

## 1. Patrimônio e estado atual dos solos

O território brasileiro é caracterizado por uma grande diversidade de tipos de solos, correspondendo diretamente à intensidade de manifestação das diferentes formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos associados, os quais, por sua vez, condicionam diferentes processos formadores de solos.

A Região Centro-Oeste, vasta superfície aplainada pelos processos erosivos naturais, é constituída pelo Planalto Central Brasileiro. Nela predomina o clima tropical quente com veranicos acentuados e grandes extensões de solos profundos, bem drenados, de baixa fertilidade natural, porém com características físicas favoráveis, além das condições topográficas que permitem a franca mecanização das lavouras.

**Tabela 1 - Extensão e distribuição dos solos no Brasil e nas suas regiões.**

Solos	Brasil		Relativa por Regiões				
	Absoluta (Km <sup>2</sup> )	Relativa ao Total (%)	Norte (%)	Nordeste (%)	Centro-Oeste (%)	Sudeste (%)	Sul (%)
Alissolos	371.874,48	4,36	8,67	0,00	0,00	0,00	6,34
Argissolos	1.713.853,49	19,98	24,40	17,20	13,77	20,68	14,77
Cambissolos	232.139,19	2,73	1,06	2,09	1,59	8,64	9,28
Chernossolos	42.363,93	0,53	0,00	1,05	0,27	0,21	3,94
Espodossolos	133.204,88	1,58	3,12	0,39	0,26	0,37	0,00
Gleissolos	311.445,26	3,66	6,41	0,78	2,85	0,5	0,4
Latossolos	3.317.590,34	38,73	33,86	31,01	52,81	56,30	24,96
Luvissolos	225.594,90	2,65	2,75	7,60	0,00	0,00	0,00
Neossolos	1.246.898,89	14,57	8,49	27,55	16,36	9,38	23,23
Nitossolos	119.731,33	1,41	0,28	0,05	1,22	2,56	11,48
Planossolos	155.152,13	1,84	0,16	6,61	1,73	0,16	3,00
Plintossolos	508.539,37	5,95	7,60	4,68	8,78	0,00	0,00
Vertissolos	169.015,27	2,01	3,20	0,99	0,36	1,20	2,60
Água	160.532,30	1,88	3,20	0,36	0,31	1,20	2,60
Total	8.547.403,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Um quadro sintético das paisagens brasileiras por região mostra, na região Norte, um território de planícies e baixos planaltos, de clima equatorial, calor permanente e alto teor de umidade, com predominância de solos profundos, altamente intemperizados, ácidos, de baixa fertilidade natural e saturados por alumínio, o que diminui significativamente a capacidade produtiva dessa região.

Na região Nordeste, observam-se tipos climáticos que variam do quente e úmido ao quente e seco (semi-árido), passando por uma faixa de transição semi-úmida. Ocorrem, em grande parte dessa região, solos de média a alta fertilidade natural, em geral pouco profundos em decorrência de seu baixo grau de intemperismo.

A região Sudeste é constituída de planaltos e áreas serranas com vários pontos de altitudes superiores a 2.000 metros, clima tropical com verões quentes nas baixadas, e mais amenos nas áreas altomontanas, com predominância de solos bem desenvolvidos, geralmente de baixa fertilidade natural.

Na região Sul, os solos originados de rochas básicas e sedimentos diversos, encontram-se distribuídos em uma paisagem com relevo diversificado, onde predomina o clima subtropical, com estações bem definidas e solos férteis com elevado potencial agrossilvepastoril.

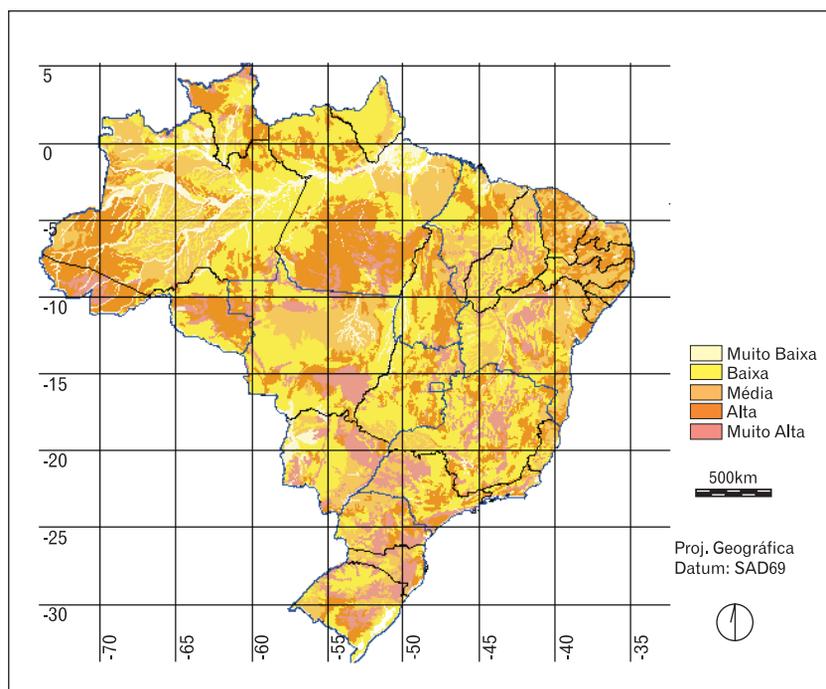
Esta diferenciação regional, apresentando considerável variabilidade de solo, clima e relevo, reflete-se diretamente no potencial agrícola das terras, na diversificação das paisagens e nos aspectos vinculados ao uso do solo. Com base no Mapa de Solos do Brasil (Embrapa, 1981) e no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), pode-se distinguir 13 principais classes de solo, representativas das paisagens brasileiras, sendo sua extensão apresentada na **Tabela 1**.

### 1.1. A susceptibilidade dos solos aos processos erosivos

A susceptibilidade natural dos solos à erosão, é uma função da interação entre as condições de clima, modelado do terreno e tipo de solo. Da análise da interação destes fatores e a partir de estimativas experimentais de perdas de solo, foi possível estabelecer cinco classes de susceptibilidade à erosão das terras do país. Assim as classes muito baixa e baixa englobam tanto os solos de baixadas, hidromórficos ou não, como aqueles de planalto, muito porosos, profundos e bem drenados, todos localizados em relevo plano. Em condições mais favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos, destacam-se solos comumente arenosos ou com elevada mudança de textura em profundidade, bem como aqueles rasos, localizados, em geral, em relevos dissecados, configurando classes de susceptibilidade à erosão média, alta ou muito alta (**Figura 1**).

Com base nestas interpretações, 65% das terras brasileiras podem ser consideradas como de moderada a baixa susceptibilidade à erosão, que se expressam, entretanto, de forma diversa, nas diferentes regiões. Assim na

**Figura 1 - Mapa de susceptibilidade dos solos à erosão hídrica.**



região Norte, observam-se baixos níveis de susceptibilidade nas várzeas do rio Amazonas e seus afluentes, bem como nos baixos platôs, onde se desenvolvem solos argilosos ou muito argilosos, muito profundos, porosos, geralmente em relevo plano. Esses ambientes, sob domínio de Gleissolos, Neossolos Flúvicos, Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos, representam aproximadamente 46% das terras dessa região do Brasil (**Tabela 1**). As terras com o maior potencial de erosão e distribuídas em aproximadamente 36% da região, ocorrem em relevos mais dissecados e compreendem os Argissolos, Luvissolos e Cambissolos.

No Nordeste do Brasil, 33% das terras apresentam susceptibilidade muito baixa e baixa, 34% média e 33% têm classes de susceptibilidade alta e muito alta. Solos como os Neossolos Quartzarênicos, Litólicos e Regolíticos são os com maior potencial à erosão devido à presença de conteúdos signi-

ficativos de areia, associado, em alguns casos, a relevos dissecados. Embora as chuvas no semi-árido nordestino sejam de baixa duração e frequência, sua elevada intensidade em alguns locais favorece o escoamento superficial, desagregação e transporte dos solos, mesmo em relevos mais aplainados. Solos como os Luvissolos, em geral com maiores conteúdos de argila e em relevos bastante dissecados, representam as terras com elevada susceptibilidade à erosão. Já áreas expressivas de Latossolos, representando cerca de 30% da região, são aquelas representativas das terras com baixa susceptibilidade à erosão. Já a ocorrência de horizontes superficiais arenosos, bem como o aumento do teor de argila em profundidade, torna os Argissolos e Planossolos medianamente suscetíveis à erosão nas condições climáticas próprias da região.

O Centro-Oeste apresenta cerca de 70% de seus solos com susceptibilidade variando de muito baixa a média, de-



corrente, em termos gerais, da dominância de relevos aplainados do planalto central brasileiro, associados a solos profundos e bem drenados, como os Latossolos. O restante das terras (30%) corresponde, em geral, aos solos com elevados conteúdos de areia, como os Neossolos Quartzarênicos e alguns Latossolos de textura média, os quais apresentam fraca estruturação e são facilmente carregados pelas águas da chuva, mesmo em relevo relativamente plano. Ressalta-se a ocorrência, nessa região, de severos processos erosivos, como as voçorocas nas terras situadas próximas às linhas de drenagem, resultado da conjugação de solos muito friáveis e relevo mais movimentado, como, por exemplo, nos chapadões das divisas entre os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Geras e Mato Grosso, onde se originam diversos rios que formam as bacias do Prata e do Amazonas.

Na região Sudeste ocorre a predominância de solos com baixa suscetibilidade aos processos erosivos (46%). Semelhante à região Centro-Oeste, a ocorrência expressiva de Latossolos em relevos aplainados, com elevados conteúdos de argila – e bem estruturados, condicionam a baixa suscetibilidade à erosão. Entretanto, 40% da região apresenta terras muito susceptíveis à erosão, decorrência de relevos mais acidentados e/ou a solos com elevados conteúdos de areia ou significativa diferença textural em profundidade, como, por exemplo, as que ocorrem no oeste do estado de São Paulo e nos relevos acidentados ao longo da Serra do Mar.

Para a região Sul, observa-se a predominância de solos com alta e muito alta suscetibilidade à erosão, condicionados pela presença significativa de solos rasos, como os Cambissolos e Neossolos Litólicos, ou mesmo mais profundos, como os Argissolos, todos localizados em relevos acidentados das serras e planaltos sulinos. Os solos com suscetibilidade muito baixa e baixa perfazem 29% da região, geralmente associados aos planaltos e planícies sedimentares

## o estado dos solos

de relevos aplainados, onde ocorrem Latossolos e Planossolos, respectivamente. Na classe de suscetibilidade média, destacam-se os Alissolos, Nitossolos e Chernossolos, em geral em relevo movimentado.

### 1.2. O potencial de uso das terras

O uso adequado da terra é o primeiro passo em direção à preservação do recurso natural solo, e à agricultura correta e sustentável. Para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua aptidão, capacidade de sustentação e produtividade econômica, de tal forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para seu melhor uso e benefício, ao mesmo tempo em que são preservadas para gerações futuras (Lepsch *et al.*, 1991). Na avaliação que se segue, não foram consideradas outras potencialidades e restrições ambientais, como cobertura vegetal, biodiversidade e etc., aspectos estes abordados em outros capítulos do Geo Brasil.

A **Tabela 2** apresenta a aptidão agrícola das terras do Brasil por região, evidenciando os diferentes níveis tecnológicos de manejo (primitivo, intermediário e avançado) e tipos de usos indicados. De sua análise, verifica-se que há uma grande predominância de terras aptas para lavouras, quando comparadas às demais atividades. Considerando-se os diferentes níveis tecnológicos, o país dispõe de aproximadamente 65% do seu território (5.552.673km<sup>2</sup>) de terras aptas ao uso agropecuário.

Ao se analisar a atividade lavoura no conjunto de todas as regiões do Brasil, observa-se que os níveis de manejo, ou seja, os graus de intensidade de uso de tecnologias no manejo do solo, foram preponderantes na definição do maior ou menor potencial de terras aptas para este fim. É evidente que, para o manejo A (primitivo), há um domínio de terras com sérias limitações (classe Restrita) para todas as regiões do país, significando que a utilização de tecnologias rudimentares limita, grandemente, o cultivo de lavouras por agricultores (**Tabela 2**). No manejo B (pouco desenvolvido), verifica-se um certo equilíbrio entre as terras com limitações moderadas e fortes (classes Regular e Restrita) na maioria das regiões brasileiras, enquanto no manejo C (desenvolvido; altamente tecnicizado) ocorre um forte domínio de terras com moderadas restrições, considerando-se o atual nível de tecnicização. Torna-se

**Tabela 2 - Aptidão das terras do Brasil por região e por nível de manejo para os diferentes tipos de usos indicados.**

Tipo de utilização	Região	Classe de aptidão por nível de manejo (km <sup>2</sup> )								
		Nível de manejo A			Nível de manejo B			Nível de manejo C		
		Boa	Regular	Restrita	Boa	Regular	Restrita	Boa	Regular	Restrita
Lavouras	Norte	25.850	204.982	2.046.873	106.878	1.751.585	427.377	30.032	1.731.001	326.120
	Nordeste	13.394	145.079	435.307	15.555	421.060	321.150	7.482	436.452	267.025
	Sudeste	22.715	118.648	147.506	102.929	130.785	330.767	78.230	266.287	45.966
	Centro-Oeste	2.508	68.048	358.065	10.708	385.902	579.222	107.426	636.919	231.460
	Sul	46.191	96.824	142.717	64.975	171.474	162.399	38.388	233.857	48.078
	Total	110.658	633.581	3.130.468	301.045	2.860.806	1.820.915	261.558	3.304.516	918.649
Pastagem plantada <sup>1</sup>	Norte	-	-	-	-	234.113	4.935	-	-	-
	Nordeste	-	-	-	4.908	91.636	27.967	-	-	-
	Sudeste	-	-	-	2.957	40.215	96.807	-	-	-
	Centro-Oeste	-	-	-	-	339.309	22.119	-	-	-
	Sul	-	-	-	34.125	16.836	10.210	-	-	-
	Total	-	-	-	41.990	722.109	162.038	-	-	-
Silvicultura <sup>2</sup>	Norte	-	-	-	-	-	3.816	-	-	-
	Nordeste	-	-	-	1.939	33.908	71.854	-	-	-
	Sudeste	-	-	-	-	58.619	9.415	-	-	-
	Centro-Oeste	-	-	-	-	139.418	71.006	-	-	-
	Sul	-	-	-	3.127	7.322	11.238	-	-	-
	Total	-	-	-	5.066	239.267	167.329	-	-	-
Pastagem natural <sup>3</sup>	Norte	-	-	9.469	-	-	-	-	-	-
	Nordeste	287	141.564	290.781	-	-	-	-	-	-
	Sudeste	-	945	77.084	-	-	-	-	-	-
	Centro-Oeste	-	-	209.181	-	-	-	-	-	-
	Sul	19.789	10.359	3.102	-	-	-	-	-	-
Total	20.076	152.868	589.617	-	-	-	-	-	-	

1 Terras com aptidão exclusiva para pastagem plantada; não aptas para lavouras.

2 Terras com aptidão exclusiva para silvicultura; não aptas para lavouras e pastagem plantada.

3 Terras com ocorrência exclusiva de pastagem natural e não indicadas para outras formas de uso.

Fonte: Ramalho Filho e Pereira - 1999

interessante destacar que as terras mais férteis e propícias à agricultura (classe Boa) só ficaram mais evidenciadas nos manejos B e C, mesmo assim predominantemente nas regiões Sudeste e Sul.

Aproximadamente 10% do território nacional – ou cerca de 926.137km<sup>2</sup>, são terras indicadas para uso com pastagem plantada. A região Sul destaca-se positivamente, apresentando elevado potencial para essa atividade. Cerca de 56% de suas terras apresentam aptidão Boa para pastagens plantadas, seguidas de 28% com apti-

ção Regular, e apenas 17% com restrições severas a este uso. As demais regiões apresentaram-se constituídas de terras com classe de aptidão Regular e Restrita para pastagem plantada.

Com relação à silvicultura, destaque também para a região Sul, onde cerca de 48% de suas terras apresentam aptidão variando de Boa a Regular (14% e 34%, respectivamente), sendo o restante (52%) da classe restrita. A região Nordeste, apesar do alto percentual de terras com aptidão Restrita (67%), apresenta o correspondente a 31% de suas terras

**Tabela 3 - Uso atual das terras do Brasil (\*).**

I. Terras com Utilização Econômica	Milhões de hectares
. Lavouras Temporárias (1)	38,5
. Lavouras Temporárias em Descanso	4,0
. Culturas Permanentes	7,5
. Pastagens Plantadas	99,7
. Pastagens Naturais	78,0
. Florestas Artificiais	5,4
. Terras Irrigadas	3,0
<b>SUB TOTAL</b>	<b>236,1</b>
II. Terras com Outros Usos	
. Floresta Amazônica (inclui todo tipo de reservas)	365,0
. Reservas Indígenas (2) (homologadas, reservadas ou em processo de identificação fora da Floresta Amazônica)	101,9
. Centros Urbanos, Lagos, Estradas e Rios (3)	30,0
. Terras Devolutas(4)	6,1
. Terras Produtivas não Aproveitadas,	16,3
. Outros Usos ou Indefinidos	99,3
<b>SUB TOTAL</b>	<b>618,6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>854,7</b>

(\*) Tabela adaptada do livro "Os Caminhos da Agricultura Brasileira", Espírito Santo, Benedito Rosa - 2001  
Fontes: IBGE - Censo Agropecuário - 1996, / 1- CONAB - Estimativa Safra - 2000/01 / 2- IBAMA / 3- Estimativa Embrapa / 4- INCRA - Resumo das Atividades do INCRA - 1985/94

com aptidão Regular, e apenas 2% com aptidão Boa para utilização com silvicultura (**Tabela 2**).

Quanto à avaliação das terras para pastagem natural, a região Sul destacou-se novamente, pois apresenta 60% de suas terras com aptidão Boa para essa atividade. A seguir, destaca-se a região Nordeste, cujas terras apresentam, predominantemente, aptidão Regular (33%) e Restrita (67%). As demais regiões apresentam suas terras com classe de aptidão quase que exclusivamente Restrita para pastagem natural.

A partir da contextualização e visão sinóptica sobre a avaliação da aptidão agrícola das terras brasileiras, observa-se que o país possui um imenso potencial agrícola, pois dispõe de 5,55 milhões de quilômetros quadrados (555 milhões de hectares) de terras aptas para lavouras, onde, salvo restrições de ordem ambiental, 2,79 milhões estão na região Norte. Possui também, expressiva extensão (964.334km<sup>2</sup>) de terras aptas para pastagem plantada e para silvicultura.

### 1.3. O uso atual das terras

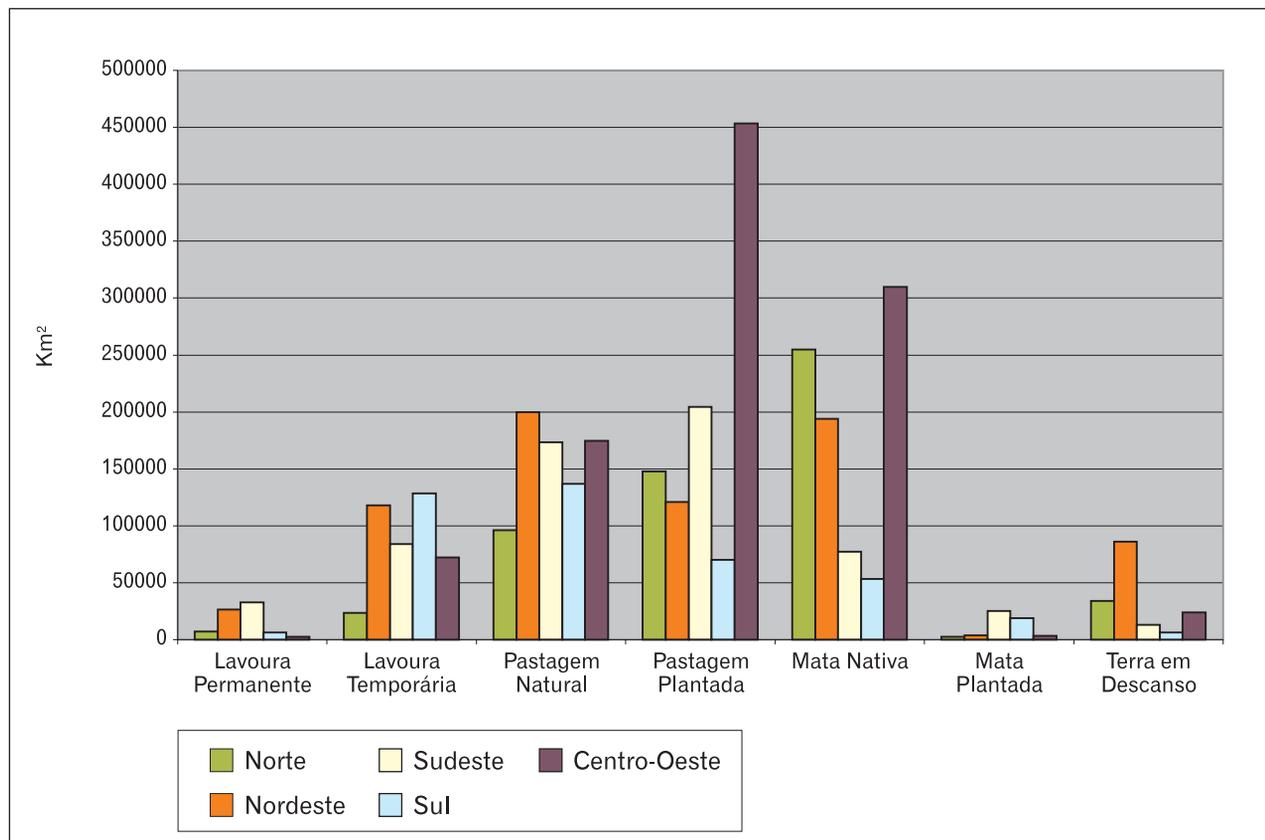
Entre os diversos usos dos solos identificados pelo Censo Agropecuário de 1996, as atividades agropecuárias ocupam atualmente cerca de 27,6% do território (**Ta-**

**bela 3**), sendo que as áreas apenas de preservação permanente, e já demarcadas, representam cerca de 55 milhões de hectares, estimando-se que brevemente alcance 10% do território nacional com os novos processos de demarcação em curso. Embora seja um quantitativo expressivo, considera-se que este montante ainda seja insuficiente para a preservação dos diversos biomas do país.

A análise da estrutura produtiva do país revela que o principal uso do solo é a pecuária, com 21% do território brasileiro ocupado com pastagens, ou seja, mais que o triplo das terras destinadas a produção de culturas permanentes e lavouras. Em termos regionais, observa-se que o aproveitamento de pastagens naturais ainda permanece significativo, apesar das diferenças regionais em termos climáticos, valor da terra, padrões culturais, oportunidades produtivas e tecnicização da agropecuária (**Figura 2**). Já para pastagens plantadas, a região Centro-Oeste destaca-se em relação às demais, com seus 46 milhões de hectares, ou quase a metade das pastagens plantadas do Brasil, seguida pela região Sudeste com cerca de 20 milhões de hectares.

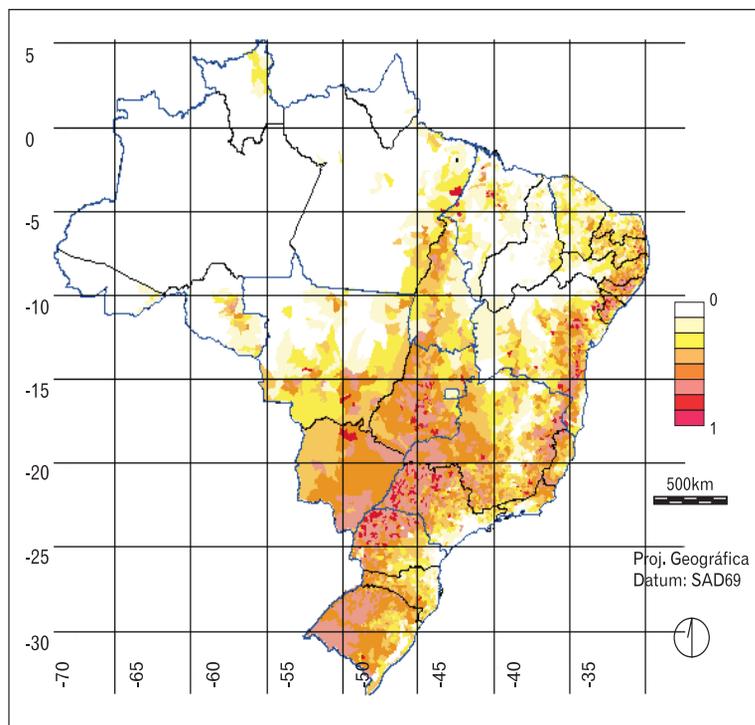
Embora o país disponha de um excelente potencial de solos aptos à irrigação, estimados em 29,5 milhões de hectares, sua utilização ainda é modesta, totalizando em 1998 uma área de 2,87 milhões de hectares, ou seja, apenas 6,19% das áreas destinadas a produção agrícola, muito abaixo dos padrões mundiais e das oportunidades que o País oferece.

Figura 2 - Uso atual das terras por região do Brasil.



Com relação à intensidade de uso das terras por atividades agrossilvipastoris, esta foi estimada com base no Censo Agropecuário de 1985/86, e na base de informações municipais foram selecionadas variáveis que representam as três principais categorias de uso da Terra: **Agricultura, Pecuária e Silvicultura**, que foram normalizadas e agrupadas em um índice final de intensidade de ocupação dos territórios municipais por atividades agrossilvipastoris (Figura 3). Verifica-se que a atividade agropecuária é mais intensiva nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, respectivamente. A região Nordeste, embora bastante antropizada, apresenta uma intensidade de uso intermediária, face às limitações climáticas; e a região

Figura 3 - Índice relativo da intensidade de uso das terras dos municípios por atividades agrossilvipastoris.



Norte apresenta, de forma geral, municípios com áreas de baixa intensidade de uso agropecuário ou mesmo ausente.

## 2. O domínio e a dinâmica do uso dos solos

### 2.1. O perfil da estrutura fundiária

A estrutura fundiária brasileira, que determina parte da forma e pressão de uso do solo, pode ser analisada sob duas óticas distintas: a primeira tem por foco a distribuição do espaço fundiário entre seus detentores - proprietários e posseiros. A segunda permite identificar como este espaço é ocupado e explorado pelos produtores rurais. Desta forma têm-se: o imóvel rural (*unidade de propriedade*) e o estabelecimento agropecuário (*unidade de produção*). Para as análises relativas à distribuição do espaço fundiário entre os detentores, são utilizados os dados cadastrais levantados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – Incra. Na segunda hipótese, empregam-se os dados extraídos dos Censos Agropecuários, da Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Embora as fontes apresentem esquemas conceituais distintos, ambas evidenciam um acentuado grau de concentração da terra no Brasil.

Tabela 4 - Índice de Gini e Theil para o período analisado.

Unidade Geográfica	Índice de Gini				Índice de Theil			
	1972	1978	1992	1998	1972	1978	1992	1998
Brasil	0,837	0,854	0,833	0,843	0,906	0,933	0,917	0,918
Norte			0,849	0,851				
Nordeste			0,792	0,811				
Sudeste			0,749	0,757				
Sul			0,705	0,712				
Centro-Oeste			0,811	0,810				

Fonte: Estatísticas Cadastrais do INCRA. Convênio INCRA/UNICAMP

Conforme as estatísticas cadastrais do Incra, em 1998, os imóveis rurais com área superior a 1.000 ha, representando 1,4% do universo cadastrado, detinham 49% da área total. Já em termos de estabelecimentos agropecuários, 0,9% deles, com área superior a 1.000 ha, ocupavam 43,7% da área total recenseada em 1996. Do outro extremo, 31,1% dos imóveis rurais com menos de 10 ha, ocupavam apenas 1,4% da área total. De forma mais dramática, 52,9% dos estabelecimentos agropecuários com área inferior a 10 ha, abrangiam, tão somente, 2,7% da área total.

Quando considerada a grandeza do território brasileiro, 415 milhões de hectares pelo cadastro do Incra em 1998, e 353 milhões de hectares de acordo com o último Censo Agropecuário do IBGE, evidencia-se a magnitude que se dá este forte grau de concentração da terra no país. Um bom exemplo está no fato de que a área média dos imóveis rurais com mais de 1.000 ha é 33 vezes maior

que a média nacional, enquanto que para os estabelecimentos rurais, do mesmo extrato, ela representa 43 vezes a média nacional.

Portanto, como conseqüência, tanto de seu passado de ocupação colonial quanto da sua forma de ocupação mais recente, o Brasil não apresenta uma satisfatória distribuição da propriedade da terra, ainda que sucessivos governos não tenham poupado esforços no sentido de reverter este quadro. Atualmente as ações de reforma agrária tomaram grande vulto, tanto em função da pressão exercida por segmentos da sociedade civil organizada, como pelas diretrizes e metas de políticas agrárias estabelecidas e concretizadas notadamente nos três últimos governos.

Outro ponto a ser destacado refere-se ao fato de que a concentração de propriedade da terra seja elevada em todo país quando vista sob a ótica da simples análise dos indicadores nacionais. Tais indicadores tendem a obscurecer ou mesmo distorcer as diferenças regionais da contração da propriedade da terra, tanto em seus aspectos históricos, como nos sistemas de ocupação e dimensão das áreas. Este cenário pode ser visualizado através do índice de Gini (**Tabela 4**), utilizada como medida de avaliação da concentração fundiária. Observando-se a variação do índice entre 1992 e 1998. Deve ser dada atenção especial à região Norte, única a apresentar valores superiores aos índices nacionais nos dois períodos considerados.

As ações de cadastramento do Incra registraram, aproximadamente, 2,9 milhões e 3,6 milhões de imóveis rurais, respectivamente, em 1992 e em 1998, distribuídos em termos absolutos, pelas cinco grandes regiões



brasileiras, conforme **Tabela 5**. Analisando-se os dois momentos retratados, verifica-se que a região Sul concentra a maior quantidade de imóveis do Brasil – 35,53% em 1992 e 31,57% em 1998, ao mesmo tempo em que ocupa sempre a menor parcela da área cadastrada. Seus imóveis têm em média 38 ha, e a metade deles não ultrapassa a 14 ha.

As regiões Nordeste e Sudeste mantêm-se com representatividade semelhante no tocante ao número de imóveis, em ambos os períodos de avaliação. A situação não se repete quando comparada às áreas cadastradas, apontando maior concentração para a região Nordeste. Em 1998, a área média dos imóveis da região Nordeste correspondia a 79,1 ha, enquanto que os imóveis da região Sudeste apresentavam uma média de 70,2 ha. Acentua-se o contraste e a

desigualdade entre as regiões quando comparadas suas áreas medianas. Metade dos imóveis da região Sudeste tem até 19 ha, enquanto que a área mediana para o Nordeste não atinge 16 ha.

Mais da metade da área cadastrada no país pertence às regiões Norte e Centro-Oeste, embora a quantidade de imóveis, mesmo em conjunto, seja pouco expressiva, se comparada com qualquer outra região brasileira. Como reflexo, as áreas médias dos imóveis localizados em ambas regiões ultrapassa a 400 ha e a área mediana aproxima-se dos 70 ha.

Considerando-se o período, pode-se mensurar a dinâmica dos movimentos ocorridos no cadastro. Para o Brasil, observou-se um acréscimo de 22,7% no número de imóveis rurais e de 34,0% na área. Entretanto, uma grande estabilidade é observada na estrutura fundiária brasileira no período 1972/1998, fato este corroborado pela área média dos imóveis que, de acordo com Hoffmann “diminuiu apenas 3%, passando de 109,3 ha em 1972 para 106,0 ha em 1992. A área mediana nacional apresenta mudança insignificante, caindo de 18,7 para 18,5 ha. O índice de Gini permanece um pouco acima de 0,83 e a porcentagem da

área total, ocupada pelos 10% maiores estabelecimentos, permanece em 77%.

A **Tabela 4** demonstra a mencionada estabilidade no período 1972/1998, utilizando para tanto, além do índice de Gini, o índice de Theil, que também constitui uma medida de concentração. Ainda segundo Hoffmann, uma das razões para esta estabilidade da estrutura fundiária deve-se à extensão territorial do país, que faz com que intervenções governamentais localizadas tenham pouco efeito no total.

## 2.2. Estabelecimentos, área e valor bruto da produção

No Brasil existem 4.859.864 estabelecimentos rurais, ocupando uma área de 353,6 milhões de hectares. No ano agrícola 95/96, o Valor Bruto da Produção (VBP) Agropecuária foi de R\$ 47,8 bilhões e o financiamento total (FT) de R\$ 3,7 bilhões. Do total dos estabelecimentos, 4.139.369 são familiares, ocupando uma área de 107,8 milhões de ha, sendo responsáveis por R\$ 18,1 bilhões do VBP total e contaram com R\$ 937 milhões de financiamento rural. Os agricultores patronais são representados por 554.501 estabelecimentos, ocupando 240 milhões de ha. O restante é formado por aqueles estabele-

**Tabela 5 - Demonstrativo do número e da área dos imóveis rurais. Brasil e grandes Regiões.**

Unidade Geográfica / Anos	Número de Imóveis		Área Total (1.000 ha)		Evolução n°. Imóveis	Evolução Área (ha)
	1992	1998	1992	1998	1992/98 (%)	1992/98 (%)
Brasil	2.924.204	3.587.967	310.031	415.571	22,7	34,0
Norte	131.174	225.520	59.684	93.014	71,9	55,8
Nordeste	780.804	1.007.819	60.488	79.725	29,1	31,8
Sudeste	766.268	945.961	55.292	66.361	23,5	20,0
Sul	1.039.234	1.132.762	39.805	43.739	9,0	9,9
Centro-Oeste	206.724	275.905	94.762	132.732	33,5	40,1

Fonte: Estatísticas Cadastrais do INCRA

cimentos que não puderam ser enquadrados. (Tabela 6)

A análise regional demonstra a importância da agricultura familiar nas regiões Norte e Sul, nas quais mais de 50% do VBP é produzido nos estabelecimentos familiares. Na região Norte, os agricultores familiares representam 85,4% dos estabelecimentos, ocupam 37,5% da área e produzem 58,3% do VBP da região, recebendo 38,6% dos financiamentos.

Nesta região, onde se observa também o predomínio de terras restritas para o nível tecnológico primitivo (Manejo A), é comum também a ocorrência da agricultura familiar de menor nível tecnológico, de forma itinerante e com o emprego de queimadas, com forte pressão sobre os solos, que face à pequena dimensão média das propriedades, temperatura ambiente elevada e precipitação intensa, rapidamente perdem sua capacidade produtiva.



A região Sudeste é comparativamente a que apresenta o maior desequilíbrio, onde a agricultura familiar apresenta uma grande desproporção entre o percentual de financiamento recebido e a área dos estabelecimentos. Esses agricultores possuem 29,2% da área e recebem somente 12,6% do crédito rural aplicado. Ressalta-se o problema das zonas montanhosas do sudeste brasileiro que sofrem forte pressão de uso, pois os pequenos produtores característicos destas regiões, além das limitações de área disponível e mecanização das terras, são penalizados ainda pela falta de acesso ao nível financeiro requerido para adoção de tecnologias e alternativas produtivas.

A região Nordeste é a que apresenta o maior número de agricultores familiares (88,3%), os quais ocupam 43,5% da área regional, produzem 43% de todo VBP da região e respondem por apenas 26,8% do valor dos financiamentos agrícolas. Historicamente a conjugação de fortes limitações climáticas conjugadas à insuficiência de área para produção tem resultado na perda progressiva da cobertura vegetal natural, sobre exploração dos solos com conse-

qüente perda de sua capacidade produtiva dos solos, erosão e, em casos mais sérios, a desertificação.

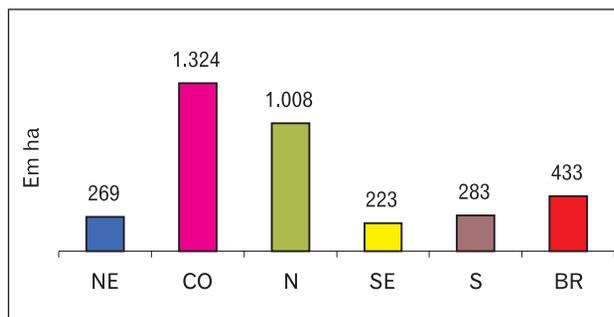
Este fato tem determinado um deslocamento do setor para terras com menor potencial de uso, com maiores riscos de sobre utilização e degradação dos recursos do solo, como efetivamente se observa pela presença de pastagens degradadas e processos erosivos nestas regiões. Na região Norte, a conjugação de temperaturas elevadas e chuvas intensas determina uma perda mais rápida do potencial produtivo dos solos, e conseqüentemente das pastagens, sendo principalmente estas as áreas ocupadas recentemente pelas lavouras. No Nordeste, face à fragilidade do bioma Caatinga este indicador é mais preocupante, face ao risco adicional de desertificação.

De forma geral, o produtor ao implantar áreas de pastagens plan-

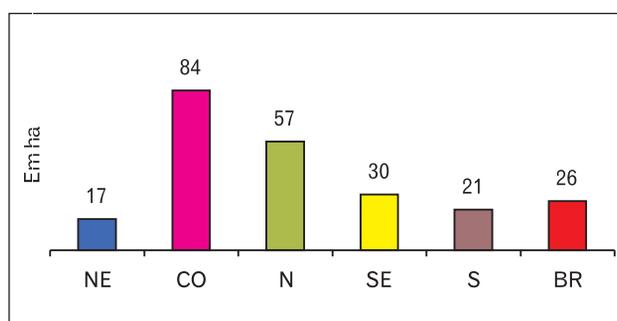
tadas, quando muito, consegue fazer a correção do solo, geralmente através da utilização de culturas de ciclo curto (milho, arroz etc.), porém não consegue ter o nível financeiro requerido para manejá-las através de adubações de manutenção e técnicas de manejo, ocasionando, geralmente, o sobrepastejo. Nesta situação, e em algumas regiões do país, ainda se observa o uso de queimadas como forma de “*manejo e recuperação*” de pastagens no período seco, geralmente com drásticos efeitos subseqüentes sobre a conservação dos solos e dos demais recursos naturais.

No caso dos bovinos, parte da produção originou-se da expansão pecuária através do aumento das áreas com pastagens, porém como as taxas de expansão apresentaram, ultimamente, sinais de estabilização, parte também é oriunda do processo de tecnicização do setor. Exemplos desta modernização não faltam no país, como programas oficiais e privados de melhoria genética do plantel nacional, que incluem inseminação artificial e transferências de embriões, integração lavoura-pecuária, confinamento e semiconfinamento, e o recente programa oficial de rastreabilidade eletrônica de animais. Como resultado, a

**Figura 4 - Área média dos estabelecimentos patronais em hectares**



**Figura 5 - Área média dos estabelecimentos familiares em hectares**



taxa de abate ou desfrute do rebanho nacional, que era de 16% em 1990, terminou a década com 23%, superior a média mundial de 20%. Estes indicadores, associados às novas ferramentas da biotecnologia para o melhoramento genético, indicam que a pecuária nacional deva manter uma tendência crescente de tecnicização, respondendo às demandas de consumo via ganhos crescentes de produtividade, sendo sua intensidade dependente de políticas

setoriais, diminuindo sua expansão em direção à Amazônia, hoje uma das principais formas de ocupação das suas terras.

A área média dos estabelecimentos familiares no Brasil é de 26 ha (**Figuras 4 e 5**), enquanto que a patronal é de 433 ha, apresentando também uma grande variação entre as regiões, relacionando-se ao processo histórico de ocupação da terra. Assim, nas regiões onde os agricultores patronais apresentam as maiores áreas médias, o mesmo acontece entre os familiares. Enquanto a área média entre os familiares do Nordeste é de 16,6 ha, no Centro-Oeste é de 84,5 ha. Entre os patronais, com uma média de 433 ha para o Brasil, na região Centro-Oeste a média chega a 1.324 ha, encontrando-se na região Sudeste a menor área entre a dos patronais, com 223 ha por estabelecimento.

A análise regional demonstra a importância da agricultura familiar nas regiões Norte e Sul, nas quais mais de 50% do VBP é produzido nos estabelecimentos familiares. Na região Norte, os agricultores familiares representam 85,4% dos estabelecimentos, ocupam 37,5% da área e produzem 58,3% do VBP da região, recebendo 38,6% dos financiamentos (**Tabela 6**).

A região Sul é a mais forte em termos de agricultura familiar, representada por 90,5% de todos os estabelecimentos da região, ocupando 43,8% da área, e produzindo 57,1% do VBP regional. Nesta região, os agricultores familiares ficam com 43,3% dos financiamentos aplicados na região. Destaca-se, também, que é nesta região que se observa agricultores familiares mais tecnicizados, adotando sistemas conservacionistas de produção, como o Sistema de Plantio Direto.

**Tabela 6 - Brasil: estabelecimentos, área, Valor Bruto da Produção (VBP) e Financiamento Total (FT)**

Categorias	Estab. Total	% Estab. s/ total	Área Total (mil ha)	% Área s/ total	VBP (mil R\$)	% VBP s/ total	FT (mil R\$)	% FT s/ total
Familiar	4.139.369	85,2	107.768	30,5	18.117.725	37,9	937.828	25,3
Patronal	554.501	11,4	240.042	67,9	29.139.850	61,0	2.735.276	73,8
Inst. Pia/relig.	7.143	0,2	263	0,1	72.327	0,1	2.716	0,1
Entid. Pública	158.719	3,2	5.530	1,5	465.608	1,0	31.280	0,8
Não identificado	132	0,0	8	0,0	959	0,0	12	0,0
<b>Total</b>	<b>4.859.864</b>	<b>100,0</b>	<b>353.611</b>	<b>100,0</b>	<b>47.796.469</b>	<b>100,0</b>	<b>3.707.112</b>	<b>100,0</b>

Fonte: INCRA - 2000. Elaboração: Projeto de Cooperação Técnica INCRA/FAO.

O Centro-Oeste apresenta o menor percentual de agricultores familiares entre as regiões brasileiras, representando 66,8% dos estabelecimentos da região, e ocupando apenas 12,6% da área regional. Nesta região, verifica-se uma intensificação do uso da terra, com forte especialização para a produção de grãos e fibras em plantios com fins industriais, bem como fruticultura e a pecuária extensiva.

### 2.3. Aspectos gerais da dinâmica de uso da terra

A variação percentual da área total utilizada no país, tendo como base os dados dos Censos de 1970 e 1996, revela uma expansão média de 28% do uso das terras, porém com grandes diferenças regionais. Assim as maiores variações nas áreas utilizadas, cobertas pelos censos, aconteceram nas regiões Norte (85%) e Centro-Oeste (62%), indicando um forte processo de expansão da agropecuária nessas regiões. No Nordeste houve um acréscimo de 17%, no Sul permaneceu quase constante, e no Sudeste um retrocesso de 5%.

Tabela 7 - Estruturas de uso da terra (em %), nos anos de 1970 e 1996, para o país e por região.

Entidade Geográfica	Ano	Lavper	Lavtmp	Pasnat	Paspla	Matnat	Matpla
Brasil	1970	3,17	12,62	49,41	11,81	22,33	0,66
	1996	2,34	13,21	24,23	30,94	27,60	1,68
Norte	1970	0,52	4,63	33,33	4,43	56,91	0,18
	1996	1,37	4,39	18,09	27,75	47,93	0,48
Nordeste	1970	7,03	14,44	39,13	10,17	29,05	0,18
	1996	4,00	17,78	30,13	18,25	29,25	0,59
Sudeste	1970	3,45	13,46	54,20	16,90	10,57	1,42
	1996	5,48	14,07	29,04	34,28	12,94	4,20
Sul	1970	3,83	27,55	44,20	8,94	14,05	1,42
	1996	1,56	31,02	33,04	16,95	12,83	4,60
Centro-Oeste	1970	0,20	4,13	64,12	13,42	17,57	0,05
	1996	0,23	7,10	17,18	44,64	30,51	0,34

Fonte: Dados do IBGE na base Agrotec, SEA/EMBRAPA.

Desagregando os dados em seis principais formas de uso, ou seja, lavouras permanentes -LAVPER, lavouras temporárias -LAVTMP, pastagens naturais- PASTNAT, pastagens plantadas -PASTPLA, matas e florestas naturais-MATNAT e matas e florestas plantadas -MATPLA e, relativizando-as pelo total da área por elas ocupadas (Tabela 7), pode-se captar os aspectos essenciais da evolução do uso do espaço nacional.

A partir das contribuições relativas, e em termos resumidos e essencialmente qualitativos, podem ser obtidas as seguintes conclusões, que descrevem as tendências produtivas das regiões brasileiras:

a) A principal mudança reside na diminuição da percentagem das áreas com pastagens nativas, conjuntamente com o crescimento da percentagem das áreas com pastagens cultivadas, o que aconteceu em

todas as regiões e, logicamente, no país;

b) Em geral, as percentagens totais de áreas com lavouras (temporárias e permanentes) mostram pequenas variações, podendo, no entanto, ser feitas algumas considerações entre os dois tipos. No país, ou seja, na média das regiões, houve um decréscimo da fração correspondente a lavouras permanentes, junto com um acréscimo da fração de lavouras temporárias, o mesmo tendo acontecido no Nordeste e no Sul. Na região Norte houve um incremento na percentagem de área com lavouras permanentes e uma pequena diminuição em lavouras temporárias. Já no Sudeste e no Centro-Oeste os dois componentes aumentaram, porém no Sudeste o aumento mais importante ocorreu nas lavouras permanentes, sendo discreto para as lavouras temporárias, enquanto que no Centro-Oeste ocorreu o contrário, ou seja, esta tende a se consolidar como a grande produtora de grãos;

c) Para as áreas com matas e florestas, na média, houve aumento tanto no componente para matas naturais, quanto no de matas plantadas. Regionalmente isso também aconteceu no Nordeste, no Sudeste e no Centro-Oeste, com diferentes graus de variação. Já no Norte e no Sul houve uma diminuição dos componentes relacionados com matas nativas, e um aumento nos de matas plantadas.

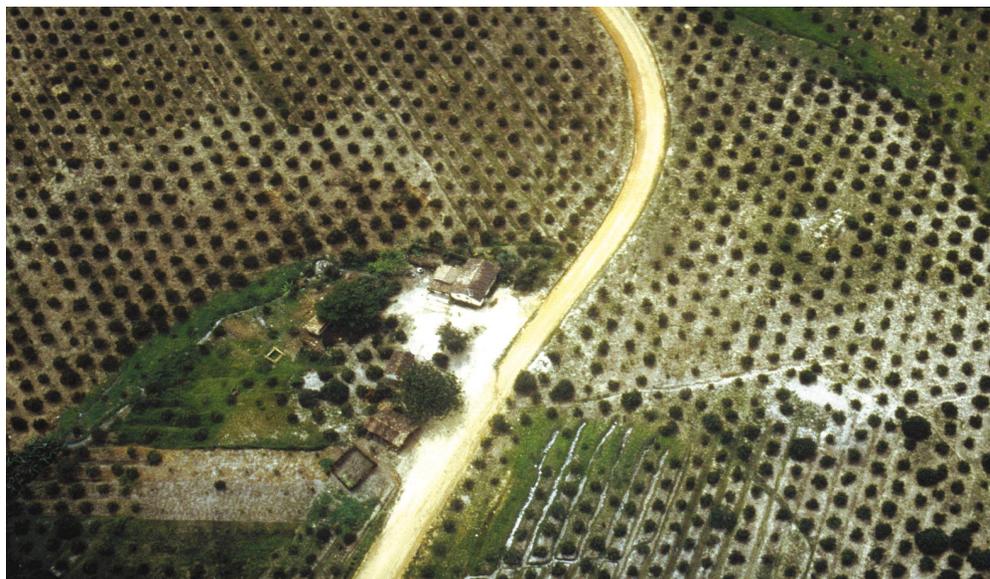
Aplicando-se aos dados um conceito de distância (de fato, métrica  $L_1$ ) entre duas estruturas para avaliar as mudanças ocorridas no uso da terra, as principais conclusões são:

- a) Tanto no país, quanto em cada região, as variações que ocorreram em termos de pastagens são muito superiores às que aconteceram nas lavouras ou nas matas e florestas, situando-se entre 65% e 85% da variação total;
- b) Na média, ou seja, para todo o país, a contribuição para a variação nas estruturas de uso é da ordem de 12% em matas e florestas, e de cerca de 3%, em lavouras;
- c) Nas regiões, a contribuição para a variação de estrutura das lavouras, ou das matas e florestas, mostra dois tipos de comportamento: nas regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste são maiores as contribuições das matas e florestas do que as das lavouras (sendo cerca de duas vezes maior no Sudeste, quatro vezes no Centro-Oeste e nove vezes no Norte); nas regiões Nordeste e Sul são maiores as contribuições das lavouras do que as das matas e florestas (sendo cerca de dez vezes maiores no Nordeste e, apenas, 30% maiores no Sul).

Em termos agregados, a distância pode ser utilizada como um indicador de dinâmica no uso da terra. Assim, considerando as distâncias calculadas, a região mais dinâmica é a do Centro-Oeste, sendo seguida pela do Sudeste, Norte, Sul e Nordeste, respectivamente.

## 2.4. A dinâmica e as transformações da agropecuária

Ao longo das décadas analisadas, constata-se que a agricultura cumpriu com eficiência seu papel na economia brasileira, ou seja, a de prover alimentos, energia, fibras e outros para a população, gerando divisas via exportação de excedentes e capital para a industrialização do país.



Grandes investimentos em infra-estrutura tornaram possível um sistema de transporte multimodal cada vez mais eficiente e barato, com efeitos catalíticos tanto na expansão como no aumento da produção agropecuária. Exportações de áreas com pouco acesso são agora possíveis a preços competitivos, como no Corredor Norte, o caminho fluvial que conecta o Rio Madeira ao Rio Amazonas através do Porto de Itacoatiara e o Corredor Centro - Norte conectando o estado de Mato Grosso ao Porto de Ponta da Madeira no Nordeste do país, permitindo ainda incorporação de novas áreas produtivas dos estados de Tocantins, Piauí e Maranhão. Nestes, como exemplo das possibilidades de transformações associadas as potencialidades das terras e vantagens comparativas, no ano agrícola de 1998 já cultivaram uma área da ordem de 210 mil hectares de soja, apresentando um potencial superior a 3 milhões de hectares, área equivalente à cultivada no estado do Rio Grande do Sul.

O desenvolvimento e uso de novas tecnologias de produção, a exemplo da agricultura, também tem sido a alternativa utilizada pelo setor ao longo do tempo, para enfrentar os problemas de rentabilidade e respostas às demandas de consumo, como indicado pelo aumento constante da produção de carnes ilustrado na **Figura 7**. Suínos e especialmente aves, tiveram ganhos de produção e produtividade excepcionais a partir da década de 1990. A agricultura brasileira atualmente é uma das mais competitivas do mundo, com amplas perspectivas de influenciar a formulação de preços internacionais.

Entretanto, as perdas e frustrações de safras em culturas temporárias em regime de sequeiro eram expressivas até a metade da década de 1990, com registros de perdas por seca da ordem de 60% e 32% por chuvas intensas nos cultivos de verão e nos cultivos de inverno, da região Sul, perdas por seca de 30%, por chuvas fortes na colheita 32% e geadas 30%.

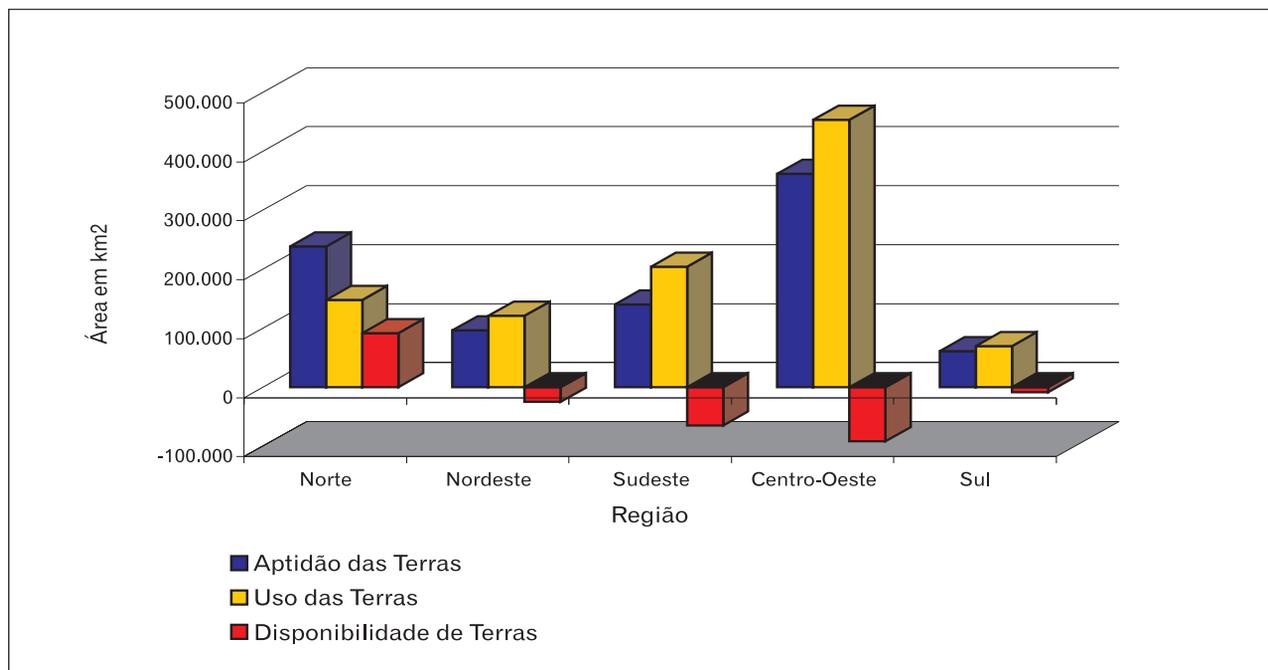
A disponibilidade tecnológica sob condição de sequeiro ainda não é completa para todos os agricultores e regiões. O Nordeste, a mais frágil das regiões e que provavelmente não terá condições de competir com as demais, sob tecnologia irrigada é favorecida pela luminosidade e temperatura, podendo ser extremamente competitiva, desde que se promova o desenvolvimento tecnológico específico para as condições ambientais locais, buscando-se níveis de produtividades economicamente mais elevados que os atuais, principalmente para o milho, arroz, feijão e algodão.

Porém a irrigação no Brasil, que passou por um período de forte expansão até o ano de 1990, apresenta atualmente um crescimento lento, embora ofereça uma série de vantagens comparativas ao processo de uso e ocupação das terras. Exemplificando, apenas 6,19% dos 38,3 milhões de hectares atualmente cultivados no país são irrigados, sendo que no mundo 17% do 1,5 bilhão de hectares utilizam a irrigação. Entretanto, a produtividade da irrigação agrícola

faz com que estes 17,7% respondam por 40% dos alimentos produzidos, sendo esta proporção ainda maior no Brasil, ou seja, 35% da produção agrícola é oriunda dos 2,87 milhões de hectares irrigados. Assim, pela sua extensão atual, e de forma geral, pelos baixos impactos causados aos solos brasileiros ao longo do tempo, a irrigação não se configura como uma forma de pressão sob os solos, e sim uma alternativa para diminuir a pressão pela ocupação e uso agrícola das terras brasileiras, via aumento de renda econômica, produção e produtividade agrícola. Para tal, é necessário estabelecer uma nova política de crédito para o setor, que equacione a maior necessidade de investimentos nesta tecnologia, o acesso ao crédito e os elevados custos financeiros atuais, permitindo ainda a participação dos pequenos produtores, um problema que passa por exigências de garantias, soluções de passivos e outros fora do domínio dos agricultores.

O rebanho bovino nacional é atualmente o segundo maior do mundo, estimado em 157 milhões de cabeças (32 milhões de leite e 125 milhões de corte), distribuídos em 1,6 milhões de estabelecimentos pecuários. Para tal, as variações com o uso da terra com pastagens, especialmente com pastagem plantada, foram extremamente superiores as demais formas de uso, revelando seu dinamismo espacial e sua importância relativa na expansão da fronteira agrícola do País.

Figura 6- Uso atual, aptidão agrícola e balanço da disponibilidade das terras aptas para pastagem plantada por região do Brasil.



Fonte: Embrapa Solos – 2002

Uma análise comparativa utilizando-se dados agregados indica que a área de pastagens plantadas somente não supera em volume de terras com aptidão para este fim na região Norte (Figura 8). Embora esta comparação não signifique necessariamente que a atividade esteja utilizando terras com menor aptidão ou mesmo inaptas, serve como indicador indireto de pressão sobre o uso da terra. Assim, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, existe a tendência de ocupação por lavouras de áreas com pastagens naturais, plantadas, degradadas ou não, face à sua menor rentabilidade comparativa.

ria para a diversificação/ordenamento agrícola, recuperação das pastagens, solos e mesmo o reflorestamento de biomas mais ameaçados.

De fato o problema da degradação das pastagens no Brasil é preocupante, face principalmente a extensão de terras atualmente utilizadas. Embora alternativas tecnológicas existam e estejam disponíveis, a baixa rentabilidade do setor geralmente determina, especialmente entre os pequenos e médios pecuaristas, um baixo uso de tecnologias de manejo dos solos e pastagens.

da camada superficial do solo é a principal forma de expressão da degradação das terras no Brasil, sendo a erosão a sua causa maior.

### 3.1. Erosão

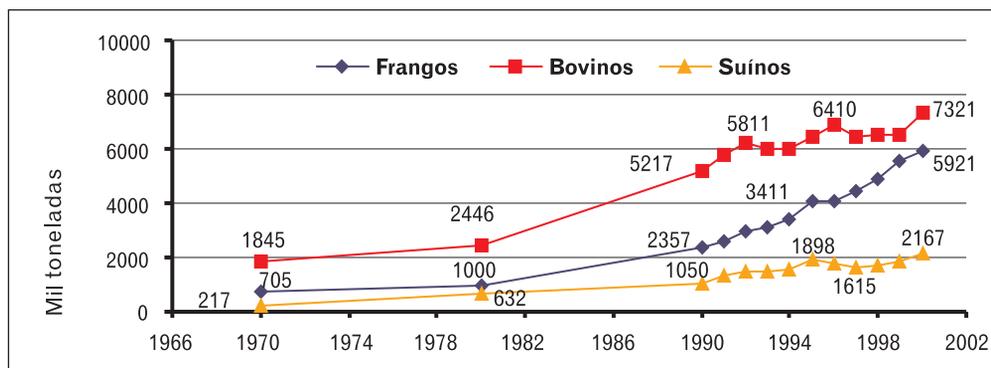
O modelo agrícola predominante no país é baseado em uso de energia fóssil, agroquímicos, mecanização intensiva e forte preocupação com a eficiência econômica, via ganhos de produtividade. Ainda hoje, utilizando o preparo intensivo do solo através de implementos como arados e grades de discos, esse modelo incrementa fortemente os processos erosivos

pela exposição do solo ao sol, à chuva, destruição de seus agregados, formação de camadas compactadas, decréscimo de permeabilidade e infiltração e, em consequência, elevação das perdas do patrimônio solo.

Assim, a erosão hídrica é a principal forma de degradação dos solos no Brasil, e

ocorre em três fases: desagregação, transporte e deposição; e suas principais formas de expressão são a laminar, sulcos e em voçorocas (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). Em 1982 estimou-se que 12,5 milhões de t de sedimentos eram depositados por ano no reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu, sendo que 4,8 milhões provinham do estado do Paraná (Derpsch *et al.*, 1991). Em São Paulo, dos 194 milhões de t de terras férteis erodidas anualmente, 48,5 milhões de t causaram assoreamento e poluição em mananciais, correspondendo a 10 kg de solo para cada 1 kg de soja, e a 12 kg

Figura 7 - Evolução da produção de carnes no Brasil.



Fonte: Embrapa - 2001 e ANUALPEC - 1999 / 2000

Uma análise expedita sobre a rentabilidade média do setor (Embrapa, 2001 – projeções não oficiais) utilizando-se dados agregados revela que os pecuaristas possuem em média 75 cabeças, que considerando uma margem líquida de 15% na atividade, resulta numa remuneração mensal de R\$ 100,00 para a sobrevivência deste médio pecuarista. Esta simulação ilustra especialmente as dificuldades dos pequenos produtores e a pressão que estes exercem sobre as terras de menor aptidão agrícola, como as que se verificam por exemplo, nas regiões montanhosas do Sudeste, e a necessidade de programas e políticas seto-

### 3. Processos de degradação da terra

Os processos de degradação estão associados a fatores edáficos, climáticos e antrópicos. A intensidade e a taxa de desenvolvimento desses processos são ampliadas pelo uso e manejo inadequados da terra (desmatamento indiscriminado, exploração acima da capacidade de suporte, uso intensivo de grades de discos no preparo do solo etc.), que expõem o solo aos fatores intempéricos induzem à destruição gradativa de suas propriedades físicas, químicas e biológicas. A perda

**Box 1 - Valoração econômica de perdas.**

A erosão gera perdas anuais correspondentes a 15,2 milhões de t de calcário dolomítico (23% de CaO) valorados em R\$563 milhões; 879 mil t de superfosfato triplo que valem R\$483 milhões e 3 milhões de t de cloreto de potássio valorados em R\$1,7 bilhões. A reposição das perdas de N e S, totalizam 5,3 milhões de t de uréia ou R\$2,77 bilhões e 995 mil t de sulfato de amônio custando R\$394 milhões. Somando-se a esses valores R\$2,06 bilhões que é o custo do adubo orgânico necessário à reposição da matéria orgânica ao solo, estima-se que a erosão hídrica gere um prejuízo total relativo às perdas de fertilizante, calcário e adubo orgânico, da ordem de R\$ 7,9 bilhões por ano.

Pode-se ainda estimar com base em diferentes autores, o efeito da erosão na depreciação da terra (Landers et al., 2001a), no custo do tratamento de água para consumo humano (Bassi, 1999), no custo de manutenção de estradas (Bragagnolo et al., 1997) e na reposição de reservatórios, decorrente da perda anual da capacidade de armazenamento hídrico (Carvalho et al., 2000). Somando-se os impactos anteriores estima-se, de forma parcial (há uma extensa relação de efeitos aqui não valorados), que a erosão promoveria R\$13,3 bilhões de prejuízos por ano (Tabela 8).

**Tabela 8 -Valoração dos impactos da erosão dos solos no Brasil.**

Categoria de impactos negativos	Total (US\$ 1 milhão)	Total (US\$ 1 milhão)
Perda de nutrientes e de matéria orgânica	3.178,8	7.947,0
Depreciação da terra	1.824,0	4.560,0
Tratamento de água para consumo humano	0,374	0,934
Manutenção de estradas	268,8	672,0
Reposição de reservatórios	65,44	163,6
<b>Total</b>	<b>5.337,4</b>	<b>13.343,534</b>

US\$ 1,00 = R\$ 2,50

Fonte: Baseado em Landers et al., 2001a; Bassi - 1999; Bragagnolo et al., 1997 e Carvalho et al., 2000

para cada 1 kg de algodão produzido (Bertolini et al., 1993). No Rio Grande do Sul, perdas anuais de 40 t ha<sup>-1</sup> de solo foram reportadas por Schmidt (1989). Em 1949, estimava-se que o Brasil perdia por erosão laminar cerca de 500 milhões de t de terra anualmente (Bertoni & Lombardi Neto, 1990) e, em 1992, relataram-se perdas anuais de 600 milhões de t (Bahia et al., 1992).

Hoje, em razão da ampliação da área agrícola, e do uso intensivo das ter-

ras, as perdas de solo por erosão se ampliaram em algumas regiões do país. Considerando a área total ocupada com lavouras (anuais e perenes) e pastagens (naturais e plantadas), relatadas no Censo Agropecuário de 1995/1996, e admitindo-se uma perda média anual de solo de 15,0 t ha<sup>-1</sup> para lavouras (Bragagnolo & Pan, 2000) e de 0,4 t ha<sup>-1</sup> para pastagens (Bertoni & Lombardi Neto, 1990), estimou-se as perdas totais anuais de solo em 822,7 milhões de t, sendo 751,6 milhões em área de lavouras e 71,1 milhões de t

devidas às pastagens. Desse total, 247 milhões de t de sedimentos por ano (ou 30%) podem ser, finalmente, depositados em estradas, rios, represas etc., acarretando prejuízos sócio-econômicos e ambientais de elevada magnitude. Valores superiores foram ainda obtidos por Vergara Filho (1994) que estimou em 1,054 bilhões de t as perdas anuais de solo para o Brasil.

Além das partículas de solo em suspensão, o escoamento superficial transporta nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas que, além de causarem prejuízos à produção agropecuária, poluem os recursos hídricos. Com base em Hernani et al. (1999) e nos dados acima descritos, estimou-se as perdas anuais de Cálcio em 2,5 milhões de t, Mg em 186 mil t, P em 142 mil t, K em 1,45 milhões t e 26 milhões de t em matéria orgânica. Admitindo-se perdas por erosão em lavouras, 863 mil t e 86 mil t, para N e S, respectivamente (Malavolta, 1992), e que tais perdas nas áreas de pastagens sejam 50% menores, estimou-se em 2,4 milhões e 239 mil t por ano as perdas totais de N e S, respectivamente.

Estabelecendo-se, com base em De Maria (1999), que as perdas de água sejam de 2.519 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para as áreas cultivadas com lavouras, e que nas com pastagens a perda média relativa seja um décimo desse valor, estima-se para a área atualmente ocupada, perdas anuais de água de 126,2 bilhões de m<sup>3</sup> em áreas de lavouras e 44,8 bilhões de m<sup>3</sup> em áreas de pastagens, num total de 171 bilhões de m<sup>3</sup> de água. Esse volume não se infiltra no solo e nem recompõe lençóis freáticos, causando enchentes nos rios e diminuição da

disponibilidade hídrica, sendo um dos fatores ocultos na recente crise energética brasileira.

O cruzamento do mapa de intensidade de uso com o de susceptibilidade das terras à erosão ilustra espacialmente estas perdas, como apresentado na **Figura 8**. Assim na região Norte, onde os solos têm alta susceptibilidade à erosão, face à elevada precipitação pluviométrica, 98% das terras apresentam baixo grau de vulnerabilidade à erosão hídrica devido principalmente à baixa ocupação agrícola das terras, enquanto na região Nordeste limitações climáticas diminuem essa vulnerabilidade em 82% das áreas. Embora apresente baixos níveis de vulnerabilidade em 78% de sua área ocupada, a região Centro-Oeste apresenta áreas extremamente críticas, como as bordas do Pantanal e as nascentes de rios importantes para as bacias do rio Amazonas e do Paraguai/Prata.

A região Sul apresenta 40% de suas terras com elevados graus de vulnerabilidade indicando que solos de maior susceptibilidade à erosão estão sendo fortemente pressionados em seu uso. Em contrapartida, desde a década de 1980 cresce, nessa região, o uso de sistemas conservacionistas de manejo do solo baseados no Plantio Direto (utilizado em 85% da área cultivada com culturas anuais) e programas de manejo integrado em bacias hidrográficas, mudando essa criticidade para uma agricultura sustentável.

Ressalta-se, ainda, a grande influência da inadequação de estradas de terra rurais e de áreas periurbanas – principalmente de loteamentos ou ocupações de populações de baixa renda, no impacto provocado pela erosão devido à má execução ou inadequada conservação (Bertolini & Lombardi Neto, 1993). Diversas projeções indicam também um agravamento da erosão em

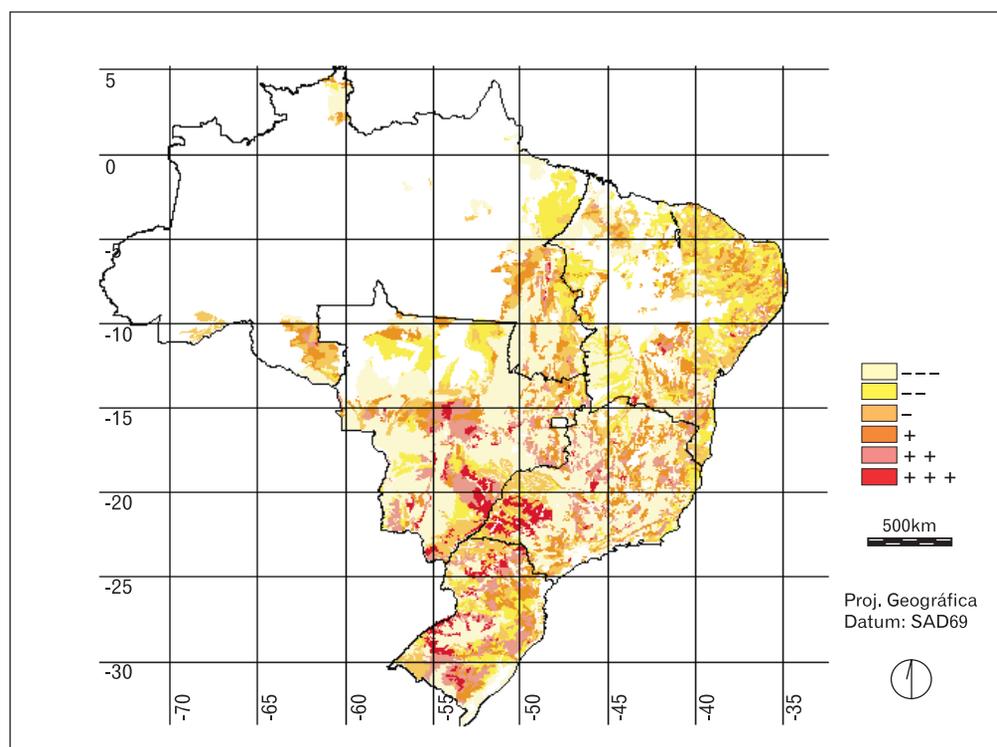
consequência das mudanças climáticas esperadas para o próximo século (Williams *et al.*, 1996 e Williams, 2000).

### 3.2. Perda de fertilidade do solo

As práticas modernas de adubação, introduzidas há mais de um século e baseadas no conceito de nutrição de plantas, contribuíram significativamente para o aumento da produção agrícola e melhoria da qualidade de alimentos, florestas e forrageiras. A elevação da fertilidade dos solos pela adubação, aliada ao melhoramento de plantas, aumentou a produtividade das culturas no período de 1970-1998, resultando na economia de utilização de terras no Brasil da ordem de 60 milhões de hectares. Esta área poderia ser ainda maior, caso a adubação fosse uma prática mais disseminada no país.

Os solos brasileiros são em geral ácidos, pobres em fósforo, cálcio, magnésio e com teores altos de elementos tóxicos (alumínio, manganês e ferro); no entanto, aplica-se muito menos fertilizante e corretivo que o recomendado. Em função da acidez excessiva, deveriam ser aplicados cerca de 75 milhões de t anuais de calcário. Embora a capacidade instalada para mineração e processamento seja atualmente de 50 milhões de t anuais, aplica-se hoje no país cerca de 15 milhões de t.ano<sup>-1</sup>, quantidade

**Figura 8 - Áreas críticas à erosão devido ao uso agrícola, resultantes do cruzamento entre a pressão de uso das terras e a suscetibilidade dos solos à erosão**



esta que pouco mudou entre 1984 e 1999. Portanto, a cada ano, cerca de 60 milhões de t de calcário deixam de ser aplicadas, resultando em menor eficiência dos fertilizantes, menor produtividade das lavouras, menor renda para os agricultores, maior perda da capacidade produtiva dos solos e, conseqüentemente, pressão sobre os recursos naturais.

Estima-se que a contribuição de fertilizantes no rendimento obtido por lavouras é da ordem de 35% a 50%. O uso de adubos minerais (fertilizantes químicos) e orgânicos (adubação verde de inverno e verão e esterco) no país é ainda muito baixo, por isso ainda não causam problemas ao ambiente (contaminação de águas subterrâneas, por exemplo) como os registrado



em países como Holanda e Alemanha. Embora responsável por  $\frac{3}{4}$  do consumo total de fertilizantes (N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ ) na América Latina, o Brasil ainda não ultrapassou o consumo de 5 milhões de t anuais (período 1970 a 1989), sendo que entre 1989 e 1999 o consumo aumentou apenas 800 mil t, atingindo 5,8 milhões de t. O consumo de fertilizante nitrogenado, entre 1970 e 1989, foi de 0,5 a 0,9 milhão de  $t \cdot ano^{-1}$  e entre 1989 e 1999 houve um aumento para cerca de 1,5 milhão  $t \cdot ano^{-1}$ .

O consumo de fertilizantes aparenta estar relacionado às condições econômicas do agricultor, pois entre 1991 e 1994 aumentou em 48%, em 1995 diminuiu 9%, entre 1995 e 1998 aumentou 35% e em 1999 decresceu 7%. As quedas no consumo relacionam-se a problemas de crédito, frustração

## o estado dos solos

de safras e baixos preços dos produtos agrícolas, enquanto os aumentos envolvem geralmente relação de troca favorável entre fertilizantes e produtos agrícolas associada a safras satisfatórias quanto à produtividade.

Dos 120 milhões de hectares sob pastagem, cerca de 80 milhões são de pastagens plantadas (~ 50 milhões de ha na região dos Cerrados; 20 milhões na Amazônia e 20 milhões na região da Floresta Atlântica), ou cerca de 10% da área total do País. Na Amazônia, a grande maioria foi estabelecida praticamente sem nenhuma adubação ficando a produtividade dependente dos resíduos das cinzas das queimadas. Nas outras regiões, a introdução foi após cultivo pioneiro de arroz ou outro cereal, ficando a produtividade dependente do efeito residual do adubo químico aplicado para o cereal. A exploração extrativista da produção animal, estabelecida em solos exauridos por outras culturas ou pela erosão, a ausência da adubação (principalmente de fósforo e nitrogênio) e o sobrepastejo são algumas das principais causas da degradação das pastagens e dos solos no Brasil.

Nessas condições, as exigências das plantas forrageiras não são atendidas, a não ser após o curto período em que as cinzas das queimadas ou a decomposição da matéria orgânica, favorecida pelo preparo recente do solo, colocam em disponibilidade alguns nutrientes. No Brasil, a adubação da pastagem nativa ou plantada é insignificante, gerando índices zootécnicos pífios. Entretanto, os efeitos benéficos da adubação são observados já no primeiro ano após a aplicação, enquanto a reposição das perdas pode melhorar em muito a eficiência da adubação, uma vez que a reciclagem é muito alta em pastagens produtivas e de qualidade.

### 3.3. Desertificação

A Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (United Nations, 2001) conceituou a desertificação como o "processo de degradação das terras das regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de diferentes fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas". Refere-se à degradação do solo, da fauna, da flora e dos recursos hídricos. As regiões de clima árido e semi-árido do Nordeste brasileiro constituem os ambientes mais susceptíveis a esses processos.

Analisando-se os dados do Zoneamento Agroecológico do Nordeste, elaborado pela (Embrapa Solos, 2001), concluiu-se que aproximadamente 1/3 da região semi-árida, ou cerca

de 353.870 km<sup>2</sup> é constituído por terras com muito baixa a baixa oferta ambiental (solos rasos, pedregosos e/ou salinos em clima árido), que estão atualmente sendo utilizadas com pecuária em regime extensivo, agricultura de subsistência e algodão, em manchas de solos de menor limitação. A conjugação desta exploração, com domínio de pequenas e médias propriedades e ocorrência comum de valores de densidade da ordem de 15-20 hab/km<sup>2</sup>, exerce uma forte pressão antrópica sobre os solos e vegetação. Como resultado, algumas dessas áreas já se encontram em processo avançado de desertificação, sendo recentemente selecionados quatro núcleos, nos municípios de Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN/PB) e Cabrobó (PE), onde os efeitos estão concentrados em pequena e delimitada parte do território (cerca de 15.000 Km<sup>2</sup>) porém com danos de profunda gravidade.

Nesse sentido, o diagnóstico básico Plano Nacional de Combate à Desertificação em elaboração pelo MMA indicou uma área total de 1.548.672 km<sup>2</sup> com algum processo de degradação, sendo que 98.595 km<sup>2</sup> encontram-se na forma muito grave.

### 3.4. Descaracterização de áreas úmidas

As áreas úmidas no Brasil somam cerca de 44,7 milhões de ha e ocupam cerca de 5% do território. Também conhecidos como solos de várzeas, são constituídos principalmente pelas classes dos Organossolos, Gleissolos e Neossolos. Apesar da pequena extensão que ocupam na superfície terrestre, são considerados de suma importância para a economia de determinadas regiões, face ao seu potencial agrícola, sendo utilizados principalmente para a produção de olerícolas, pecuária, rizicultura e a cana-de-açúcar, geralmente de forma intensiva. Esses solos, quando drenados e/ou cultivados, estão sujeitos a mudanças significativas em seus atributos. O uso intensivo e inadequado (com drenagem excessiva, por exemplo) ocasiona alterações quantitativas e qualitativas expressivas na sua matéria orgânica, decorrentes do processo de oxidação, com efeito significativo nas propriedades físicas, químicas e morfológicas, além da produtividade agrícola.

Embora não se disponha de dados oficiais, estima-se que a descaracterização desses solos seja expressiva em todas as regiões do País, decorrente da drenagem para diversos fins, como da sedimentação resultante de processos erosivos das terras altas. Um exemplo deste último processo é o que atualmente se observa na planície do Pantanal Mato-

Grossense. Obras de macro-drenagem e retificação de rios para fins de saneamento, como as realizadas nas décadas de 1960 e 1970 descaracterizaram completamente os solos originalmente classificados como Organossolos e Gleissolos em estados como o do Rio de Janeiro e Espírito Santo dentre outros. Estas obras causaram ainda aumento da salinidade ou acidificação extrema de solos sulfatados ácidos em diversos estados, com impactos ainda hoje negativos para os recursos hídricos e a ictiofauna

Embora não se disponha de dados oficiais, estima-se que a descaracterização desses solos seja expressiva em todas as regiões do país, decorrente tanto da drenagem para aproveitamento agrícola, como da sedimentação resultante de processos erosivos das terras altas. Um exemplo deste último processo é o que atualmente se observa na planície do Pantanal Mato-Grossense. Adicionalmente, obras de macro-drenagem e retificação de rios para fins de saneamento, como as realizadas nas décadas de 60 e 70, descaracterizaram completamente os solos originalmente classificados como Organossolos e Gleissolos nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e outros. Essas obras causaram ainda aumento da salinidade e/ou acidificação extrema de solos sulfatados ácidos, em diversos Estados do país, com impactos, ainda hoje, negativos para os recursos hídricos e a ictiofauna.

### 3.5. Arenização

Arenização é aqui entendida como o processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou não consolidados, que acarreta dificuldades para a fixação da cobertura vegetal, devido à intensa mobilidade dos sedimentos pela ação das águas e dos ventos. É a degradação, relacionada ao clima úmido, em que a diminuição do potencial biológico não resulta em condições de tipo deserto. O Rio Grande do Sul, com precipitação média de 1.400 mm, apresenta áreas em fase de arenização localizadas a sudoeste do estado. Os municípios envolvidos são Alegrete, Cacequi, Itaqui, Maçambará, Manoel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Francisco de Assis e Unistalda, onde os areais ocupam 3,67 km<sup>2</sup>. A esse total, são acrescidos 1.600 ha de áreas denominadas focos de arenização.

### 3.6. Salinização

A salinização, oriunda de processos naturais ou pelo uso agrícola, ocorre em cerca de 2% do território nacional estimando-se em 85.931 km<sup>2</sup> (Pereira, 1990). De uma maneira geral, a salinização está relacionada à ocorrência de solos

situados em regiões de baixas precipitações pluviais, altos déficits hídricos e com deficiências naturais de drenagem.

A prática da agricultura irrigada é uma das principais causadoras de salinização dos solos em áreas de drenabilidade deficiente à nula, especialmente nas regiões de clima semi-árido.

Nessas condições caso não sejam drenados artificialmente, os solos tendem a se tornar salinos, o que vem ocorrendo em algumas terras da região Nordeste. Nesta, a bacia do rio São Francisco é a mais importante para a irrigação e, em sua porção semi-árida, regiões do Médio, Submédio e parte do Baixo, os solos apresentam risco de salinização de muito

salinização não se configura, comparativamente, como um processo de degradação importante dos solos do país, especialmente nas outras regiões onde ocorrem condições mais desfavoráveis à salinização.

### 3.7. Queimadas

As queimadas ocorrem em todo o território nacional, em cultivo itinerante – praticado por indígenas e caboclos, ou em sistemas de produção altamente intensificados, como a cana de açúcar e o algodão, gerando impactos ambientais em escala local e regional. Elas são utilizadas em limpeza de áreas, preparação de colheita, renovação de pastagens, queima de resíduos, para eliminar pragas e doenças, como

técnica de caça etc. Existem muitos tipos de queimadas, movidas por interesses distintos, em sistemas de produção e geografias diferentes.

O fogo afeta diretamente as características físico-químicas (perda por volatilização de N e S) e biológicas dos solos, deteriora a qualidade do ar, reduz a biodiversidade e prejudica a saúde humana. Ao



alto a médio. Já no seu Alto percurso, a ocorrência de solos mais profundos, bem drenados e a precipitação pluviométrica mais elevada, determinam um risco de salinização oscilando de nulo a baixo.

Estimativas do Ministério do Meio Ambiente, realizadas em 1998, apontavam 495.000 ha irrigados no Nordeste. Desse 139.000 ha pertenciam a projetos de irrigação públicos, dos quais 2.093 ha foram salinizados e 750 ha estavam em risco de salinização. Portanto, embora não se disponha de dados sobre a salinização em áreas privadas, e mesmo considerando que esta represente um risco constante para as condições de solo e clima da região Nordeste, atualmente a

sair de controle, atinge o patrimônio público e privado (florestas, cercas, linhas de transmissão e de telefonia, construções etc.). As queimadas também alteram a química da atmosfera e influem negativamente nas mudanças globais.

### 3.8. Contaminação por resíduos urbanos, industriais e agroquímicos

Os principais impactos sobre os solos são possíveis contaminações pelo uso de defensivos agrícolas e a sobreutilização de terras de menor potencial agrícola, especialmente com pastagens.

Toda e qualquer atividade humana leva à produção de resíduos (lixo urbano e industrial, esgotos etc.) cuja disposição inadequada tem causado problemas de contaminação ambiental. Entretanto, o país não dispõe de quantificações e estudos sistemáticos sobre a contaminação de solos, oriunda dessas atividades, nem tampouco a contaminação destes pela utilização de defensivos agrícolas na agricultura.

Outra fonte de contaminação, também restrita ao entorno dos centros urbanos é o lixo urbano. Do lixo produzido, cerca de 13% é depositado em aterros controlados, 10% em aterros sanitários, 0,9% é submetido a compostagem e 0,1% é incinerado. O restante (76%) é depositado a céu aberto, nos chamados “lixões”.

Esgotos urbanos, que são um dos principais poluidores dos mananciais hídricos, também podem causar a contaminação de solos, quando despejados diretamente ou via extravasamento de rios e canais de esgotamento. Solos de várzeas nestas condições podem ser descaracterizados e/ou contaminados por agentes biológicos. Essa situação é relativamente comum nos grandes centros urbanos, onde se relata ainda o uso de irrigação, especialmente na produção de olerícolas, com águas superficiais contaminadas por esgotos de natureza diversa.

Por outro lado, o tratamento dos esgotos, que contribui para reduzir a poluição dos rios e melhorar a saúde da população, resulta na produção de um resíduo – rico em matéria orgânica e nutrientes, denominado lodo de esgoto ou biossólido, que necessita de adequada disposição final. Entre as alternativas mais usuais para tal, estão o uso agrícola e florestal (aplicação direta no solo, compostagem, fertilizante e solo sintético), que embora se apresente como uma das mais convenientes, ainda é pouco utilizada no país. Assim, mesmo considerando que este biossólido possa apresentar, em algumas situações, poluentes como metais pesados e organismos patogênicos ao homem, este não representa atualmente uma forma de descaracterização ou contaminação do solo, face ao uso quase inexpressivo no país.

Em termos de poluição, apenas os aterros sanitários oferecem certa segurança, pois utilizam critérios de engenharia e normas operacionais bastante rígidas. Nos demais tipos de disposição (lixões e aterros controlados), além da perda da camada superficial, não há impermeabilização do solo, o que implica em risco de contaminação do



subsolo e das águas subterrâneas por produtos orgânicos resultantes da decomposição da matéria orgânica contida no lixo. O uso da compostagem do lixo e do composto orgânico na agricultura, não representa riscos à descaracterização do solo, pois praticamente também não são utilizados no país.

Com relação à contaminação do solo por resíduos industriais, existem apenas registros localizados, relacionados ao entorno de centros urbanos, como a contaminação de pó-de-broca (RJ), resíduos radioativos (GO) etc. Relatos sobre impactos de chuva ácida, oriunda de emissões industriais e queima de combustíveis fósseis, são mais frequentes sobre a saúde da população e na produção agrícola, sendo o seu efeito na descaracterização do solo ainda pouco estudado.

A contaminação do solo por agroquímicos tem sido raramente estudada, sendo que as informações existentes advêm de levantamentos visando o controle da qualidade da água e alimentos. Entretanto, há uns poucos registros em situações específicas como a contaminação por cobre e zinco em áreas de horticultura e fruticultura, e compostos de atrazina em áreas de arroz irrigado, dentre outras.