisagens como sistemas abertos 23

1.4. Diferentes tipos de degradação—fatores causadores 25

1.4.1. Erosão dos solos 27

1.4.2. Movimentos de massa 30

1.4.3. Salinização dos solos 35

1.4.4. Acidificação dos solos 37

1.4.5. Desertificação 38

1.4.6. Efeitos *onsite* e *offsite* da degradação dos solos 40

2. Degradação dos solos no Brasil 43

2.1. Degradação dos solos no cerrado 43

2.2. Degradação dos solos no semiárido 43

2.3. Degradação dos solos no litoral norte paulista 44

2.4. Erosão dos solos no Rio Grande do Sul 44

2.5. Erosão dos solos na Amazônia 44

2.6. Erosão dos solos no noroeste do Paraná 44

2.7. Degradação dos solos no Rio de Janeiro 45

3. Conclusões 45

4. Referências Bibliográficas 46

CAPÍTULO 2 | DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NO CERRADO*Silvio Carlos Rodrigues*

Introdução 51

1. Condicionantes hidrogeomorfológicos de degradação e erosão do solo do cerrado 55
 - 1.1. Modificação da condição da cobertura vegetal 56
 - 1.2. Importância da forma do relevo e da declividade das vertentes como condicionante à erosão 58
 - 1.3. Importância da selagem do solo e a geração de escoamento superficial 59
 - 1.4. Escoamento subsuperficial 60
2. Tipologia e mensuração de taxas de erosão dos solos do cerrado 60
 - 2.1. Monitoramento de erosão laminar 61
 - 2.2. Erosão em sulcos e ravinas 65
 - 2.3. Voçorocas 66
 - 2.3.1. Mecanismos de evolução de voçorocas e possibilidades de mensuração 68
 - 2.3.2. Mensuração da perda total de material 70
 - 2.3.3. Mensuração da vazão e produção de sedimentos 73
3. Experiências de recuperação de áreas degradadas 76
4. Conclusões 78
5. Referências Bibliográficas 80

CAPÍTULO 3 | DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NO RIO GRANDE DO SUL*Roberto Verdum**Edemar Valdir Streck**Lucimar de Fátima dos Santos Vieira*

Introdução 87

1. Estabelecimento e organização do espaço rural — as fases de ocupação do território e utilização social dos solos 88
 - 1.1. Comunidades indígenas e exploração biológica do solo 88

- 1.2. A tradição agropastoril e as missões jesuítas 88
- 1.3. Estabelecimento da organização atual do espaço rural 90
- 1.4. O aparecimento dos cultivos no setor tradicional pastoril 91
- 1. Grandes unidades de solo no Rio Grande do Sul e suas características limitantes e produtivas na contemporaneidade 92
 - 2.1. O conhecimento atual sobre as classes dos solos do Rio Grande do Sul 93
- 3. Uso e degradação das grandes unidades de solo no estado 98
 - 3.1. Planalto: regiões noroeste e nordeste rio-grandenses 98
 - 3.2. Campanha: regiões sudoeste e centro-ocidental rio-grandenses 106
 - 3.3. Regiões centro oriental rio-grandense e metropolitana de Porto Alegre 115
 - 3.4. Região sudeste rio-grandense 118
- 4. Conclusões 120
- 5. Referências Bibliográficas 121

CAPÍTULO 4 | **SOLOS DO AMBIENTE SEMIÁRIDO BRASILEIRO: EROSÃO E DEGRADAÇÃO A PARTIR DE UMA PERSPECTIVA GEOMORFOLÓGICA**

Antonio Carlos de Barros Corrêa

Jonas Otaviano Praça de Souza

Lucas Costa de Souza Cavalcanti

- Introdução 127
- 1 Catenas típicas no semiárido brasileiro 128
- 2. Relação mantos de intemperismosubstrato rochoso 136
- 2. Noção de sensibilidade da paisagem aplicada ao ambiente semiárido do Nordeste do Brasil 136
- 3. Compartimentação geomorfológica do domínio semiárido brasileiro a partir da morfodinâmica 137
- 4. Morfodinâmica nos domínios interfluviais 139
- 5. Erosão no domínio fluvial 143
- 6. Relação interflúviorede de canais no semiárido 148

7. Solos, paisagens e erosão no semi-árido brasileiro 149
8. Evidências de processos eólicos 158
9. Processos interativos homem ambiente no semiárido 159
10. Conclusões 163
11. Referências Bibliográficas 163

CAPÍTULO 5 | **DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NO LITORAL NORTE PAULISTA**

Maria do Carmo Oliveira Jorge

Introdução

1. Caracterização física 167
 - 1.1 Relevô 170
 - 1.2. Pluviosidade 176
 - 1.1.2.1. Chuvas de 1967 180
 - 1.3. Hidrografia 180
 - 1.1.3.1. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem no litoral norte 182
 - 1.2. Histórico de ocupação 183
 - 1.2.1. Caiçara 184
 - 1.2.2. Os ciclos econômicos 185
2. Degradação do litoral norte 190
 - 2.1. Turismo 190
 - 2.2. Sistema viário 192
 - 2.3. Sistema de coleta de lixo 195
 - 2.4. Mineração 197
 - 2.5. Processos ligados à ação antrópica 201
 - 2.6. Qualidade de vida do caiçara 203
3. Impacto antropogênico 206
 - 3.1. Projetos futuros 210
 - 3.1.1. Gasoduto Caraguatatuba-Taubaté (Gastau)
4. Conclusões 211
5. Referências Bibliográficas 212

CAPÍTULO 6 | EROSÃO DOS SOLOS NA AMAZÔNIA*Adorea Rebello da Cunha Albuquerque**Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira*

Introdução 217

1. Quadro natural da Amazônia 218
 - 1.1. Estrutura geológica 218
 - 1.2. Aspectos geomorfológicos 219
 - 1.3. Clima 222
 - 1.4. Vegetação 222
 - 1.5. Solos 223
 - 1.6. Hidrografia 224
 - 1.6.1. Regime fluvial 224
2. Degradação ambiental 226
 - 2.1. Degradação do solo 226
 - 2.1.1. Voçorocas em Manaus 239
 - 2.1.1.1. Voçorocas cadastradas em Manaus 239
 - 2.1.1.2. Voçorocas e o quadro natural 241
 - 2.1.1.3. Voçorocas e danos ambientais 242
 - 2.2. Síntese da relação do quadro natural e voçorocas em Manaus 244
 - 2.2.3 Síntese do surgimento e expansão das voçorocas em Manaus 245
3. Conclusões 246
4. Referências Bibliográficas 248

CAPÍTULO 7 | DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO*Antonio Soares da Silva**Rosângela Garrido Machado Botelho*

Introdução

1. Breve histórico da degradação no estado do Rio de Janeiro 258
2. Mineração 264
 - 2.1. Município de Campos dos Goytacazes 265
 - 2.2. Região noroeste 266

- 2.2. Seropédica — Itaguaí 268
- 2.4. Médio Vale do Paraíba do Sul 269
- 3. Focos de queimadas 269
- 4. Movimentos de massa 271
- 5. Contaminação dos solos 275
- 6. Alterações Ambientais e Degradação dos Solos 277
- 7. Conclusões 280
- 8. Referências Bibliográficas 281

CAPÍTULO 8 | **EROSÃO DOS SOLOS NO NOROESTE DO PARANÁ**

Leonardo José Cordeiro Santos

Laiane Ady Westphalen

- Introdução 287
- 1. O problema da erosão no noroeste do estado do Paraná 292
- 2. Método de avaliação do grau de erodibilidade à erosão dos solos 298
 - 2.1. Horizontes diagnósticos superficiais 300
 - 2.2. Horizontes diagnósticos subsuperficiais 300
 - 2.3. Textura 300
 - 2.4. Estrutura 301
 - 2.5. Grau de flocculação e dispersão das argilas 302
 - 2.6. Profundidade 302
- 3. Aplicabilidade na hierarquização dos solos quanto à erodibilidade 303
- 4. Conclusões 307
- 5. Referências bibliográficas 308

APRESENTAÇÃO

Degradação dos Solos no Brasil traz ao leitor a oportunidade de entrar em contato com uma série de danos causados nas diferentes regiões e estados brasileiros, através de estudos de casos, exemplos, fotografias, mapas, tabelas e gráficos que ilustram bem essa situação.

Os autores deste livro já vêm trabalhando nos seus temas há bastante tempo e bem demonstram isso pelo conteúdo de cada capítulo, onde revelam conhecimento do assunto, não só pelas análises aqui apresentadas, mas também pelas referências bibliográficas, que podem remeter o leitor a se aprofundar no que é aqui descrito.

O livro procura mostrar como se tem dado a degradação dos solos no Brasil, não só ao longo do tempo, mas também a degradação atual, levando em conta as variáveis do meio físico, além dos vários tipos de uso e manejo do espaço nos meios rural e urbano.

Para atingir esse objetivo, foram escritos oito capítulos, se iniciando com *Degradação dos Solos — Conceitos e Temas* (Antonio José Teixeira Guerra), onde a erosão é apenas um dos processos envolvidos, sendo observada uma série de tópicos que dizem respeito à degradação, como: erosão pluvial, movimentos de massa, acidificação, salinização e desertificação. O capítulo 2 (*Degradação dos Solos no Cerrado*), escrito por Silvio Carlos Rodrigues, destaca que a ocupação agrícola do cerrado tem obtido um forte impulso nas últimas décadas e o processo de desmatamento se acelerado rapidamente, provocando a ocorrência da degradação do solo e o incremento de processos erosivos fortemente ligados à ação antrópica. Roberto Verдум, Edemar Valdir Streck e Lucimar de Fátima dos Santos Vieira, autores do capítulo 3 (*Degradação dos Solos no Rio Grande do Sul*) analisam a degradação do solo no estado, inserindo essa análise no contexto geo-histórico de apropriação e uso desse componente da natureza essencial à sociedade humana. O capítulo 4 (*Solos no Ambiente Semiárido Brasileiro: Erosão e Degradação a Partir de uma Perspectiva Geomorfológica*), escrito por Antonio Carlos de Barros Corrêa, Jonas Otaviano Praça de Souza e Lucas

Costa de Souza Cavalcanti, destaca que as classes de solo do semiárido brasileiro e sua relação com os processos erosivos podem ser divididas em dois grupos: o dos solos tipicamente semiáridos e o dos solos reliquiais, alguns em desequilíbrio biopedoclimático. Maria do Carmo Oliveira Jorge, autora do capítulo 5 (*Degradação dos Solos no Litoral Norte Paulista*), aponta que a inter-relação relevo, ocupação e degradação tem como ponto de partida o sistema natural do litoral norte, que é caracterizado como sendo de grande fragilidade ambiental e, concomitantemente, apresenta restrições à sua ocupação. O capítulo 6 (*Erosão dos Solos na Amazônia*), escrito por Adorea Rebello da Cunha Albuquerque e Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira, aponta que há a necessidade de se refletir sobre o uso e a implantação de práticas ambientalmente corretas para o ambiente amazônico, visando o planejamento de ações que assegurem a manutenção dos mecanismos hidrogeomorfológicos do relevo. Antonio Soares da Silva e Rosângela Garrido Machado Botelho, no capítulo 7 (*Degradação dos Solos no Estado do Rio de Janeiro*), afirmam que, nas áreas urbanas e com relevo montanhoso, são comuns os escorregamentos, que resultaram, nas últimas décadas, na perda de centenas, e talvez milhares, de vidas em todo o estado. O livro termina com o capítulo 8 (*Erosão dos Solos no Noroeste do Paraná*), onde os autores Leonardo José Cordeiro Santos e Laiane Ady Westphalen destacam que, para a retirada da vegetação nativa para o cultivo do café e a instalação dos centros urbanos contribuiu para o aumento do escoamento concentrado das águas pluviais e, conseqüentemente, no desencadeamento acelerado da erosão.

Dessa forma, apesar de *Degradação dos Solos no Brasil* não abarcar todo o território nacional, pelo menos permite ao leitor uma visão bastante ampla de como a degradação vem ocorrendo em grande parte do país, levando-se em conta uma análise detalhada das várias formas como os processos erosivos e outros fatores responsáveis pelo quadro de degradação vêm afetando o país nas últimas décadas.

Cada autor de *Degradação dos Solos no Brasil* disponibiliza o seu e-mail para que os leitores que quiserem mais detalhes sobre os temas aqui abordados possam entrar em contato diretamente.

Os Organizadores

AUTORES

ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA (antonioguer@gmail.com) é doutor em Geografia pela Universidade de Londres, com pós-doutorado em Erosão dos Solos pela Universidade de Oxford, pesquisador 1A do CNPq e professor titular do Departamento de Geografia da UFRJ.

SILVIO CARLOS RODRIGUES (silgel@ufu.br) é doutor em Geografia Física pela USP, pesquisador 1C do CNPq e professor-associado do Instituto de Geografia da UFU.

ROBERTO VERDUM (verdum@ufrgs.br) é doutor em Geografia e Gestão do Território pela Universidade de Toulouse Le Mirail, França, pesquisador nível 2 do CNPq e professor associado do Departamento de Geografia da UFRGS.

EDEMAR VALDIR STRECK (streck@emater.tche.br) é engenheiro agrônomo pela UFSM, doutor em Ciências do Solo pela UFRGS e assistente técnico estadual em Solos da EMATER/RS.

LUCIMAR DE FÁTIMA DOS SANTOS VIEIRA (luci.ze@terra.com.br) é mestre em Geografia pela UFRGS e doutoranda do PPG em Geografia pelo Instituto de Geociências da UFRGS.

ANTONIO CARLOS DE BARROS CORRÊA (antonio.correa@ufpe.br) é doutor em Geografia pela UNESP/Rio Claro, com pós-doutorado em Geomorfologia pela UNESP/Rio Claro, pesquisador 1D do CNPq e professor adjunto do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.

JONAS OTAVIANO PRAÇA DE SOUZA (jonasgeoufpe@yahoo.com.br) é mestre em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, doutorando em Geografia pela UFPE e pesquisador do Grupo de Estudos do Quaternário do Nordeste Brasileiro/GEQUA/UFPE.

LUCAS COSTA DE SOUZA CAVALCANTI (lucascavalcanti3@gmail.com) é mestre em Geografia pela UFPE, doutorando em Geografia pela UFPE e pesquisador do Grupo de Estudos do Quaternário do Nordeste Brasileiro/GEQUA/UFPE.

MARIA DO CARMO OLIVEIRA JORGE (carmenjorgerc@gmail.com) é mestre em Organização do Espaço pela UNESP/Rio Claro, pesquisadora associada do LAGESOLOS e doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFRJ.

ADOREA REBELLO DA CUNHA ALBUQUERQUE (dorearebelo@ufam.edu.br) é doutora em Geografia pela UFRJ e professora adjunta do Departamento de Geografia da UFAM.

ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA (fabiovieira@ufam.edu.br) é doutor em Geografia pela UFSC e professor adjunto do Departamento de Geografia da UFAM.

ANTONIO SOARES DA SILVA (antoniossoares@gmail.com) é doutor em Geologia pela UFRJ e professor adjunto do Departamento de Geografia Física da UERJ.

ROSANGELA GARRIDO MACHADO BOTELHO (rosangela.botelho@ibge.gov.br) é doutora em Geografia Física pela USP, geógrafa da Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais do IBGE e professora colaboradora do curso de pós-graduação lato sensu em Análise Ambiental e Gestão do Território da ENCE.

LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS (santos@ufpr.br) é doutor em Geografia Física pela USP, pesquisador 1D do CNPq e professor adjunto do Departamento de Geografia da UFPR.

LAIANE ADY WESTPHALEN (laianeady@yahoo.com.br) é mestre em Geografia pela UFPR e professora da rede estadual de ensino.

CAPÍTULO 1

DEGRADAÇÃO DOS SOLOS – CONCEITOS E TEMAS

Antonio José Teixeira Guerra

Introdução

Este capítulo refere-se a conceitos e temas relacionados à degradação dos solos, onde a erosão é apenas um dos processos envolvidos. Desse modo, será observada uma série de tópicos que dizem respeito à degradação, como: erosão pluvial, movimentos de massa, acidificação, salinização e desertificação. Os fatores causadores, bem como as consequências desses processos danosos, também serão analisados neste capítulo, tanto em áreas rurais como em urbanas.

A divisão que se segue procura levantar uma série de questões relacionadas à degradação e erosão dos solos, com ênfase nesse processo geomorfológico, que é o de maior distribuição geográfica, pelo planeta Terra. Apesar de reconhecermos a existência de diversas formas de erosão, aquela provocada pelo escoamento superficial e subsuperficial nas encostas é a única a ser abordada neste capítulo, também pela sua maior distribuição territorial, no Brasil e no mundo como um todo.

Espera-se que com este capítulo o leitor tenha mais subsídios para compreender o texto que se segue. Dessa forma, além dos aspectos conceituais relacionados à degradação dos solos, será feita também uma breve

caracterização dos outros capítulos, ou seja, de que forma esses processos geomorfológicos se distribuem pelo Brasil.

1. Degradação dos solos

Segundo Fullen e Catt (2004), é imperativo que os solos sejam conservados tanto no presente quanto para futuras gerações. No caso de construção, em áreas de depósitos de tálus, que caracterizam condições instáveis, quando não se alteram significativamente essas encostas, se plantando gramíneas e árvores, a tendência é de manter o seu equilíbrio ambiental (Figura 1). Os referidos autores destacam ainda que as Nações Unidas vêm tendo grande preocupação em relação aos solos. Dessa forma, em 1987, a então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, dirigiu uma comissão com o objetivo de investigar a degradação dos solos e produziu um relatório intitulado *Nosso Futuro Comum* (Brundtland, 1987). Nesse relatório está incluído também um mapa do estado atual dos solos do mundo, chamado *Global Assessment of Soil Degradation* (GLASOD), que em português significa Avaliação Global da Degradação dos Solos. Esse projeto foi desenvolvido principalmente na Universidade de Wageningen, na Holanda, e resultou numa publicação intitulada *Mapa Mundial do Estágio de Degradação dos Solos Induzida pelo Homem* (Oldeman *et al.*, 1990). O relatório GLASOD apresentou uma visão pessimista do futuro, concluindo que os solos do planeta estão sendo erodidos, tornando-se estéreis, ou contaminados com tóxicos químicos, a uma taxa que não pode ser sustentada.

O GLASOD estimou ainda que a perda de solos agrícolas se dê a uma taxa de 6 a 7 milhões de hectares por ano, com um adicional de 1,5 milhão de hectares perdidos, devido à exploração de madeira, salinização e acidificação. Dessa forma, a perda de solo não quer dizer necessariamente que a terra desapareça, embora localmente isso possa acontecer, devido à transgressão marinha, ou a erosão de áreas costeiras. Normalmente, significa a deterioração das suas propriedades químicas e físicas, de maneira que o solo deixa de ser produtivo.

De acordo com Fullen e Catt (2004), como uma comunidade global, devemos aprender com as lições do passado. Ou seja, vivemos num momento de mudanças climáticas, rápido crescimento da população



FIGURA 1. Casa construída sobre depósito de tálus, no município de Ubatuba (São Paulo). Nota-se que há uma perfeita harmonia entre a construção, os matacões e a vegetação plantada para proteger a encosta. (Foto: M.C.O. Jorge.)

mundial e rápido decréscimo em área e em qualidade dos solos como um recurso natural básico. Conflitos militares regionais continuam, em especial no mundo das zonas áridas, e muitos desses conflitos estão relacionados a recursos hídricos.

1.1. LEVANTAMENTO DOS SOLOS, CLASSIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TERRAS

Com o objetivo de compreender os solos e prever o seu comportamento, temos que conseguir avaliar suas propriedades, bem como categorizá-los, classificá-los e mapear sua distribuição espacial (Selby, 1993; Fullen e Catt, 2004; Morgan, 2005). Assim, no campo, os pedólogos examinam um perfil de solo, que é estudado em horizontes, ou camadas. A natureza e as propriedades de cada horizonte e as relações entre os horizontes têm que ser

consideradas. Algumas propriedades podem ser avaliadas no campo, e amostras de solo são levadas para serem analisadas em laboratório.

Os cientistas do solo, que estudam sua origem e desenvolvimento, são denominados pedólogos. O termo *ped* se refere a solo, e vem do grego, onde *pedos* significa solo.

Para um rápido reconhecimento e para apoiar as análises do perfil, os pedólogos podem coletar amostras de solo com a ajuda de trados. Essas amostras são então colocadas em sacos plásticos para futuras análises em laboratório. Algumas vezes, o topo do solo pode também ser amostrado para análises específicas, como fertilidade.

Cada país tende a criar um manual de levantamento de solo que, em essência, é similar aos de outros países, embora com pequenas diferenças entre eles. Esses proporcionam procedimentos precisos para a caracterização das propriedades e formas de amostragem (Gerard, 1992; Selby, 1993; Morgan, 2005).

No que diz respeito às análises físicas, a granulometria é a técnica mais difundida e conhecida. Através dessa análise, podemos dividir os solos em várias classes, como: pedregosos, arenosos, siltosos e argilosos.

As análises químicas e a fertilidade são feitas com sedimentos com menos de 2,0 mm de diâmetro. Esse método determina o teor de nutrientes dos solos, que, em alguns casos, se refere à quantidade total de um determinado elemento. No entanto, a maior parte dos elementos é insolúvel, ou então solúvel muito lentamente, e não está disponível rapidamente para as plantas.

Os nutrientes nos solos podem ser classificados em dois grupos: 1. macronutrientes, que são necessários em grandes quantidades para o crescimento das plantas, e incluem nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg); 2. micronutrientes, que são necessários em menores quantidades para o bom desenvolvimento das plantas, e incluem manganês (Mn), cobre (Cu), níquel (Ni), zinco (Zi), molibdênio (Mo), ferro (Fe), cobalto (Co) e vanádio (Va) (Fitz Patrick, 1986).

Com base em dados de laboratório e de campo, os pedólogos podem classificar os solos. Esse é um importante passo, na medida em que as estratégias de manejo do solo necessitam ser baseadas na compreensão da natureza e das suas propriedades.

O sistema de classificação de solos dos Estados Unidos está dividido em 12 ordens, que recebem os seguintes nomes: *Entisols* (neossolos), *Inceptisols*

(cambissolos), *Alfisols* (argissolos), *Spodosols* (espodossolos), *Ultisols* (planoossolos), *Oxisols* (latossolos), *Mollisols* (chernossolos), *Aridisols* (luvisolos), *Vertisols* (vertissolos) e *Histosols* (organossolos). Cada uma dessas ordens é dividida em subordens, grandes grupos, subgrupos, famílias e séries (Brady e Weil, 1999).

Um dos objetivos do levantamento de solos é produzir classificações de aptidão de uso da terra. Existem várias classificações de aptidão; uma delas afirma que as classes com número mais elevado são mais restritivas e as com número mais baixo possuem maiores aptidões. Segundo Bibby (1991), a Classe 1 refere-se à aptidão para produzir uma gama muito variada de cultivos, enquanto a Classe 7 possui diversas limitações para a agricultura. O intervalo entre a classe 1 e a 4 possui aptidão para a agricultura, a Classe 5 possui aptidão para a pecuária, a Classe 6 refere-se à aptidão apenas para alguns tipos de pecuária, enquanto a Classe 7 possui pequeno valor agrícola.

1.2. A ECONOMIA DA DEGRADAÇÃO DOS SOLOS: DAS POLÍTICAS NACIONAIS ÀS PROPRIEDADES RURAIS

Os fatores socioeconômicos que operam em nível nacional, nas propriedades rurais e nas bacias hidrográficas, possuem um papel importante nos incentivos dados aos fazendeiros, no sentido de se praticar o manejo adequado dos solos, que leve à sua conservação (Kerr, 1998). O conhecimento sobre erosão e conservação dos solos tem crescido rapidamente nas últimas décadas. As causas e os efeitos biológicos e físicos da erosão são cada vez mais bem conhecidos, assim como os métodos de proteção dos recursos dos solos.

No entanto, casos de erosão continuam a ocorrer por todo o mundo e a adoção de práticas conservacionistas ainda continua limitada. Isso se deve, em parte, a restrições socioeconômicas em várias partes do mundo. Dessa forma, o conhecimento dos fatores socioeconômicos e das políticas públicas associadas possui um papel importante na conservação dos solos. Ou seja, há que se considerar esses fatores porque, na grande maioria dos casos, eles podem atuar em conjunto com as causas ambientais, resultantes na erosão.

Os proprietários rurais possuem muitos objetivos no manejo dos seus solos e, ao mesmo tempo, diversas limitações na escolha de medidas a serem tomadas. Esses objetivos e limitações determinam até que ponto há interesse na adoção de práticas conservacionistas, os quais operam em diversos níveis, incluindo a economia nacional, as propriedades rurais, os campos cultivados, as comunidades e as bacias hidrográficas (Figura 2) (Oldeman, 1990; Kerr, 1998; Fullen e Catt, 2004; Morgan, 2005). Segundo Kerr (1998), as políticas econômicas podem influenciar os objetivos dos fazendeiros até certo ponto, mas em certos casos é mais importante planejar políticas e programas que atendam aos objetivos dos proprietários rurais em vez de tentar mudá-los.

Apesar de uma série de problemas de degradação das terras, uma parte da agricultura mundial busca ter um desenvolvimento sustentável e as instituições continuam a se desenvolver e a se adaptar ao estresse ambiental do crescimento. A propósito disso, Tiffen *et al.* (1994) destacam o caso de



FIGURA 2. Obra de contenção com muro de gabião às margens do Rio Macaé (Rio de Janeiro). para evitar sua erosão e também o assoreamento. (Foto: A.J.T. Guerra.)

sucesso do distrito de Machakos, no Quênia. Na década de 1930, esse distrito era atingido por uma séria degradação dos solos, marcada por desmatamento, erosão, perda de nutrientes, baixa produtividade, e degradação dos pastos. Como consequência, a população era muito pobre e as terras não conseguiam oferecer quase nada. Em torno da década de 1990, os rendimentos aumentaram bastante, os recursos básicos foram recuperados e o valor real *per capita* da agricultura aumentou em 300%, mesmo com o aumento em quase 500% da população e a agricultura tendo se espalhado para terras marginais mais distantes (Tiffen *et al.*, 1994). De acordo com os referidos autores, boas rodovias passaram a possibilitar acesso aos grandes mercados de Nairóbi para os produtos agrícolas, aumentando os lucros dos fazendeiros, bem como a adoção de práticas conservacionistas, como terraceamento, cultivo em curva de nível e aplicação de matéria orgânica, tornaram as propriedades rurais mais produtivas.

Evidências em vários países sugerem que os fazendeiros estão conscientes das causas e consequências da degradação dos recursos naturais. Pesquisas feitas com os proprietários rurais apontam para a preocupação constante que os mesmos têm com a erosão, perda de nutrientes, desmatamento e declínio na produção agropecuária. A literatura nacional e a internacional tem mostrado, através de vários exemplos, que muitos países têm conseguido resolver problemas relacionados à degradação das terras com práticas de conservação dos solos e recuperação de áreas degradadas (Gill, 1991; Cleaver e Schreiber, 1994; Reij *et al.*, 1996; Kerr, 1998; Fullen e Catt, 2004; Morgan, 2005; Guerra *et al.*, 2009).

A teoria da inovação induzida ajuda a explicar o paradoxo de que a erosão dos solos se espalha em algumas áreas, enquanto a conservação dos solos se concentra em outras. Essa teoria se apóia no fato de que as inovações tecnológicas e as mudanças institucionais ocorrem para economizar recursos escassos e para utilizar recursos abundantes. Em outras palavras, segundo Kerr (1998), as inovações são induzidas por fatores econômicos, na medida em que os sistemas agrícolas evoluem diferentemente em diversas regiões do mundo.

Dessa forma, a saúde da economia rural tem várias implicações para a erosão dos solos, dependendo, em grande parte, do estágio de intensificação da agricultura. Quando a terra é abundante e a agricultura é pouco intensiva, a subida de preços para os produtos agrícolas pode levar a uma

expansão da área cultivada, promovendo o corte da vegetação primitiva e levando ao aumento da erosão. Como resultado, os investimentos e políticas públicas que apoiam o crescimento econômico deverão levar à adoção de práticas conservacionistas. Os investimentos na infraestrutura do meio rural, tais como construção e melhoria de estradas rurais, que auxiliarão a levar os produtos para os mercados, provocarão aumento dos lucros da agricultura e, conseqüentemente, irão encorajar a melhoria do manejo das propriedades rurais (Figura 3).



FIGURA 3. Obras de recuperação em estrada rural que sofreu deslizamento na bacia do Rio Macaé (Rio de Janeiro). (Foto: A.J.T. Guerra.)

Concluindo, as condições de mercado e as políticas econômicas integram tanto em nível nacional como no nível das propriedades rurais no sentido de determinar os investimentos que os fazendeiros farão em práticas conservacionistas. Segundo Kerr (1998), os fazendeiros, no mundo inteiro, têm uma variedade de interesses e objetivos, sendo a conservação

dos solos apenas mais uma alternativa, e não é, na maioria das vezes, o principal objetivo da maioria dos proprietários rurais.

1.3. SOLOS E PAISAGENS COMO SISTEMAS ABERTOS

A formação dos solos é o resultado da interação de muitos processos, tanto geomorfológicos como pedológicos. Esses processos retratam uma variabilidade temporal e espacial significativa, sendo dessa forma importante abordar os solos como sistemas dinâmicos. Sendo assim, os solos e as paisagens devem ser considerados sistemas abertos, utilizando-se os conceitos que evoluíram com a análise sistêmica (Gerrard, 1992; Fullen e Catt, 2004; Morgan, 2005; Guerra e Mendonça, 2007).

Os solos e as paisagens comportam-se como sistemas abertos, na medida em que ganham e perdem matéria e energia, além das suas fronteiras. De acordo com Gerrard (1992), os solos estão continuamente se ajustando de diversas formas à variação dos fluxos de massa e de energia, gradientes termodinâmicos e outras condições ambientais externas.

O fato de os solos, como as paisagens, atuarem como sistemas abertos tem implicações tanto teóricas como práticas na escolha dos parâmetros que serão mensurados no campo, com o objetivo de determinar o estágio de um sistema, direcionando a atenção aos conceitos básicos envolvidos nessa estrutura (Guerra e Mendonça, 2007).

A análise dos solos e das paisagens como sistemas abertos direciona a atenção aos conceitos básicos envolvidos nessa estrutura. Esses conceitos foram destacados por Strahler e Strahler (1973):

1. Os sistemas possuem limites, quer sejam reais ou arbitrários;
2. Os sistemas possuem entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de energia e matéria, que atravessam esses limites;
3. Os sistemas possuem caminhos de transporte de energia e de transformação, associados com a matéria existente dentro desses sistemas;
4. Dentro dos sistemas a matéria pode ser transportada de um local para outro, ou ter suas propriedades físicas transformadas por reação química ou mudança de estado;
5. Os sistemas abertos tendem a possuir um equilíbrio dinâmico, no qual a taxa de entrada de energia e de matéria iguala a taxa de saída de energia e matéria, enquanto o armazenamento de energia e matéria permanece constante;

6. Quando as taxas de entrada ou de saída de um sistema aberto mudam, o sistema tende a buscar um novo equilíbrio. O período de mudança que leva ao estabelecimento de um novo equilíbrio é um estado transiente, e o período de tempo envolvido dependerá da sensibilidade do sistema;
7. A quantidade de armazenamento de energia e de matéria aumenta ou diminui quando a taxa de energia e fluxo de matéria, pelo sistema, aumenta ou diminui;
8. Quanto maior for a capacidade de armazenamento, dentro do sistema, para uma determinada entrada (*input*), menor é a sensibilidade desse sistema.

Baseado nos oito pontos destacados acima, a profundidade do solo vai depender das taxas de sua remoção e formação, ou seja, naquelas áreas, onde a remoção é mínima, solos profundos vão se desenvolver, enquanto onde a ação erosiva for mais ativa os solos serão menos espessos. Na Geomorfologia, isso pode ser compreendido como um balanço resultante da denudação (Figura 4). Por outro lado, os solos também podem ser pouco profundos, onde a água não é retida, e, conseqüentemente, ocorre pouco intemperismo.



FIGURA 4. Solos degradados no distrito de Conceição das Crioulas, Salgueiro, Pernambuco. (Foto: A.C.B. Corrêa.)

Nesse sentido, Palmieri e Larach (2010) resumem bem as relações entre os solos e as paisagens quando destacam o papel que o relevo exerce no desenvolvimento dos solos, com grande influência nas suas condições hídricas e térmicas. Isso afeta também os microclimas e a cobertura vegetal, bem como as propriedades físicas e químicas dos solos.

1.4. DIFERENTES TIPOS DE DEGRADAÇÃO — FATORES CAUSADORES

Diversos são os fatores causadores da degradação do solo (Tabela 1), atuando de forma direta ou indireta, mas quase sempre a grande maioria das terras degradadas inicia esse processo com o desmatamento, que pode ser seguido por diversas formas de ocupação desordenada, como: corte de taludes para a construção de casas, rodovias (Figura 5) e ferrovias, agricultura, com uso da queimada, vários tipos de mineração, irrigação excessiva, crescimento desordenado das cidades, superpastoreio, uso do solo para diversos tipos de despejos industriais e domésticos, sem tratamento da

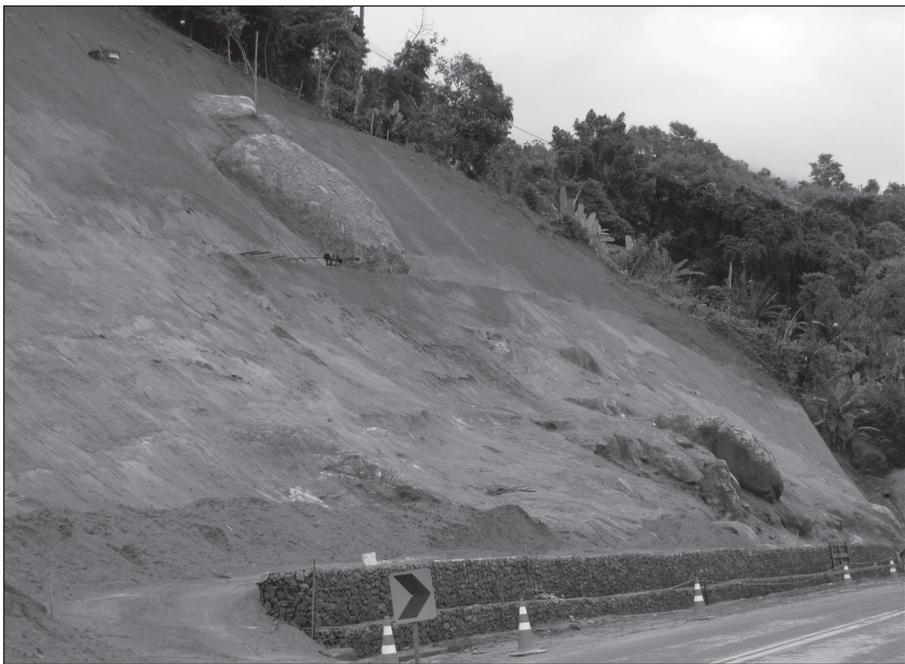


FIGURA 5. Depósito de tálus exposto na Rodovia Rio-Santos, no município de Paraty, Rio de Janeiro, após a ocorrência de deslizamento e consequente obra de estabilização. (Foto: A.J.T. Guerra.)