

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL / ÁREA DE**  
**CONCENTRAÇÃO EM SANEAMENTO AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DOS CORDÕES DE PEDRA EM**  
**CONTORNO NA RETENÇÃO DAS PERDAS DOS**  
**NUTRIENTES POR EROÇÃO.**

**ANA MARIA GUEDES DA COSTA BEZERRA**

**FORTALEZA-CEARÁ**  
**2004**

**ANA MARIA GUEDES DA COSTA BEZERRA**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DOS CORDÕES DE PEDRA EM  
CONTORNO NA RETENÇÃO DAS PERDAS DOS NUTRIENTES POR  
EROSÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil/Área de Concentração em Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marisete  
Dantas de Aquino

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA-CEARÁ

2004

ANA MARIA GUEDES DA COSTA BEZERRA

AVALIAÇÃO DO EFEITO DOS CORDÕES DE PEDRA EM CONTORNO NA  
RETENÇÃO DAS PERDAS DOS NUTRIENTES POR EROSÃO

Dissertação submetida a Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Saneamento Ambiental, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Saneamento Ambiental.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Professora Marisete Dantas de Aquino, Dra.  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Professor Boanerges Freire de Aquino, Dr.  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Professor Demetrios Christofidis, Dr.  
Universidade de Brasília - UnB

A minha mãe, Virgínia Guedes, que tão bem me ensinou a não desistir perante as dificuldades e obstáculos da vida, e aos meus filhos, Juliana, Ana Carolina e Henrique, que são a fonte da minha alegria e satisfação.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao ser superior, Deus, que nos deu o dom da vida.

À Secretaria dos Recursos Hídricos, pela oportunidade do aperfeiçoamento.

Ao Dr. Hypérides Pereira de Macêdo, pelo estímulo, oportunidade de forma decisiva para nossa formação científica, apoio moral e amizade.

Ao Dr. João Bosco Oliveira, pela valiosa colaboração, orientação e apoio na realização deste trabalho, por meio do PRODHAM.

A Superintendência de Obras Hidráulicas pelo apoio na realização desta dissertação.

À Universidade Federal do Ceará, por tudo o que proporcionou.

À professora doutora Marisete Dantas de Aquino, pela orientação e amizade.

À Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), pelas informações fornecidas e viabilização das análises laboratoriais.

Aos professores do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Departamento de Ciências do Solo, por intermédio do professor doutor Boanerges Aquino, pelas informações transmitidas e auxílio nas análises de solo.

Aos colegas de curso, pelo convívio e amizade.

Ao colega João Edinaldo Castro, pela dedicação e auxílio no aprendizado da Hidrologia.

Às amigas Danielle Magalhães, Raimunda Moreira e Maria Auxiliadora Lima, pelos momentos, informações e ajudas compartilhadas.

A todos os colegas do PRODHAM que de alguma forma colaboraram para a feitura desta dissertação.

Ao Sr. Napoleão de Sousa Furtado, representante da comunidade, pela colaboração na execução dos trabalhos de campo.

Ao monitor de campo, Francisco Aníbal Alves Moreira, pela colaboração técnica na implantação e monitoramento do experimento.

E a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação.

*Um povo não tem a terra prometida quando não possui a fórmula da sua construção na cabeça. Um projeto que venha normalizar, modernizar e dar sustentabilidade à atividade agrícola no sertão deve, sobretudo, estabelecer outro critério para o manejo da água, do solo e da planta.*

(MACÊDO, 1996).

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
2.1 Objetivo geral.....	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>20</b>
3.1 Erosão.....	20
3.2 Áreas degradadas.....	21
3.3 Desertificação.....	23
3.4 Impactos ambientais.....	25
3.5 Erosão e suas conseqüências.....	27
3.5.1 Erosão <i>versus</i> práticas conservacionistas.....	27
3.5.2 Erosão <i>versus</i> manejo do solo.....	30
3.5.3 Erosão <i>versus</i> produtividade.....	37
3.5.4 Erosão <i>versus</i> assoreamento.....	41
3.5.5 Erosão <i>versus</i> perdas de nutrientes.....	43
3.6 Solos.....	50
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>55</b>
4.1 Caracterização da área em estudo.....	55
4.1.1 Localização e acesso.....	55
4.1.2 Aspectos gerais da microbacia do rio Cangati.....	55
4.1.2.1 Bacia hidrográfica.....	55
4.1.2.2 Aspectos climáticos.....	60
4.1.3 Balanço hídrico.....	61
4.1.4 Geologia.....	61
4.1.5 Relevo.....	62
4.1.6 Vegetação.....	63
4.2. Aspectos socioeconômicos da microbacia do rio Cangati.....	64
4.2.1 Origem e população.....	64
4.2.2 Serviços e infra-estrutura.....	65
4.2.3 Estrutura fundiária.....	66
4.2.4 Estrutura de renda familiar.....	67
4.2.5 Uso e ocupação do solo da microbacia do rio Cangati.....	67
4.2.6 Caracterização da unidade de solo trabalhada.....	68
4.2.6.1 Argissolo (Podzólico Vermelho-Amarelo).....	68
4.2.6.2 Descrição morfológica.....	69
4.2.6.3 Subclasse de capacidade de uso.....	70
4.3 Procedimento para construção dos cordões de pedra em contorno.....	72
4.4 Procedimento de coleta de sedimentos.....	78

4.5 Procedimento de análise.....	81
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>82</b>
5.1 Comportamento da granulometria dos sedimentos retidos nos cordões de pedra em contorno.....	82
5.1.1 Aspectos gerais .....	82
5.1.2 Atributos físicos.....	84
5.1.3 Atributos físicos-químicos .....	88
5.1.4 Atributos químicos.....	92
5.1.4.1 Aspectos gerais .....	92
5.1.4.2 Aspectos específicos .....	93
5.1.5 Atributos biológicos.....	99
5.2 Efeito do controle da erosão e formação natural de patamares.....	103
5.3 Regeneração da vegetação nativa.....	103
5.4 Capacidade de uso do solo.....	108
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>111</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES/SUGESTÕES .....</b>	<b>112</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>

### LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 3.1</b>	Paisagem de classificação das classes da capacidade de uso do solo.....	50
<b>FIGURA 4.1</b>	Mapa do Estado do Ceará, destacando o município de Canindé.....	57
<b>FIGURA 4.2</b>	Mapa das bacias hidrográficas do Estado do Ceará	58
<b>FIGURA 4.3</b>	Mapa hidrográfico da microbacia do rio Cangati-Canindé/CE.....	59
<b>FIGURA 4.4</b>	Mapa do levantamento semidetalhado dos solos da microbacia do rio Cangati.....	71
<b>FIGURA 4.5</b>	Levantamento topográfico e demarcação das parcelas na área em estudo.....	72
<b>FIGURA 4.6</b>	Nivelamento do terreno para construção dos cordões de pedra em contorno na área em estudo.....	73
<b>FIGURA 4.7</b>	Construção dos cordões de pedra em contorno.....	74
<b>FIGURA 4.8</b>	Afloramento rochoso existente na área em estudo.....	74
<b>FIGURA 4.9</b>	Padiola construída na área em estudo.....	75
<b>FIGURA 4.10</b>	Perfil longitudinal das parcelas da área em estudo.....	76
<b>FIGURA 4.11</b>	Processo erosivo na área da bacia do rio Cangati.....	77
<b>FIGURA 4.12</b>	Delimitação da área em estudo.....	77
<b>FIGURA 4.13</b>	Instalação das lonas plásticas nas parcelas dos cordões de pedra em contorno na área em estudo.....	78
<b>FIGURA</b>	Coletor de sedimentos na área em estudo.....	79

<b>4.14</b>		
<b>FIGURA</b>	Pluviômetro instalado na área em estudo.....	79
<b>4.15</b>		
<b>FIGURA</b>	Material coletado para análise físico-química da área em estudo.....	80
<b>4.16</b>		
<b>FIGURA 5.1</b>	Composição granulométrica do solo referente à parcela I.....	85
<b>FIGURA 5.2</b>	Composição granulométrica do solo referente à parcela II.....	86
<b>FIGURA 5.3</b>	Composição granulométrica do solo referente à parcela III.....	87
<b>FIGURA 5.4</b>	pH, umidade, densidade e condutividade elétrica referente à parcela I.....	88
<b>FIGURA 5.5</b>	pH, umidade, densidade e condutividade elétrica referente à parcela II.....	90
<b>FIGURA 5.6</b>	pH, umidade, densidade e condutividade elétrica referente à parcela III.....	91
<b>FIGURA 5.7</b>	Capacidade de troca catiônica referente à parcela I.....	94
<b>FIGURA 5.8</b>	Capacidade de troca catiônica referente à parcela II.....	95
<b>FIGURA 5.9</b>	Capacidade de troca catiônica referente à parcela III.....	96
<b>FIGURA</b>	Composição dos micronutrientes referente à parcela I.....	97
<b>5.10</b>		
<b>FIGURA</b>	Composição dos micronutrientes referente à parcela II.....	98
<b>5.11</b>		
<b>FIGURA</b>	Composição dos micronutrientes referente à parcela III.....	99
<b>5.12</b>		
<b>FIGURA</b>	Composição química e biológica referente à parcela I.....	100
<b>5.13</b>		
<b>FIGURA</b>	Composição química e biológica referente à parcela II.....	101
<b>5.14</b>		
<b>FIGURA</b>	Composição química e biológica referente à parcela III.....	102
<b>5.15</b>		
<b>FIGURA</b>	Regeneração da vegetação nas parcelas da área em estudo.....	105
<b>5.16</b>		
<b>FIGURA</b>	Regeneração da vegetação na parcela I da área em estudo.....	106
<b>5.17</b>		
<b>FIGURA</b>	Regeneração da vegetação na parcela II da área em estudo.....	107
<b>5.18</b>		
<b>FIGURA</b>	Regeneração da vegetação na parcela III da área em estudo....	107
<b>5.19</b>		
<b>FIGURA</b>	Capacidade de uso do solo antes da prática conservacionista dos cordões de pedra em contorno.....	109
<b>5.20</b>		
<b>FIGURA</b>	Capacidade de uso do solo depois da prática conservacionista dos cordões de pedra em contorno.....	109
<b>5.21</b>		
<b>FIGURA C</b>	Exemplo de uma área degradada, na microbacia do rio Cangati-Canindé-Ce. 2002.	150

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 3.1</b>	Classe de capacidade de uso.....	51
<b>TABELA 3.2</b>	Subclasse de capacidade de uso.....	52
<b>TABELA 3.3</b>	Classes de profundidade dos solos.....	52
<b>TABELA 3.4</b>	Grupamentos texturais.....	52
<b>TABELA 3.5</b>	Classes de drenagem.....	53
<b>TABELA 3.6</b>	Classes de reação.....	54
<b>TABELA 4.1</b>	Principais espécies verificadas na área em estudo.....	64
<b>TABELA 4.2</b>	Composição das famílias de Iguaçu-Canindé/CE por sexo e faixa etária.....	65
<b>TABELA 4.3</b>	Estrutura fundiária de Iguaçu-Canindé/CE.....	66
<b>TABELA 4.4</b>	Pesagem dos sedimentos retidos nos cordões de pedra em contorno.....	80
<b>TABELA 4.5</b>	Métodos empregados na determinação dos parâmetros Físicos e químicos do solo.....	81
<b>TABELA 5.1</b>	Espécies verificadas por parcela da área em estudo.....	104
<b>TABELA A.1</b>	Pluviometria durante amostragem .....	124
<b>TABELA A.2</b>	Dados pluviométricos dos últimos 30 anos.....	124
<b>TABELA A.3</b>	Balanço hídrico.....	125
<b>TABELA A.4</b>	Estrutura da renda familiar de Iguaçu-Canindé/CE.....	126
<b>TABELA A.5</b>	Espaçamento utilizado para terraços e cordões de pedra.....	127
<b>TABELA B.1.1</b>	Resultados das análises físicas e químicas da amostra <i>in situ</i> do perfil nº 01.....	130
<b>TABELA B.1.2</b>	Resultados das análises físicas e químicas da amostra <i>in</i>	

	<i>situ do perfil nº 02</i> .....	131
<b>TABELA B.1.3</b>	Resultados das análises físicas e químicas da amostra do sedimento da área em estudo, 2002.....	132
<b>TABELA B.1.4</b>	Resultados das análises físicas e químicas da amostra do sedimento da área em estudo, 2003.....	133
<b>TABELA B.1.5</b>	Resultados das análises físicas e químicas da amostra do sedimento da área em estudo, 2004.....	134
<b>TABELA B.1.6</b>	Classificação dos solos afetados por sais.....	135
<b>TABELA B.2.1</b>	Relação adimensional da composição granulométrica do ano I.....	136
<b>TABELA B.2.2</b>	Relação adimensional da composição granulométrica do ano II.....	137
<b>TABELA B.2.3</b>	Relação adimensional da composição granulométrica do ano III.....	138
<b>TABELA B.2.4</b>	Relação adimensional da composição física-química do ano I.....	139
<b>TABELA B.2.5</b>	Relação adimensional da composição física-química ano II.....	140
<b>TABELA B.2.6</b>	Relação adimensional da composição física-química do ano III.....	141
<b>TABELA B.2.7</b>	Relação adimensional da composição química do ano I.....	142
<b>TABELA B.2.8</b>	Relação adimensional da composição química do ano II.....	143
<b>TABELA B.2.9</b>	Relação adimensional da composição química do ano III....	144
<b>TABELA B.2.10</b>	Relação adimensional da composição química-biológica do ano I.....	145
<b>TABELA B.2.11</b>	Relação adimensional da composição química-biológica do ano II.....	146
<b>TABELA B.2.12</b>	Relação adimensional da composição química-biológica do ano III.....	147
<b>TABELA B.2.13</b>	Resultados da relação adimensional da composição química e biológica (matriz 1).....	148
<b>TABELA B.2.14</b>	Resultados da relação adimensional da composição química e biológica (matriz 2).....	149

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACES

Ca	Cálcio
CTC	Capacidade de troca catiônica
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EMATERCE	Empresa de Assistência técnica e Extensão Rural do Ceará
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S.A.
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
ha	hectares
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio
P	Fósforo
PRODHAM	Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental
K	Potássio
SBCS	Sociedade Brasileira de Ciências dos Solos
SRH	Secretaria dos Recursos Hídricos
UFPA	Universidade Federal da Paraíba
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## RESUMO

A erosão hídrica é uma das principais causas do empobrecimento dos solos, por causa do carreamento dos nutrientes, o que ocasiona as perdas de nutrientes e matéria orgânica. O uso de sistemas de manejos de solo inadequados intensifica ainda mais estas perdas, principalmente quando são luvisolos que apresentam de moderada a alta erodibilidade e pequena profundidade efetiva. Para a retenção destes nutrientes e melhoria de suas propriedades, foi usada a prática conservacionista de cordões de pedras em contorno. O experimento foi executado em Canindé (CE), no período de janeiro de 2002 a maio de 2004, em uma área trabalhada pelo PRODHAM, na comunidade de Lajes. A área trabalhada é de 673m<sup>2</sup>, dividida em três parcelas por meio dos cordões de pedra em contorno, a parcela I com cobertura vegetal, feito um roço, a parcela II com mobilização do solo por aração com cultivador e a parcela III com cobertura vegetal natural, com declividades de 4,6%, 7,23% e 9,64%, respectivamente. No experimento, foram avaliadas as alterações dos elementos físicos e químicos do solo, visando a verificar o benefício propiciado por este tipo de prática agrícola. Foram analisadas as mudanças nas propriedades físicas, químicas, biológicas e topográficas da área, como profundidade efetiva, água disponível, matéria orgânica, soma das bases, capacidade de troca de cátions e pequenas camadas de sedimentos, iniciando o nivelamento do terreno e a regeneração da vegetação nativa. Finalmente, foram examinadas as possibilidades de significativa concentração de nutrientes na zona de contorno a montante do cordão, quando da incorporação de adubos nas parcelas.

**Palavras-chaves:** erosão, manejo de práticas conservacionistas, cordões de pedra em contorno, retenção de nutrientes.

## ABSTRACT

Water erosion is a major cause of soil impoverishment, due to nutrient transportation leading to the loss of nutrients and organic matter. Use of inadequate soil management systems aggravates such losses, especially in the case of luvisols, which present a moderate to high erodibility and small effective depth. To retain such nutrients and improve their properties, the conservational practice of surrounding stone strings was adopted. The experiment was carried out in Canindé (CE), in the period from January 2002 through May 2004, in an area covered by PRODHAM in Lajes community. That area measures 673 m<sup>2</sup>, and is divided into three plots by surrounding stone strings: plot I with superficially cleaned vegetative cover; plot II with soil mobilization by ploughing cultivator; and plot III with natural vegetative cover, at declivities of 4.6%, 7.23% and 9.64%, respectively. The experiment evaluated the changes to physical and chemical soil elements to verify the benefit provided by that type of agricultural practice. Changes to physical, chemical, biological, and topographic of the area, such as effective depth, available water, organic matter, sum of bases, cation exchange capacity, and small sedimentary layers leading to soil leveling and native vegetation regeneration were analyzed. Finally, possibilities of significant concentration of nutrients in the surrounding zone upstream to the stone string at the application of fertilizers to plots were also evaluated.

**Key words:** erosion, conservational practice management, surrounding stone strings, nutrient retention.

## 1 INTRODUÇÃO

A formação histórica do povo cearense onde predominaram os tipos mameluco (do colono) e o índio estão ligada a sua vocação para a atividade de vaqueiro rural, combinado com a pecuária extensiva. Foi, com efeito, produzido um modelo antrópico com práticas predadoras em relação a reservas naturais. A cultura do sertanejo no passado, muito arraigada à agricultura de sobrevivência e ao consumo interno sem qualquer preocupação de competitividade, tecnologia e práticas conservacionistas, pouco contribuiu para estabelecer a melhoria dos padrões agrícolas. Ao contrário, promoveu a degradação das áreas pelo desmatamento, queimadas, erosão, redução e empobrecimento da camada do solo, afloramento do embasamento cristalino, deslocamento e transporte de sais pela chuva e salinização dos recursos hídricos.

Na região semi-árida do Nordeste brasileiro, a ausência de práticas conservacionistas e a alta intensidade das chuvas que se concentram na fase de preparo dos solos, especialmente os rasos e com baixos teores de matéria orgânica, como litólicos, intensificam sobremaneira, os processos erosivos. As elevadas taxas de erosão que ocorrem têm provocado, ao longo dos anos, redução da área agricultável, baixo rendimento das culturas, assoreamento de rios e reservatórios, enchentes e danos às estradas, prejudicando o transporte dos insumos e a produção agrícola. Em consequência, agravam-se os prejuízos à produtividade do solo, à integridade do meio-ambiente e à rentabilidade do produtor (SILVA, 1995).

Segundo Ramos e Marinho (1981), a destruição da caatinga na região semi-árida do Nordeste do Brasil contribuí para acelerar a erosão do solo, trazendo como conseqüências o seu empobrecimento e o assoreamento de mananciais. Apesar da capacidade de recuperação da caatinga e da dinâmica natural da renovação da flora xerófila, é importante considerar a alta dependência do sertanejo do trabalho no campo, pois 40% do emprego no semi-árido são de origem rural, uma vez que também a densidade da população campesina é considerada elevada, cerca de 30% do total de habitantes do Estado do Ceará.

Para modificar este processo desertificador e propiciar uma mudança, que inclusive permita maior convivência com o fenômeno climático da seca, o trabalho do PRODHAM-Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental visa a avaliar a experiência relacionada com os “cordões de pedra”, promovendo ao mesmo tempo o nivelamento

relativo do terreno, por meio de terraceamento, patamares e implantação de cortinas compostas de pedra arrumada.

Estas obras típicas de conservação de solo são um poderoso instrumento de recuperação de áreas degradadas. Elas produzem a retenção do solo durante as chuvas e ampliam a camada de solo pelo transporte controlado entre as cortinas de pedra. Uma importante consequência direta desta ação natural, é a retenção dos nutrientes minerais e orgânicos, pela incorporação da massa verde dos cultivos. Outras vantagens adicionais são também relevantes como a manutenção da umidade no terreno guardada na camada inferior do solo, e que é capaz de abastecer a planta de água por submersão capilar em contato com a raiz, vencendo assim os freqüentes períodos de veranico da região.

Tudo isto conduz a um aumento na produtividade dos cultivos implantados nestas áreas com melhoria dos padrões agrícolas.

É fundamental considerar que estas áreas degradadas coincidem com as zonas mais carentes do sertão, pois as opções de emprego são bastante limitadas e naturalmente as pessoas são as mais pobres.

Uma simples padiola<sup>1</sup>, contudo, movimentada por uma mão-de-obra desqualificada e uma tarefa comum de recolher pedras, que não faltam no sertão cristalino, poderá criar emprego, reverter o pedradismo antrópico, transformar o homem pobre do sertão de desertificador e fomentador da degradação natural em conservador do meio físico. E, neste caso específico, a política ambiental poderá ser uma fonte geradora de emprego e renda.

Estudos preliminares desenvolvidos por Silva e Paiva (1985 apud SILVA, 1995) anunciavam que os cordões de pedra em contorno constituiriam promissora técnica antierosiva, a partir de observações de redução do assoreamento em reservatórios de água, alertando para os benefícios que os sedimentos retidos por essa prática poderiam proporcionar, em curto prazo, na melhoria das propriedades dos solos litólicos.

---

<sup>1</sup> Espécie de tabuleiro retangular, com quatro varais, usados para transporte. (FERREIRA, 1988)

Os cordões de pedra em contorno segmentam o comprimento dos declives, fazem diminuir o volume e a velocidade das enxurradas, forçam a deposição de sedimentos nas áreas onde são construídos e formam patamares naturais. Em consequência, provocam aumento na profundidade efetiva do solo e diminuem os desgastes provocados pela exportação de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica, melhorando a condição de infiltração e o armazenamento de água para as plantas (ROSSO, 1982).

O aproveitamento conveniente e adequado das terras de qualquer região requer o conhecimento de suas características e potencialidades, permitindo-se, assim, projetar-se a sua utilização das mesmas, de tal forma a conseguir a maximização dos resultados esperados e, simultaneamente, preservar sua integridade. Para tanto, os estudos de levantamento, classificação e distribuição espacial dos solos são de primordial importância no que concerne ao planejamento racional e sustentado das atividades que dizem respeito ao setor primário da economia. Por outro lado, a escassez de dados básicos disponíveis aos planejadores implica, de uma forma ou de outra, resultados desfavoráveis tanto do ponto de vista ecológico como do econômico/social, comprometendo o aproveitamento de áreas, muitas vezes extensas, para as gerações futuras.

O PRODHAM reúne todas as condições para ser uma atividade viável no plano social, econômico e ambiental; visto que constitui um dos projetos-piloto prioritário do Governo do Ceará na busca de formas de promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos e das populações rurais do Estado. É coordenado pela Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH, com o apoio financeiro do Banco Mundial (empréstimo 4531- BR) e visa globalmente desenvolver, em caráter piloto experimental, ações articuladas e sustentáveis de recuperação/preservação dos recursos ambientais e de desenvolvimento socioeconômico no âmbito dos biomas/regiões e comunidades rurais das microbacias hidrográficas dos rios Cangati, Batoque, Pesqueiro e Candeias situadas, respectivamente, nos Municípios de Canindé, Paramoti, Aratuba e Aracoiaba, e região microhomogênea 64 (sotavento da serra do maciço de Baturité) e região microhomogênea 65 (barlavento da serra do maciço de Baturité) do Estado.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Estabelecer prática de manejo e conservação da água e do solo, por meio da aplicação dos cordões de pedra em contorno, viabilizando a sustentabilidade dos recursos naturais com o meio ambiente e elevando a produção agrícola com o intuito de garantir maior renda ao produtor rural.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a eficiência dos cordões de pedra em contorno na recuperação da vegetação nativa em áreas sob sua proteção, quando comparadas às áreas onde predominam os processos de remoção e transporte de sedimentos.
- Comprovar que esta prática milenar é capaz de criar microáreas verdes em zonas atualmente erodidas.
- Disponibilizar novas áreas para o desenvolvimento de uma agricultura de baixo custo e conivente com a seca.
- Avaliar a importância dos cordões de pedras em contorno para a formação de manchas pontuais de solo transportado pela água pluvial.
- Acompanhar a modificação do micro-relevo da faixa de solo compreendida entre dois cordões de pedras sucessivas, em relação à progressão da profundidade do solo.
- Observar a característica físico-química do solo onde essa técnica conservacionista foi aplicada.
- Verificar as perdas de nutrientes das zonas erodidas e a retenção nas áreas de barramentos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Erosão

A erosão das terras agrícolas data de alguns séculos antes da Era cristã e, praticamente, coincide com a época em que o homem começou a explorar o solo mais intensamente para dele tirar seu sustento. O fator mais agravante da erosão do solo é o seu uso inadequado, feito de maneira errônea e até mesmo negligente (VIEIRA, 1977).

Denomina-se erosão o deslocamento e o transporte de partículas do solo, matéria orgânica, elementos químicos e nutrientes minerais para lugares onde dificilmente serão utilizados. Considerou-se os tipos de erosão são quanto à origem, geológica e acelerada, e, quanto ao agente, eólica e hídrica (HOLANDA, 1999).

A erosão do solo pode ser definida como “[...] um processo acelerado de desagregação, transporte e deposição das partículas de solo pela ação da água, vento ou gelo, fortemente influenciado pela ação do homem” (EPAGRI, 1994). Ao destruir as matas, ao usar o fogo e ao cultivar a terra sem maiores cuidados, o homem permitiu que a chuva caísse em solos desprotegidos. E as enxurradas passaram a levar a camada fértil do solo para os vales e os leitos dos rios, em que o principal culpado é o homem (PETROBRÁS, 1986).

A erosão é o fenômeno de desgaste e arrastamento das partículas do solo, pela águas de chuvas ou pelos ventos, denominando-se hídrica e eólica, respectivamente. No Brasil, o tipo de erosão que se considera de maior interesse para estudos e trabalhos conservacionistas é a ocasionada pelas águas de chuvas (AMARAL, 1978).

A erosão hídrica é uma das principais causas do empobrecimento dos solos, por causa do transporte de nutrientes. Os nutrientes são transportados pela erosão hídrica adsorvidos aos colóides do solo e ou solubilizados, podendo variar com o sistema de preparo do solo (SCHICK et al., 2000).

De acordo com a EPAGRI (1994), o processo erosivo que ocorre no solo tem como causa inicial o impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície descoberta,

onde inicia a “desagregação”. É a primeira grande fase da erosão. A desagregação das partículas de solo em frações menores faz com que estas, ao se acomodarem junto à superfície, obstruam os poros, formando-se uma película com baixa condutividade hidráulica saturada (0,02 a 2,00mm/hora), resultando em taxas de infiltração muito reduzidas e altas taxas de escoamento superficial, causando o “transporte” das partículas, que é a segunda grande fase do processo erosivo; A terceira fase do processo é a deposição das partículas de solo, que forma o enchimento do leito de rios, barragens, baixadas, além de poluição .

A erosão é tida como responsável por 80% dos problemas de alteração da qualidade da água em microbacias, sendo um processo grandemente afetado pelas atividades agrícolas. Cerca de 90% do sedimento produzido pela erosão de áreas de exploração agrícolas são o resultado de abertura e utilização de estradas e carreadores (RANZINI e LIMA, 2002).

De acordo com Corrêa (1987), a queima da vegetação, que persiste nestes mais de 500 anos de ocupação do solo brasileiro, ocasiona aos recursos naturais danos que se tornarão muito onerosos no futuro próximo. A queima proporciona o deslocamento para a atmosfera de elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas como o nitrogênio, fósforo e potássio, além de que os terrenos ficam descobertos e, na ocorrência de chuvas, estas atuam diretamente sobre o solo, intensificando a erosão hídrica.

### 3.2 Áreas degradadas

Um dos maiores desafios do homem é utilizar-se de forma equilibrada dos recursos naturais. Na intensa busca de tirar da natureza os meios para seu sustento e desenvolvimento, o homem, com freqüência, provoca degradação ambiental, comprometendo a vida futura (REIS, ZAMBONIN e NAKAZONO, 1999).

Reichmann Neto (1993), identifica a degradação como sendo a alteração das características originais de uma área, em função de causas naturais ou pela ação do homem. Existem diferentes graus de degradação, desde o mais leve, como o desmatamento, até o mais profundo, como cavas de mineração.

Para Rodrigues (1987 apud LEITE et al, 1993), a degradação conduz ao empobrecimento generalizado dos ecossistemas podendo culminar, particularmente, nas áreas de climas áridos, semi-áridos e sub-úmidos secos com a incidência dos processos de desertificação.

A degradação ambiental resulta principalmente da intervenção humana nos ecossistemas, para fins de desenvolvimento. A implantação de qualquer obra, contudo, deve ser cercada por um plano multidisciplinar, de tal forma a minimizar os impactos negativos sobre os meios físicos, bióticos e antrópico, como também preservar as qualidades das áreas limítrofes ao empreendimento e, além disso, recuperar e reabilitar, em níveis satisfatórios, as áreas diretamente afetadas (GALVÃO, 2002).

As áreas são descritas como degradadas quando suas condições edáficas e sua riqueza biótica foram reduzidas, pela atividade humana ou por causas naturais, a um nível em que sua habilidade em satisfazer certos usos tenha declinado. Geralmente, a degradação ocorre quando algumas características do ecossistema (tais como: material orgânico, nutrientes do solo, sementes, biomassa, etc.) tenham sido reduzido até o ponto em que os *inputs* naturais não podem retorná-la ao estado em que estavam antes da degradação (ROSADO, 2002).

Em termos de extensão, as atividades agropecuárias são as principais degradadoras do solo. O pastoreio excessivo provoca empobrecimento e compactação do solo, deixando-o propenso ao estabelecimento de processos erosivos. As práticas agrícolas, sem a adoção de medidas de conservação, também contribuem para a queda da qualidade das características físicas, químicas e biológicas do solo (BOTELHO et al., 2002).

A pressão demográfica no semi-árido do Nordeste do Brasil tem exigido crescente demanda de produtos agrícolas e florestais, condicionando um rápido incremento da produção agrícola, o qual tem sido feito às custas do desmatamento indiscriminado da caatinga com conseqüente degradação do solo. O desmatamento indiscriminado para a formação de novas lavouras, aliado à retirada de madeira para benfeitorias, lenha, carvão e às queimadas sucessivas com manejo inadequado do solo, tem contribuído, juntamente com as secas prolongadas, para comprometer o frágil equilíbrio ecológico dessa região. Assim, a destruição da caatinga na região semi-árida do Nordeste do Brasil tem contribuído para acelerar a erosão do solo, trazendo, como conseqüências, o seu empobrecimento e o assoreamento de mananciais (RAMOS; MARINHO, 1981; MENDES, 1986).

De acordo com Albuquerque et al. (2001) estudando o efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um luvisolo em Sumé (PB), provocadas por chuvas erosivas, com os dados relativos aos anos de 1983-1990 obtidos na Estação Experimental de Sumé (PB), pertencente à Universidade Federal da Paraíba-UFPB, com os tratamentos que consistiram de duas parcelas desmatadas, uma parcela com caatinga nativa, uma parcela com caatinga nova, duas macroparcelas com caatinga nativa e duas macroparcelas desmatadas. Nas parcelas desmatadas, as perdas de solo foram de 61,7 e 47,7 t ha<sup>-1</sup> e as perdas de água de 224,2 e 241mm. A parcela com caatinga nativa, quando comparada com a parcela desmatada, reduziu a perda de solo em cerca de 98% e a perda de água em torno de 73%. Nas macroparcelas desmatadas, foram observadas perdas anuais de solo de 31 e 26 t ha<sup>-1</sup> e de água de 151,3 e 131,5mm. Nas macroparcelas com caatinga, houve uma redução de aproximadamente 99% das perdas de solo e 90% das perdas de água, em relação as macroparcelas desmatadas. A caatinga nativa, tanto nas parcelas quanto nas macroparcelas, proporcionou um aumento considerável da infiltração de água no solo, contribuindo para reduzir a erosão hídrica.

A compactação do solo é uma característica presente em quase todas as áreas degradadas. Segundo Seixas (1988), a compactação é o ato de forçar a agregação das partículas do solo e, por sua vez, reduzir o volume por elas ocupado. Castro (1995) acentua que a compactação reduz o desenvolvimento da planta, seja por falta ou excesso de água e/ou por deficiência na nutrição.

### 3.3 Desertificação

Desertificação significa a degradação da terra em zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas, secas resultante de vários fatores, que incluem variações climáticas e atividades humanas, segundo Ferreira, et al., 1994. Mais especificamente, a desertificação deve ser entendida como um fenômeno integrador de processos econômicos, sociais e naturais e/ou induzidos que destroem o equilíbrio do solo, da vegetação, do ar e da água, bem como a qualidade de vida humana, nas áreas sujeitas a aridez edáfica e/ou climática. Como causas mais freqüentes da existência deste fenômeno, podem ser indicadas algumas atividades humanas: sobrepastoreio, irrigação, desmatamento, mineração e cultivo excessivo (RODRIGUES, 1987).

Desde a Conferência das Nações Unidas, em Nairobi-Quênia em 1977, a desertificação passou a ser considerada como uma seqüência de modificações regressivas do solo, da vegetação e do regime hídrico, conduzindo à deterioração biológica dos ecossistemas em conseqüência de pressões criadas por fatores climáticos e pelas atividades do homem agindo em conjunto ou separadamente (VASCONCELOS, 1978).

A desertificação está presente em aproximadamente 70% de todas as terras áridas ou 3.6 bilhões de hectares (73% das áreas de pastagens, 47% da área total de agricultura de sequeiro e 30% das terras irrigadas), representando 25% das terras do planeta (UNEP, 1991).

De 1950 a 1980, os solos agricultáveis passaram de 0,48 para 0,32 hectares *per capita* e para o ano 2000 aproximadamente, 0,25 hectares *per capita*. Com isto, a cada ano são acrescentados ao total de terras já fortemente afetadas pela desertificação 6 bilhões de hectares em todo o mundo e os custos diretos desta destruição chegam aos 26 bilhões de dólares anuais (POTER e IBRAWN, 1991). Esta degradação ameaça cerca de 135 bilhões de pessoas diretamente afetadas pelo decréscimo da produtividade agrícola associada com os processos de desertificação.

Considerando-se que a totalidade do semi-árido brasileiro situa-se no Nordeste, é esta região do País que oferece maior vulnerabilidade à incidência da desertificação. Esse fato é mais evidente diante das limitações dos recursos naturais da região e das condições inadequadas de sua exploração (LEITE et. al., 1993).

O problema das áreas desertificadas no Brasil atinge não só a zona semi-árida como a sub-úmida-seca, com um total de 1 milhão de quilômetros quadrados, localizados nas regiões nordeste e norte do Estado de Minas Gerais (CORRÊA, 1987).

O Estado do Ceará apresenta níveis de degradação ambiental inequivocamente preocupantes, pode-se estimar que 15.128,5 Km<sup>2</sup> equivalentes a 10,2% de sua superfície total são susceptíveis aos processos de desertificação . As áreas mais afetadas situam-se no Município de Irauçuba e nas regiões dos Inhamuns/Sertões de Crateús e Médio Jaguaribe (LEITE et. al., 1993).

As causas da desertificação no Nordeste, quase sempre se referem ao uso inadequado dos recursos, a práticas inapropriadas do uso do solo e principalmente, aos modelos de desenvolvimento regionais imediatistas, agravados pela existência de secas periódicas.

Na agricultura itinerante, típica do Nordeste brasileiro, o agricultor volta a desmatar as áreas em tempo cada vez menor. Tal procedimento dificulta o restabelecimento da fertilidade do solo; há grande mortalidade de plantas quando ocorrem secas, tornando o ecossistema cada vez mais frágil para a sobrevivência do homem ou contribuindo para acelerar o processo de desertificação (HOLANDA, 1999).

As ações para combater a desertificação implicam influir na dinâmica ambiental, no comportamento social, econômico e político da sociedade. O Código Florestal Brasileiro proíbe o desmatamento nas áreas de nascentes dos cursos d'água, margem de rios, lagos e açudes, parques florestais nacionais, estaduais e municipais, áreas com espécies vegetais em via de extinção e declividades  $\geq 100\%$  (BRASIL, 1965). O seu cumprimento garantiria a sustentabilidade das atividades agrícolas, de acordo com ANEXO C (Código Florestal Brasileiro).

### 3.4 Impactos ambientais

A mecanização agrícola por intermédio de tecnologias inadequadas constituiu, sem dúvida, um dos principais agentes da degradação ambiental, não só da área em estudo, como também do Estado como um todo. A característica principal dessa tecnologia foi a dominância dos processos mecânicos de manejo do solo decorrente da ênfase dada para promover a cultura do algodão.

Nos estádios iniciais de expansão da agricultura mecanizada, as práticas de preparo do solo incluíam a queima dos restos culturais, seguida do uso intensivo de grades de discos, que promoviam a decomposição acelerada da matéria orgânica e intensificavam a desagregação de partículas na superfície do solo. A formação de camadas compactadas abaixo da superfície desagregada tornou-se problema comum e, dentre outros efeitos, passou a restringir o desenvolvimento das raízes e o

estabelecimento das culturas a reduzir a capacidade de infiltração de água no solo e facilitar o processo de erosão laminar, mesmo nas terras de melhor aptidão para uso agrícola (MUZILLI, 2002).

As características de solo que influenciam sua erodibilidade podem ser aquelas que afetam a infiltração e a permeabilidade e as que conferem maior resistência à dispersão, desagregação, abrasão e forças de transporte da chuva e do escoamento (BISCAIA, 1977).

A capacidade de infiltração de um solo é determinada pelo número e tamanho dos poros não capilares na superfície, e qualquer atividade que afete estas características influirá também na infiltração. As partículas menores, desagregadas pelo impacto das gotas da chuva, obstruem e diminuem o tamanho e volume dos poros não capilares (LASSEN et al., 1987).

Um fator que afeta consideravelmente a distribuição dos tamanhos dos poros é a compactação do solo. Ela atua principalmente sobre o volume de macroporos. Oliveira (1967) observou uma diminuição nos macroporos de amostras de camadas de solo compactadas.

Uma das mais importantes propriedades que determinam as condições de porosidade do solo é a textura. As partículas pequenas de solo proporcionam maior resistência à passagem da água através do perfil do que as partículas grandes, em razão da maior superfície com que a água se põe em contacto, produzindo maior fricção. A estrutura do solo constitui também uma propriedade importante que influencia o regime de água no solo. Influência também na infiltração e permeabilidade, dotando o solo de maior ou menor volume de macroporos e também sobre a resistência do solo a desagregação e transporte (LASSEN et al, 1987).

### 3.5 A erosão e suas conseqüências

Como decorrência da mecanização agrícola inadequada, aliada aos processos de desmatamento indiscriminado, intensificaram-se a erosão hídrica, o assoreamento de rios e mananciais, a poluição dos cursos d'água e os riscos de inundações de terras baixas. A erosão hídrica tornou-se um grave problema para a sustentação na maior parte das terras mecanizadas (MUZILLI, 2002).

O ponto crucial da reabilitação das áreas degradadas é o reconhecimento da auto-sustentabilidade do novo ecossistema e, para isto, o problema básico é distinguir os fatores permanentes da área, que determinam o seu potencial natural para a auto-sustentabilidade e as variáveis que estabelecem as condições temporárias da área e a predisposição à falência das comunidades vegetais e animais.

A erosão hídrica (assoreamento dos principais mananciais hídricos) e o desmatamento indiscriminado da cobertura vegetal são os principais problemas hidroambientais do Estado do Ceará, o que significa o empobrecimento gradativo do solo em médio e longo prazo.

A erosão do solo tem como conseqüência os problemas ligados ao assoreamento e à poluição de mananciais, ligados ao uso e manejo inadequado dos recursos naturais. No semi-árido, a erosão é reforçada pela velocidade do vento, pela intensidade das chuvas e a temperatura ambiente, ressecando os solos, os quais na sua maioria são rasos, cuja vegetação perde folhagem no verão, o que possibilita o vento atingir a superfície do chão. No verão a terra nua, a evaporação e o vento constante causam a erosão eólica do solo. No inverno as primeiras chuvas provocam o efeito danoso da enxurrada.

#### 3.5.1 Erosão *versus* práticas conservacionistas

Segundo Hudson (1971), as regiões tropicais apresentam maior suscetibilidade à erosão do que as temperadas, principalmente por seu regime de chuvas, com maior

precipitação média anual e um número muito maior de chuvas com características erosivas.

Conforme Oliveira (1981), durante o inverno, as chuvas de grande intensidade, caindo sobre as áreas com declividade e cultivadas sem práticas conservacionista, originam desagregação, transporte e deposição das partículas de solo e, conseqüentemente, promovem a decapitação de seus horizontes e a poluição por sedimentos nos rios, açudes, estradas e áreas em cultivo.

Nas áreas em declives, começam a aparecer perdas por enxurradas, sempre que a intensidade de precipitação ultrapassa a capacidade de infiltração do solo. É um dos fenômenos mais ativos na pedogênese e na morfogênese. Além das conseqüências diretas à agricultura pela exportação das camadas do solo mais adequadas ao crescimento das plantas, promove ainda o aparecimento de perfis truncados nas partes atingidas pelo processo de perda e de perfis enterrados, nas partes de acumulação dos materiais (OLIVEIRA, 1972).

As práticas conservacionistas podem ser divididas em vegetativas, edáficas e mecânicas, utilizando-se a própria vegetação, quer se trate de modificações no sistema de cultivo ou se recorra a estruturas artificiais construídas mediante a remoção ou disposição adequada de porções de terra (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

Para Lima e Sávio Netto (1969), a utilização de faixas de retenção pode reduzir as perdas de solo de cerca de 29,5 t/ha para 2,4 t/ha, e o escoamento superficial de 7,3% para 1% do total de chuva caída em áreas com declive entre 6,3 e 10,8% e precipitação anual de 1.300 mm.

A erosão começa com o impacto das gotas de chuva sobre o solo. E isso ocorre, sobretudo, na época entre a colheita das culturas e o plantio seguinte, quando o solo se encontra desprotegido e nu após o preparo. As culturas intercaladas, além da proteção do solo contra as gotas de chuva, fornecem um aumento de matéria orgânica do solo, pela incorporação de massa verde. Por sua vez, ocorre no solo grande relação entre a

estabilidade dos agregados do solo e o teor de matéria orgânica. E esta estabilidade poderia dar aos agregados do solo maior resistência contra o impacto das gotas de chuva (FARIAS et al., 1978).

A cobertura vegetal morta representa uma das maneiras mais simples, eficazes e econômicas de controlar a erosão do solo. Plantas e resíduos culturais possuem diferentes capacidades em proteger o solo contra a erosão. O efeito dos resíduos culturais no controle da erosão varia com o tipo, quantidade, porcentagem de cobertura do solo, manejo e estágio de sua decomposição. Para uma mesma quantidade de resíduo cultural, verificam-se diferenças na porcentagem de cobertura do solo, dependendo do tipo, estágio de decomposição e forma de aplicação (WISCHMEIER, 1973; COGO, 1981; LAFLEN, 1981).

Lopes et al. (1987) avaliam a eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica, do solo recém-preparado, com aração e gradagens na porcentagem de cobertura do solo e na redução da erosão hídrica. A avaliação foi procedida em condições de chuva simulada, na estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Guaíba (RS). Foi utilizado um solo franco-arenoso (podzólico vermelho-amarelo abrupto distrófico petroférico), com declividade média de 7,5%. Os tratamentos principais consistiram em resíduos culturais de milho, trigo e soja: 0; 500; 1.000; 2.000; 4.000; 6.000; 8.000; e 10.000 kg/ha, os quais forneceram cobertura de solo de 0 a 100%. Para uma mesma quantidade de massa de resíduo cultural, as restevas de trigo e milho propiciaram valores de cobertura do solo semelhantes, porém superiores aos da soja. Para uma mesma porcentagem de cobertura do solo, os resíduos culturais de trigo e milho foram similarmente eficazes na redução das perdas de solo e superiores às de soja. De qualquer forma, os três tipos de resteva foram bastante eficazes no controle da erosão. Valores de cobertura do solo ao redor de 20% foram suficientes para reduzir a erosão em 40% a 60%, em comparação ao solo descoberto.

O sistema conduziu à erosão desenfreada, ao desnudamento da terra, rompendo o equilíbrio criado pela natureza entre o solo, a flora, a água, a fauna e a vida econômica do homem. A devastação da vegetação nativa pelo homem traz milhares de

conseqüências prejudiciais quando não são usados métodos racionais de manter o jogo harmonioso das forças do clima, da terra, das plantas, das águas e dos animais (DUQUE, 1973).

Para controle da erosão dos solos, é recomendado o estabelecimento de cordões em contorno com pedras nas áreas de alta pedregosidade. Estes cordões, além de protegerem o solo de perdas por escoamento superficial de água, têm a vantagem de facilitar as práticas de manejo dos solos e das culturas, após a remoção das pedras (KLANT e STAMMEL, 1983).

### 3.5.2 Erosão *versus* manejo do solo

O sistema de manejo empregado em um dado solo é uma das variáveis mais importantes com que se conta para modificar alguma característica indesejável ao complexo produtivo. O preparo do solo, por exemplo, objetiva dar um bom condicionamento para semeadura, conservação da água, aeração, controle de ervas daninhas e utilização e manejo dos resíduos da cultura (KNUTTI et al., 1970).

De acordo com Burwell e Larson (1969), para se descrever uma prática de manejo que aumente a infiltração da água no solo, deve-se entender a resposta física dos vários solos a diferentes operações de cultivo, saber como um dado cultivo induz o solo a responder ao efeito das gotas de chuva e conhecer a distribuição da média anual de erosividade das chuvas.

Em função do manejo a que está submetido, o solo é passível tanto de degradação quanto de melhoramento em seu potencial produtivo, visto que esse recurso natural está inserido em um ecossistema e, portanto, sujeito a variações dos demais componentes, tais como a água, o relevo, a macro e a microfauna e flora, os quais podem ser afetados pelo homem. Um manejo inadequado do solo, ocasionando erosão acelerada, provoca perdas de produtividade. É fundamental, portanto, que se apliquem sistemas de exploração agrícola visando não somente ao controle das perdas

de terra como também ao maior aproveitamento da água, evitando-se taxas excessivas de escoamento superficial e evaporação (SILVA et al., 1985).

Hernani et al. (1999), estudando os sistemas de manejo do solo, perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão, concluíram que as perdas de nutrientes são fortemente influenciadas por sistemas de manejo do solo, os quais, quando inadequados, podem acarretar a degradação de agroecossistemas, causando a poluição e eutrofização de mananciais, aumentando os custos com adubação. As perdas de cálcio, magnésio e potássio trocáveis e solúveis, fósforo disponível e matéria orgânica por erosão foram avaliadas, entre 1988 e 1994, em latossolo roxo álico epieutrófico muito argiloso, com  $0,03 \text{ m m}^{-1}$  de declividade, em Dourados (MS), sob condições de chuva natural, em diferentes sistemas de manejo do solo. Os tratamentos aplicados na sucessão trigo-soja, foram: (a) escarificação + gradagem niveladora, (b) gradagem pesada + niveladora, (c) plantio direto, d) aração com arado de discos + duas gradagens niveladoras, sem cobertura vegetal. O plantio direto proporcionou a maior concentração média de P no sedimento entre os sistemas estudados; além disso, também resultou em maiores concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  em solução e taxa de enriquecimento em P no sedimento, em relação aos sistemas que envolveram preparo e cultivo de trigo-soja. O plantio direto foi o sistema mais eficaz no controle da erosão, perdendo as menores quantidades totais de nutrientes e de matéria orgânica. Comparado ao plantio direto, o tratamento com gradagens perdeu cerca de 6,5 vezes mais  $\text{K}^+$ , 6,0 vezes mais P e matéria orgânica, 5,0 vezes mais  $\text{Ca}^{2+}$  e 4,0 vezes mais  $\text{Mg}^{2+}$ . As perdas de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , em solução e total, e as de matéria orgânica, no sedimento, foram relacionadas com as de água e de solo. Em termos gerais, o  $\text{Ca}^{2+}$  foi o nutriente perdido em maior quantidade, seguindo-se o  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e P.

Schick et al. (2000) pesquisaram a erosão hídrica em cambissolo húmico aluminoso submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo, no período de janeiro de 1993 a outubro de 1998, no Campus do Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages (SC), com o objetivo de quantificar as perdas, por erosão, de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e carbono orgânico sob chuva natural, nos seguintes sistemas de preparo: (a) aração + duas gradagens, (b) escarificação + gradagem e (c) semeadura direta executados no sentido paralelo ao declive, com rotação e sucessão de culturas

nos três sistemas. Na rotação, foi utilizada a seguinte seqüência de culturas: soja, aveia preta, feijão, ervilhaça comum, milho, ervilhaça comum, soja, trigo, feijão, nabo forrageiro, milho e aveia preta e, na sucessão, trigo e soja em todos os anos. Outro tratamento constou de (d) aração + duas gradagens + solo sem cultura, preparado no sentido paralelo ao declive. Utilizou-se um cambissolo húmico alumínio argiloso, com 0,102 m m<sup>-1</sup> de declividade média. A concentração de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e carbono orgânico no solo foi, em geral, maior nos preparos conservacionistas do que nos convencionais. A perda total dos referidos elementos, no entanto, foi, em geral, pouco influenciada pelos sistemas de preparo de solo, relacionando-se fracamente com as perdas de solo e água. As concentrações desses nutrientes no sedimento da erosão correlacionaram-se positivamente com as suas concentrações na camada 0 - 0,025m de profundidade do solo, apresentando uma taxa de enriquecimento perto de um.

A cobertura vegetal do solo, seja na forma de resíduos da colheita ou da própria cultura atual, tem o importante papel de absorver a energia das gotas da chuva, evitando assim o impacto direto contra a superfície do solo e a conseqüente desagregação da sua estrutura. Com isto, o selamento superficial é reduzido e uma alta taxa de infiltração é mantida, diminuindo o escoamento superficial (HEINEMAN e WHITAKER, 1974).

No Ceará, os restolhos que agem como cobertura morta do solo, com todos os benefícios inerentes a tal prática, não são aproveitados, pois os restolhos, quando não utilizados como alimentação animal de baixa qualidade, são simplesmente deixados no campo, até o ano seguinte, quando são queimados durante o preparo da área para novo plantio, aumentando os riscos de erosão, em face da ausência de qualquer cobertura protetora do solo ( LOMBARDI NETO et al., 1988).

As plantas e os resíduos de cultura possuem diferentes capacidades em proteger o solo do impacto das gotas de chuvas. A proteção oferecida ao solo pela planta dependerá do tipo desta planta, das folhas e raízes (VIEIRA, 1977).

Lal (1976a), assinala que a cobertura vegetal do solo é um meio eficiente para controlar a erosão hídrica, pois atua de várias maneiras: intercepta e dissipa a energia cinética das gotas de chuva, diminui a velocidade e a quantidade do escoamento superficial, por aumentar a tortuosidade do fluxo da enxurrada e manter altas taxas de infiltração, diminuindo a quantidade de solo arrastado na enxurrada, além de promover melhoria da estrutura, porosidade, atividade biológica e manter potenciais de armazenamento de água mais elevados.

Segundo Vieira (1977), a efetividade da cobertura vegetal morta em controlar a erosão depende da quantidade, tipo e manejo dos resíduos. Se a quantidade de resíduos não é suficiente para proteger o solo contra o impacto das gotas e diminuir a velocidade de escoamento do fluxo superficial, a água perdida nestes tratamentos pode ser maior, uma vez que a superfície é menos rugosa, favorecendo a enxurrada.

Swanson (1968), estudando vários tipos, quantidades e manejos de coberturas mortas, concluiu que 2,0 t/ha de palha de trigo, gradeada em nível, foi 3% mais efetiva do que feno de pastagem nas mesmas condições. À medida que diminuíram as quantidades adicionadas, as perdas se aproximaram da testemunha-descoberta. A gradagem aumentou as perdas para ambas as coberturas. As coberturas mais eficientes são aquelas que oferecem proteção contra o impacto das gotas de chuva e maior aderência à superfície do solo, por aumentarem a superfície de retenção de água e eliminarem o escoamento superficial entre a cobertura e a superfície do solo.

Sousa et al. (1993), estudaram o efeito da cobertura vegetal sobre a perda de solo por erosão hídrica num luvisolo de Serra Talhada (PE) e concluíram que: a) na cobertura vegetal nativa, ocorreram as menores perdas médias anuais de solo e água, com  $0,16 \text{ t ha}^{-1}$  e 59,2 mm, respectivamente, e b) as maiores perdas de solo ocorreram na cobertura constituída de algodão arbóreo, palma e sorgo granífero, com aumento médio de aproximadamente 340% na perda de solo e 230% na perda de água, em relação à vegetação nativa.

Eltz et al. (1984) avaliaram as perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (podzólico vermelho-

amarelo) sob chuva natural. Efeitos de sistema de uso e manejo do solo nas perdas por erosão e rendimentos de culturas foram avaliados durante quatro anos, no Estado do Rio Grande do Sul, com 9 % de declive. As determinações foram efetuadas nos tratamentos constituídos das seqüências de cultura aveia/tremoço-milho e cevada/aveia-soja, ambos em preparo convencional e plantio direto. No primeiro caso, a aveia, plantada por dois anos como cultura de inverno, foi então substituída pelo tremoço. No segundo, a aveia substituiu a cevada como cultura de inverno, após os primeiros dois anos de cultivo. No total dos quatro anos, a sucessão aveia/tremoço-milho em plantio direto reduziu em 69,3% as perdas de solo e 30,2% as de água, em relação ao preparo convencional. A sucessão cevada/aveia-soja em plantio direto reduziu 53,6% as perdas de solo e 14,5% as de água, em relação ao preparo convencional. No primeiro sistema de uso, não houve diferença no tocante ao rendimento físico das culturas nos dois tipos de preparo do solo, mas no segundo, o plantio direto teve produção de 14% superior. Com base nos resultados obtidos concluiu-se que o plantio direto foi eficaz no controle de perdas de solo nos dois sistemas de uso testados. A eficiência do plantio direto no controle de perdas de água neste solo precisa ser melhorada com outras práticas que propiciem maior infiltração de água no solo. O plantio direto mostrou rendimentos de culturas iguais ou maiores que o preparo convencional do solo.

Estudos realizados no Nordeste do Brasil, objetivando avaliar as perdas de solo em parcelas mantidas continuamente descobertas e cultivadas morro abaixo, mostraram perdas de solo que variaram de 27 a 94 t ha<sup>-1</sup> (MARGOLIS et al. 1985).

As coberturas mais eficientes são aquelas que oferecem proteção contra o impacto das gotas da chuva e maior aderência à superfície do solo, por aumentarem a superfície de retenção de água e eliminarem o escoamento superficial entre a cobertura e a superfície do solo.

Os resíduos da colheita de milho, quando ceifados e picados, são mais efetivos no controle das perdas de solo do que quando são apenas ceifados, embora não haja diferença na perda de água. É atribuída a menor perda de solo à maior proteção oferecida pela palha picada. Quando os resíduos são picados e gradeados, as perdas

de solo são intermediárias. A gradagem, possivelmente, provoca menor cobertura do solo pelo semi-enterro da palha a pequena profundidade, não aumentando a taxa de infiltração o suficiente para compensar a menor proteção do solo (VIEIRA, 1977).

Para o sucesso de qualquer planejamento conservacionista, a escolha de culturas adequadas ao solo de que se dispõe constitui um item dos mais importantes.

O preparo do solo tem como objetivo oferecer boas condições físicas para o desenvolvimento da cultura, porém as condições que são ótimas para o desenvolvimento radicular da planta diferem das ótimas para a semente. Agregados pequenos, que proporcionam um bom contacto solo/semente e um bom suprimento de água favorecem a germinação. Agregados grandes, no entanto, facilitam o desenvolvimento das raízes e a absorção rápida da água, reduzindo o escoamento superficial e as perdas de solo (WALSH, 1972).

O efeito de preparos diferentes sobre a capacidade do solo em absorver e transmitir água rapidamente para dentro do perfil é importante na relação do manejo do solo com a erosão em regiões com chuvas de alta erosividade. Vieira (1977), salienta que os cultivos de solo em que há a remoção da cobertura protetora e que causam distúrbio físico ao solo são prejudiciais à manutenção da agregação.

O preparo convencional do solo com aração e gradagem torna-o mais susceptível à erosão, pela desagregação da estrutura, o que facilita o transporte das partículas, além de diminuir a taxa de infiltração pelo selamento superficial (HARROLD, 1972).

O efeito do preparo do solo sobre a erosão está intimamente relacionado com as modificações físicas e químicas que a atividade provoca e com a maneira permanecem os resíduos vegetais após o preparo (LAL, 1977).

O grande benefício do cultivo sem preparo é a manutenção da agregação do solo na zona radicular. O preparo convencional de solo usualmente deixa a superfície livre de resíduos orgânicos e as gotas de chuva caindo sobre esta, causam progressivamente a desagregação e o selamento superficial (HARROLD et al., 1970).

O manejo das condições físicas do solo tem como razões prover um bom ambiente de desenvolvimento para a cultura e incrementar a infiltração da água no solo, minimizando a erosão. A menor infiltração da água, no entanto, nem sempre está relacionada à maior perda de solo. Nas superfícies de solo cobertas, onde não há desagregação do solo pelo impacto das gotas de chuva e a capacidade de transporte é limitada pela redução da velocidade do escoamento, as perdas de solo têm sido menores, a despeito de, em muitos casos, ocorrerem menores taxas de infiltração .

O manejo do solo para culturas é de suma importância para o controle da erosão das terras agrícolas, parecendo que os sistemas de preparo em que a superfície do solo fica com irregularidades, perfil e porosidade contínua, com pelo menos grande porcentagem da superfície coberta, é o ideal para as reduções máximas das perdas de solo e água .

Melo Filho e Silva (1993), estudando a erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um podzólico vermelho-amarelo no Ceará, avaliaram, de abril a julho de 1991, a erosividade das chuvas, perdas de solo e água por erosão, teor de água no solo, características biométricas e produtividade do milho, para comparar os efeitos do plantio direto e do preparo convencional do solo, onde esses sistemas de manejo foram testados em relação à presença ou à ausência de adubo nitrogenado. As parcelas com plantio direto, com e sem adubação nitrogenada, produziram, respectivamente, 2,1 e 1,8 vezes mais do que suas correspondentes no preparo convencional. Comparado ao preparo convencional, em que as perdas de solo foram 30,9 t/ha e as perdas de água, 233 mm, o plantio direto reduziu as perdas para 3,0 t/ha e 184 mm, respectivamente, sob erosividade de 2.172 mm/ha, calculada durante cem dias. O conteúdo de água no solo foi mais elevado nas parcelas submetidas ao plantio direto durante o primeiro mês e mais baixo do que aquele encontrado no preparo convencional durante os meses seguintes. Considerando a maior infiltração detectada no plantio direto, verificou-se, neste sistema, melhor utilização da água, a qual foi absorvida para desenvolver plantas mais altas e produtivas, concluindo que: sob condições de forte erosividade das chuvas concentradas na fase de preparo do solo e plantio, verificaram-se reduções de 90 % das perdas de terra e 21 % das perdas de água em favor do plantio

direto, quando comparado ao preparo convencional do solo. O nitrogênio revelou-se indispensável ao crescimento de produtividade em ambos os sistemas de manejo, determinando, sua ausência, decréscimos de produção superiores a 100%; e em condições de escassez de umidade no final do ciclo da cultura do milho, uma característica das zonas semi-áridas do Nordeste, o plantio direto associado ao uso de nitrogênio foi o tratamento que determinou a maior produtividade do milho.

Considerando que a área de lavoura no Brasil é de cerca de 100 milhões de hectares (incluindo os terrenos de rodízio), e de 200 milhões de hectares e ocupada com pastos, além das áreas incultas e apenas desmatadas e queimadas, é estimada uma perda anual de 3 a 3,5 bilhões de toneladas de terras arrastadas (adotando a média de 10 a 12 toneladas por hectare). Para cada tonelada de grãos produzidos, em razão da falta de manejo e uso adequados dos terrenos, são perdidos em torno de 10 a 15 toneladas de solo, anualmente. Considerando a produção, apenas em grãos, em torno de 80 milhões de toneladas, adotando a perda média de solo de 12,5 t para cada tonelada de grãos produzidos, o carreamento pela enxurrada é de cerca de um bilhão de toneladas de solo, anualmente (CORRÊA, 1987).

Ramos e Marinho (1981), avaliaram o efeito do desmatamento da caatinga sobre perdas de solo de um neossolo litólico, por meio de chuva simulada. Observaram perda de solo de 115,4 t ha/ano, na área desmatada, e de 1,2 e 8,6 t ha/ano, nas áreas com caatinga e estrato herbáceo, respectivamente. Os autores constataram também, nesse trabalho, que o desmatamento reduziu a infiltração de água no solo em 41%.

### 3.5.3 Erosão *versus* produtividade

Para avaliar a gravidade da erosão do solo, faz-se necessário conhecer quanto do solo está sendo perdido e o limite que pode ser tolerado sem prejuízo da sua potencialidade produtiva. Numerosas pesquisas têm sido feitas para avaliar as perdas de solo acarretadas por determinados manejos, mas poucas estimam o seu efeito na perda de produtividade dos solos (DEDECEK, 1987).

De acordo com Dedecek (1987), a produtividade do solo é sua capacidade de produzir, em seu ambiente natural, determinada planta ou seqüência de plantas sob determinado sistema de manejo. A manutenção dessa produtividade depende das práticas de manejo e das características do solo \_ profundidade de enraizamento, espessura da camada arável, disponibilidade de água para as plantas, capacidade de armazenar nutrientes, velocidade de infiltração, capacidade de retenção de água, facilidade de mecanização e teor de matéria orgânica.

A erosão do solo e a conseqüente queda de produtividade constituem, ao longo do tempo e com maior ênfase nos dias de hoje, em que se busca maior retorno da agricultura, com o uso intensivo do solo, um dos mais graves problemas da agricultura do Brasil e do mundo. Atualmente, é reconhecido o fato de que este uso intensivo do solo, feito de maneira errônea e até mesmo negligente, é o fator mais agravante da erosão.

No Brasil, em geral, poucos agricultores consideram a capacidade de uso das suas terras. Desta forma, observam-se facilmente culturas anuais sendo cultivadas, onde uma pastagem poderia ser a melhor opção do ponto de vista de uso do solo de propriedade agrícola. Por sua vez, culturas anuais, com menor capacidade de proteção do solo são muitas vezes locadas em áreas com maior declividade e em solos mais rasos e outras culturas anuais que oferecem maior proteção estão situadas em locais mais planos em solos mais profundos.

A erosão hídrica é a causa mais drástica, mais visível e limitante ao potencial produtivo dos solos agricultáveis. As suas conseqüências são prévias e depauperantes e abrangem há vários séculos extensas áreas em cultivo do globo terrestre. De maneira geral, com as primeiras perdas, há uma redução bastante significativa da camada agrícola, restando a parte menos fértil, em sua maioria, resultando em conseqüências sócio econômicas indesejáveis.

Conhecer o comportamento das diferentes culturas, em relação à erosão, seja no seu ciclo vegetativo completo ou nos seus diferentes estádios de crescimento, permite

um melhor ajustamento em função da capacidade de uso do solo e do manejo a ser empregado. As perdas totais de cada cultura indicam que todas elas, mesmo aquelas de menor proteção, apresentam grande redução das perdas quando comparadas às perdas em solo mantido sem cobertura vegetal (MONDARDO et al., 1977).

O aumento do custo de produção para recuperar a produtividade do solo pode ser superior aos gastos com medidas de controle dos efeitos da erosão, e nem sempre a recuperação é possível. Considerando-se uma perda simulada de 5 cm de solo por ano, comparável à perda por erosão de uma camada de 5 mm, a redução de produtividade do solo seria de 32,5% anualmente (DEDECEK, 1987).

Silva e Silva (1997b), estudaram a produtividade de um solo litólico associada ao controle da erosão por cordões de pedra em contorno. Tendo em vista que o dimensionamento desse benefício em termos de produtividade do solo em regiões semi-áridas não fora ainda estabelecido, foi determinado o ensaio nas áreas de remoção do solo e nos locais onde os sedimentos eram retidos e depositados. O experimento foi realizado em Quixadá (CE), de março a julho de 1994. A produtividade natural do solo, não alterada por fertilizantes, foi avaliada em termos de rendimentos de feijão-de-corda e de milho e sua produção de biomassa. Em áreas de deposição, onde os sedimentos foram retidos pelos cordões de pedra em contorno, os aumentos no número de vagens por planta, no número e no peso de grãos por planta, e no rendimento de feijão-de-corda foram, respectivamente, de 48,6; 140; 86,4 e 85,5%, quando comparados a esses parâmetros determinados nas áreas de remoção do solo.

Dedecek (1987) pesquisou os efeitos das perdas e deposição de camadas de solo na produtividade de um latossolo vermelho-escuro dos cerrados. O trabalho foi conduzido no ano agrícola de 1985/86, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados/EMBRAPA, Planaltina, DF. No sentido de simular as perdas de solo por erosão, retiraram-se artificialmente camadas de solo nas espessuras de 0;2; 5; 10 e 20 cm, utilizando-se dois níveis de adubação; (1) 400 kg/ha de fórmula N-P-K, 0; 20; e 750 kg/ha de calcário dolomítico, 100% PRNT; e (2) 500 kg/ha da mesma fórmula e calcário respectivamente. No mesmo experimento, simulou-se a deposição de camadas de solo nas mesmas espessuras dos cortes e empregou-se apenas o nível (1) de adubação.

Esses tratamentos foram testados no cultivo de soja. No primeiro nível de adubação, houve reduções de 16; 32; 47 e 67% na produção de soja, com a perda de camadas de solo de 2; 5; 10 e 20cm, respectivamente, quando comparados com o controle sem remoção do solo. Os mesmos tratamentos, com o nível (2) de adubação apresentaram reduções de 5; 14; 36 e 65%. Não foi possível recuperar totalmente a produtividade do solo com maior nível de adubação adotado e o efeito da adubação foi gradualmente reduzido, à medida que aumentaram as camadas do solo perdido. A deposição de solo permitiu aumentos na produção de soja de 21, 27, 42 e 22% com camadas de 2, 5, 10 e 20cm de solo, respectivamente. As melhores correlações entre teores de nutrientes e produção de soja foram obtidas com os teores de cálcio e magnésio no solo, seguidos da percentagem da matéria orgânica e teor de alumínio na camada de solo de 0 a 40 cm.

Resck et al. (1980), estudaram a intensidade de perdas de nutrientes em um podzólico vermelho-amarelo, utilizando-se simulador de chuva, e concluíram que ocorreram perdas consideráveis dos elementos, considerando-se o curto período de aplicação das chuvas, sendo o cálcio perdido em maior quantidade, seguido de magnésio, potássio, alumínio e fósforo, ordem semelhante à composição original do solo.

Távora et alii (1985), estudando a erodibilidade e perdas por erosão de latossolo vermelho-amarelo distrófico e areias quartzosas distróficas na região da Ibiapaba-CE, concluiu que o nitrogênio foi o nutriente que sofreu maiores perdas, totalizando 3,7kg/ha para areias quartzosas distróficas e 36 kg/ha para latossolo vermelho-amarelo, agravando não só a depleção de fertilidade em ambos os solos, mas também aumentando os riscos de poluição da água por nitratos.

Quando a erosão ocorre em uma terra cultivada, o solo erodido vem acompanhado dos nutrientes de plantas, presentes nas suas camadas superiores; o nitrogênio, porque é mais solúvel e, o fósforo porque é adsorvido pela partícula mais fina do solo, os mais arrastados pelas enxurradas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

No Estado do Rio Grande do Sul, trabalhos realizados por Vieira (1977), Eltz (1977) e Saraiva (1978), relacionando perdas de solo por erosão com métodos de preparo do solo e tipos de cultivo, evidenciaram grande redução das perdas nos tratamentos em que os restos da cultura anterior foram mantidos na superfície.

No Estado do Paraná, com a limitação da monocultura do café, houve grande escalada à sucessão trigo-soja, que tem se destacado pelos rendimentos, o que propiciou grande aumento exploratório em áreas agrícolas. Como estas culturas exigem uso intensivo do solo, é notório que a erosão hídrica se agrave, principalmente da maneira como está sendo utilizado o solo (RUFINO et al., 1977).

Munn et al. (1973), ao analisarem o efeito dos fatores solo, cobertura, declive e chuva sobre o solo e o movimento do fósforo sob condições de chuva simulada, verificaram que as quantidades de água drenada, de sólidos erodidos e fósforo na drenagem superficial aumentaram com o grau de declive e intensidade da chuva, e que as concentrações de fósforo solúvel foram suficientes para eutrofizar à água.

Os valores de P e K disponíveis para as camadas de solo acima de 5cm foram , em média, de acordo com Robbins e Voss (1991), 3,5 vezes maiores do que os valores para as camadas de solo de 5 a 15 cm, em solos com camadas acima de 25 cm.

#### 3.5.4 Erosão *versus* assoreamento

Sedimentos são materiais fragmentados originários da desintegração das rochas. Quando as atividades humanas na bacia são muito intensas, a principal origem dos sedimentos é a erosão e as taxas de sedimentos são muito altas. Isto decorre de causas antrópicas que motivam o destacamento das partículas e desmanche de estruturas do solo (CAMPOS, 1994).

A erosão do solo causa a acumulação de sedimentos nas partes mais baixas dos terrenos, consistindo em materiais mais grosseiros, porém os mais finos, em muito maior volume, são transportados pelas enxurradas, ocasionando problemas, nos córregos, rios, canais e acumulações de água, cujos principais são: redução da

capacidade e reservatórios; aumento dos custos das fontes de suprimento de água; danos para a fauna silvestre e aquática; acréscimo dos custos de manutenção dos canais e rios navegáveis; diminuição do potencial de energia; questões de irrigação e drenagem; acréscimo dos custos dos caminhos e estradas; prejuízos em casas e cidades (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

O processo de assoreamento numa bacia hidrográfica encontra-se intimamente relacionado aos processos erosivos, uma vez que é este a fornecer os materiais que, ao serem transportados e depositados, darão origem ao assoreamento. Assoreamento e erosão constituem dois processos diretamente proporcionais na dinâmica da bacia hidrográfica. O assoreamento ocorre em regiões rebaixadas, como o fundo de vales, rios, mares ou qualquer outro lugar em que o nível de base da drenagem permita um processo deposicional.

Silva (1998) ressalta que “as vias navegáveis também sofrem o impacto do assoreamento. Até cerca de 1950, os portos de Acaraú e Camocim-CE apresentavam canais naturais de profundidade compatível com a passagem de navios de grande calado. Atualmente, nas fozes dos rios, que desembocam nesses portos, observa-se o enorme volume de sedimentos trazidos das áreas do semi-árido na qual se situam suas nascentes e onde tem seus cursos até chegarem ao mar. É lamentável que esses assoreamentos são resultantes de terras carregadas dos planaltos (chapadas) e serras, que apresentam solos com boa fertilidade, que por desmatamento, queimadas e falta de proteção das encostas são arrastados pelas enxurradas.”

Na bacia hidrográfica da baía de Guanabara, o processo de assoreamento foi acelerado pela retirada da cobertura vegetal, inicialmente para a extração de madeiras nobres da Mata Atlântica e, posteriormente, para a implantação de lavouras e núcleos urbanos. Isto provocou a exposição do solo, acelerando os processos de erosão e deposição.

O assoreamento é uma consequência direta da erosão. Para observar se uma região está sendo alvo de uma erosão muito pronunciada, basta que se observe a água

das enxurradas e dos rios após as chuvas. Se for barrenta, é porque a região a montante está sendo muito erodida. Ao erodir um terreno, a água da chuva leva a argila em suspensão, dando tonalidade amarelo-ocre às águas.

Em áreas de declividade de até 15%, num período de 1,5 ano, os cordões impediram o carreamento de mais de uma tonelada de terra por ano, em cada cem metros lineares de seu comprimento, evitando o comprometimento da qualidade da água e aumentando a vida útil de uma barragem (SILVA e PAIVA, 1985).

Pode-se atribuir a eutrofização de mananciais ao acúmulo de nutrientes decorrente da deposição pela enxurrada e da decomposição da biomassa existente no fundo dos reservatórios (HERNANI et al., 1999).

Segundo Linsley e Franzini (1978), o assoreamento dos reservatórios não pode ser evitado, mas pode ser retardado por meio de técnicas de conservação do solo na bacia de drenagem, reduzindo a erosão com a construção de terraços, cordões de contorno, de cultivo e aração em curvas de nível e métodos similares.

Com base na constatação da suscetibilidade dos solos litólicos à erosão, Silva e Paiva (1985) recomendaram sua conservação por meio do emprego de cordões de pedra em contorno, ao demonstrarem sua eficiência na redução do assoreamento de reservatórios de água e os benefícios que os sedimentos retidos proporcionam na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas desses solos.

### 3.5.5 Erosão *versus* perdas de nutrientes

O estudo dos nutrientes perdidos por erosão é importante para um programa de conservação do solo e tem sido relativamente pouco estudado. Os teores destas perdas são elevados, já que as terras de cultivo são normalmente adubadas, tendo pois razoáveis níveis de fertilidade. O processo de remoção dos nutrientes com a erosão do solo tende a ser seletivo, uma vez que a matéria orgânica e as partículas mais finas do solo, ambas ricas em nutrientes, são mais vulneráveis às perdas do que as frações mais grosseiras do solo. A matéria orgânica é o primeiro constituinte do solo a ser removido

pela erosão, por causa de sua maior concentração na superfície do solo e de sua baixa densidade. Além disto, os teores de nutrientes são mais elevados no sedimento perdido em relação à composição química original do solo (BARROWS e KILMER, 1963).

Inicialmente, as pesquisas sobre erosão do solo avaliavam a quantidade total de nutrientes no material transportado por processos erosivos e consideravam tais resultados como perdas de nutrientes. Para obter boa estimativa das perdas de nutrientes prontamente disponíveis às plantas, é necessária a determinação dos íons, tanto em solução, quanto na fase adsorvida do solo. Estudos com esse maior detalhamento mostram que a maior perda de nutrientes ocorre no sedimento e que as perdas na água da enxurrada são baixas.

A perda de nutrientes pela erosão hídrica é um dos principais fatores determinantes do empobrecimento dos solos e da redução da produtividade da maioria das culturas, com aumentos conseqüentes em seu custo de produção e na contaminação ambiental. Alguns trabalhos apontam perdas significativas de nutrientes por erosão hídrica, em relação ao que as culturas exigem, refletindo-se no custo de produção das culturas. Além dos prejuízos econômicos, também deve ser considerada a deterioração da qualidade das águas superficiais, onde os elementos são depositados (SCHICK, 2000).

A perda de nutrientes pode ser expressa tanto em concentração do elemento na suspensão ou no sedimento, como em quantidade perdida por área. A concentração de determinado elemento na enxurrada varia principalmente com sua concentração no solo, influenciada pelas fertilizações, manejo e tipo de solo. A quantidade total transportada, no entanto, depende tanto da concentração do elemento no material erodido quanto no volume total desse material perdido (SEGANFREDO et al., 1997).

O material erodido é mais rico em fósforo, cálcio, magnésio, potássio e matéria orgânica do que o solo original. Isto decorreria da textura do material transportado, o qual é mais rico em silte e argila do que o solo de onde se originou o sedimento, uma

vez que estas partículas são mais facilmente transportadas e contêm maiores quantidades de nutrientes adsorvidos (FREITAS e CASTRO, 1983).

O nitrogênio perdido por erosão na forma de sais solúveis, na água de escoamento, tem pequena importância econômica, mas a perda de nitrogênio ligado à matéria orgânica é provavelmente mais alta do que a de qualquer outro nutriente (BARROWS e KILMER, 1963).

A chuva pode contribuir com uma parcela de N para o solo, no entanto, no próprio escoamento superficial da chuva, uma parte é perdida. Com base anual, a perda de N no escoamento é somente 20% do N total precipitado nas chuvas. Isto pode ser explicado pela intensidade e duração das precipitações que não causam escoamento superficial (SCHUMAN e BURWELL, 1974).

Convém lembrar-se da informação de Oliveira (1981), de que, durante o inverno, chuvas de grande intensidade, caindo sobre as áreas com declividade e cultivadas sem proteção conservacionista, originam a desagregação, transporte e deposição das partículas de solo e conseqüentemente promovem a decapitação de seus horizontes e a poluição por sedimentos nos rios, açudes, estradas e áreas em cultivo.

O N e o P são os nutrientes mais freqüentemente associados à aceleração da eutrofização, sendo o P o fator limitante, visto que muitas algas verde-azuis são capazes de utilizar o N<sub>2</sub> atmosférico. Quando a concentração de P na solução da enxurrada é maior do que 0,02 dm<sup>-3</sup>, os processos de eutrofização de lagos e represas podem acelerar-se (LEVINE e SCHINDLER, 1989).

Estudos relativos à efetividade de sistemas conservacionistas de preparo do solo no controle de perdas de nutrientes em áreas agrícolas indicam que o total de nutrientes perdidos (no sedimento e na enxurrada) decresce quando tais sistemas são utilizados, embora a concentração de nutrientes na solução, particularmente fósforo, possa ser alta em áreas sob preparo reduzido, onde a concentração de material em suspensão é baixa. Isso seria atribuído aos efeitos combinados de aumento na

cobertura com restos culturais, decréscimo da incorporação de fertilizantes e redução nas perdas de solo (BARROWS e KILMER, 1963).

Além das grandes quantidades de solo e água perdidas por erosão nas áreas agrícolas, nutrientes também são arrastados em quantidade que, se não causam grandes danos imediatos, em longo prazo podem levar ao depauperamento da fertilidade da camada arável. Do outro lado, dano mais severo do que a própria perda de nutrientes pode ser a eutrofização de mananciais, causando riscos à população (VIEIRA, 1977).

Taylor (1967), relata que o fósforo, nos Estados Unidos, é o principal elemento que controla a fertilidade das fontes de água. Em solos tropicais, as respostas, às vezes, são deficientes, pois aos nutrientes aplicados podem ser atribuídas as perdas por lixiviação e, principalmente, às perdas por erosão (LAL, 1976b).

As maiores perdas de P por erosão ocorrem no sedimento arrastado, bem como as de potássio, cálcio e magnésio. A concentração de P na água de escoamento, porém, é reportada como suficiente para a fertilização de rios e lagos. As perdas de P, K, Ca e Mg são geralmente pequenas na água de escoamento, e são maiores para solos descobertos do que para solos protegidos com cobertura vegetal (LAL, 1976b).

As perdas de P nos sistemas de cultivo sem movimentação intensa do solo podem se tornar mais sérias do que em solos movimentados. Isto porque, em solo nestas condições, há um gradiente muito grande de P com a profundidade.

Barrows e Kilmer (1963), indicam que o P é muito móvel no perfil do solo por se apresentar fortemente retido a argila minerais, óxidos de ferro e alumínio ou ainda complexado à matéria orgânica. Assim, este elemento é muito susceptível à erosão ligado a estas partículas. Anotam ainda que as perdas de K, removido em solução, apresentam-se muito pequenas. Estas perdas podem ser resultantes da reabsorção deste íon ao material coloidal do escoamento superficial.

Avaliando as perdas por erosão em diferentes tipos de cobertura vegetal, Burwell et al. (1975) observaram que o teor de P transportado no sedimento representou 95% do teor total no solo. As formas orgânicas de fósforo podem constituir 65% do seu total no solo, estando a maior parte desse nutriente ligada aos argilominerais do solo. Deste modo, esse nutriente é bastante susceptível às perdas na enxurrada.

De acordo com Barrows e Kilmer (1963), de 90 a 98% do potássio total do solo encontram-se sob formas não disponíveis às plantas. Mesmo que grande parte de potássio possa ser removida pela erosão, as perdas não são relevantes, uma vez que pequena percentagem permanece em forma disponível. As perdas de cálcio e magnésio solúveis são bastante baixas na enxurrada.

As perdas de nutrientes solúveis em água no final do período de cultivo de várias culturas foram insignificantes. No sedimento, as perdas de nutrientes foram desprezíveis para os tratamentos sem preparo ou tratamentos com cobertura morta. Apesar de se verificar uma diminuição na quantidade de nutrientes perdidos com o crescimento vegetativo da cultura, foram obtidos valores mais altos de K quando a cobertura vegetal estava presente, indicando que o material orgânico das plantas foi uma fonte de K solúvel na água de escoamento (BARROWS e KILMER, 1963 e LAL, 1976b).

A perda de matéria orgânica por erosão parece ser, dentre todos os outros materiais, a mais severa e prejudicial. Isto porque, além das perdas serem elevadas, pois a erosão se dá na camada mais rica deste material, ela atua benéficamente numa série de outras características do solo, como estrutura, estabilidade de agregados, permeabilidade, retenção de água, capacidade de troca catiônica e outras.

Lal (1976b) obteve a redução de aproximadamente 60% nas perdas de carbono orgânico quando comparou o solo mantido a descoberto com o solo cultivado com milho e amendoim.

Castro et al. (1986), estudando as perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo, quantificaram as perdas por erosão de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e matéria orgânica em latossolo roxo, do Centro Experimental de Campinas, durante o ano agrícola 1980/81, cultivado com a sucessão soja/trigo sob diferentes manejos dos restos culturais, utilizando-se talhões coletores, com 10% de declive, mantidos sob chuva natural. Determinaram a quantidade total de nutrientes e matéria orgânica por erosão, bem como a relação entre tais perdas e as de solo e água. Verificaram que ocorreu perda mais elevada de nutrientes na enxurrada do que no sedimento; as perdas totais de nutrientes foram proporcionais às perdas de solo e de água; e a concentração dos nutrientes no sedimento independeu da quantidade deste, sendo o Ca o único elemento que apresentou correlação linear significativa para esta relação. Dessa forma, pode-se estimar a perda total de nutrientes pela análise de apenas algumas amostras de sedimento e enxurrada.

A queima dos restos culturais parece exercer grande influência sobre as perdas de nutrientes. Silva et al. (1981) verificaram um aumento expressivo nas perdas de nutrientes, especialmente potássio e cálcio, quando se fez queima dos restos culturais antes do preparo do solo.

Primavesi (1981), destaca “[...] O fogo rouba o material orgânico, elo indispensável entre solo - planta e clima, um dos fatores principais do equilíbrio da natureza”. E ressalta “[...] Pelo não retorno da matéria orgânica, queima a mata a vida do solo pela fome”.

Segundo cálculos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, com a queima de 30 milhões de hectares, em 1987, houve uma perda de nutriente equivalente a 1,5 bilhão.

Távora et al. (1985), avaliaram as perdas de solo, água e nutrientes em latossolo vermelho-amarelo distrófico de Ubajara-CE. Sob condições de chuva simulada, as perdas de água, solo, nutrientes e matéria orgânica foram avaliadas para verificar seu comportamento e resistência à erosão na fase de preparo de solo para plantio. As

perdas de nutrientes foram intensas quanto às de solo e água. Foram erodidos 39 t / ha de terra com três chuvas de 56, 32 e 36 mm, com duração, respectivamente, de 60, 30 e 18 minutos. As maiores perdas foram de matéria orgânica (546,3kg/ha) e nitrogênio (36,0kg/ha), aumentando os riscos de degradação e diminuição da fertilidade desse solo. Práticas de controle da erosão foram sugeridas como única alternativa para manter as propriedades físicas, químicas e biológicas desse solo.

A perda de uma quantidade de solo e água, pela erosão, afeta diretamente a produção agrícola, qualitativa e quantitativamente. A influência dessas reduções nas produções, contudo, varia com o tipo de solo, profundidade efetiva do perfil e outros fatores. Pode-se afirmar, genericamente, que em 5cm de perda de solo superficial podem significar uma diminuição de 5 a 10%. Não é um valor preciso, pois as perdas na produção são variáveis com as características e as condições dos terrenos.

Sete bilhões de reais constituem a estimativa de quanto o Brasil perde em equivalente a fertilizantes químicos (N, P, K) carregados pela ação da água da chuva sobre os terrenos, considerando a média de perda de solo de 12,5 ton para cada tonelada de grão produzido e para um total de 1 bilhão de toneladas de solo, anualmente (CORREIA, 1987).

Pelo exposto, percebe-se que as perdas de nutrientes e matéria orgânica, em função das diferentes preparos do solo, estão diretamente relacionadas às quantidades de solo perdidas. Assim, nos cultivos reduzidos, onde pequenas quantidades de solo são perdidas, possivelmente perder-se-ão menos nutrientes e matéria orgânica, salvo se as concentrações destes e o volume de escoamento nestes sistemas de preparo forem suficientemente maiores para compensarem a menor perda de solo.

Silva e Silva (1997a) estudaram a eficiência de cordões de pedra em contorno na retenção de sedimentos e melhoramentos de propriedades de um solo litólico. O experimento foi realizado em Quixadá-CE, de março a julho de 1994. Sob declive de  $0,03 \text{ mm}^{-1}$ , treze anos após a construção de cordões de pedra em contorno, a massa de sedimentos retida e as mudanças que esta prática de controle da erosão induziu nas características químicas, físicas e topográficas foram avaliadas. Foi claramente

evidenciada a eficiência dos cordões de pedra em contorno. As deposições provocadas por estes formaram, progressivamente, patamares pelo nivelamento natural da superfície original do terreno. Os cordões retiveram uma média de  $60 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , induziram expressivos melhoramentos na qualidade do solo, tais como: profundidade efetiva, que foi aumentada nas áreas de deposição em 30 cm; porosidade; água disponível; matéria orgânica; nitrogênio; soma de bases; saturação de bases e capacidade de troca de cátions. Por outro lado, verificou-se um decréscimo de alumínio nas camadas de sedimentos retidos pelos cordões de pedra em contorno, ao longo dos treze anos de controle da erosão.

### 3.6 Solos

De acordo com Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, a capacidade de uso é classificada mediante o *Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso* (EMBRAPA, 1999), conforme estão apresentados na Figura 3.1 e Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3.

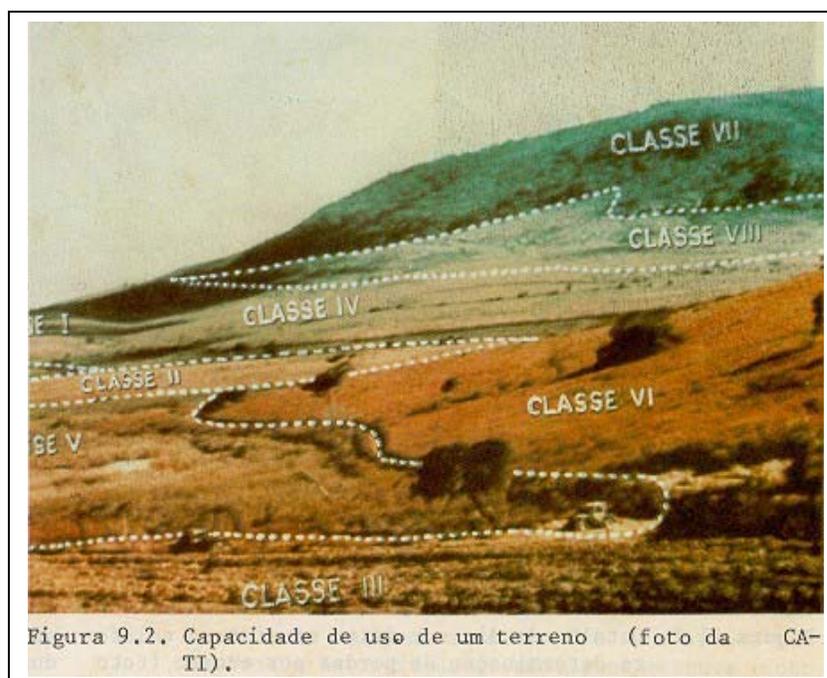


Figura 9.2. Capacidade de uso de um terreno (foto da CA-TI).

**FIGURA 3.1** - Paisagem de classificação das classes de capacidade de uso do solo.

**TABELA 3.1** Classes de capacidade de uso\*<sup>1</sup>

<b>Grupo A</b>  (terras passíveis de serem utilizadas com culturas anuais, perenes, pastagens, reflorestamento e vida silvestre).	<b>Classe I</b>	Terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação (cor convencional: verde-claro).
	<b>Classe II</b>	Terras cultiváveis com problemas simples de conservação (cor convencional: amarelo).
	<b>Classe III</b>	Terras cultiváveis com problemas complexos de conservação (cor convencional: vermelho)
	<b>Classe IV</b>	Terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação (cor convencional: azul).
<b>Grupo B</b>  (terras normalmente impróprias para cultivos intensivos, mas adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre).	<b>Classe V</b>	Terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais (cor convencional: verde-escuro).
	<b>Classe VI</b>	Terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação, cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetora do solo (cor convencional: alaranjado).
	<b>Classe VII</b>	Terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação (cor convencional: marrom).
<b>Grupo C</b>  (terras não adequadas para cultivos, pastagens ou reflorestamento.	<b>Classe VIII</b>	Terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestres, como ambiente para recreação ou para fins de armazenamento de água (cor convencional: roxo).

Fonte: EMBRAPA, (1999).

**TABELA 3.2** - Subclasses de capacidade de uso.

Subclasses	Natureza
e	limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão.

<sup>1</sup>\* Os textos das tabelas foram transferidos *ipsis litteris* para cá.

<b>s</b>	limitações relativas ao solo.
<b>a</b>	limitações por excesso de água.
<b>c</b>	limitações climáticas.

Fonte: EMBRAPA, (1999).

Os termos empregados nas classes de profundidade dos solos servem para designar condições de solos nas quais um contato lítico ou um nível de lençol de água permanente ocorra. Na Tabela 3.5 especificam-se tais classes.

**TABELA 3.3 - Classes de profundidade dos solos**

<b>Raso</b>	≤ 50 cm de profundidade.
<b>Pouco profundo</b>	> 50cm ≤ 100cm de profundidade.
<b>Profundo</b>	> 100cm ≤ 200cm de profundidade.
<b>Muito profundo</b>	> 200cm de profundidade.

Fonte: EMBRAPA (1999).

Na Tabela 3.4 estão apresentados os grupamentos texturais que são a reunião de uma ou mais classe de texturas.

**TABELA 3.4 - Grupamentos texturais**

	<b>Textura arenosa</b>	- compreende as classes texturais areia e areia franca.
	<b>Textura média</b>	- compreende classes texturais ou parte delas, tendo na composição granulométrica menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca.
<b>Textura</b>	<b>Argilosa</b>	- compreende classes texturais ou parte delas tendo na composição granulométrica de 35% a 60% de argila.
	<b>Textura muito argilosa</b>	- compreende classe textural com mais de 60% de argila.
<b>T</b>	<b>Textura siltosa</b>	- compreende parte de classes texturais que tenham menos de 35% de argila e menos de 15% de areia.

Fonte: EMBRAPA (1999).

As classes de drenagem referem-se à quantidade e rapidez com que a água recebida pelo solo se escoar por infiltração e escoamento, afetando as condições hídricas do solo. As classificações das classes de drenagem estão apresentadas na Tabela 3.5.

**TABELA 3.5 - Classes de drenagem**

<b>Classes</b>		<b>Textura</b>
<b>Excessivamente drenado</b>	A água é removida do solo muito rapidamente.	Arenosa.
<b>Fortemente drenado</b>	A água é removida do solo muito rapidamente; são muito porosos.	De média a arenosa e bem permeável.
<b>Acentuadamente drenado</b>	A água é removida do solo rapidamente.	De argilosa a média, muito porosa e bem permeável.
<b>Bem drenado</b>	A água é removida do solo com facilidade, porém não rapidamente.	Argilosa ou média, não ocorrendo normalmente mosqueados de redução.
<b>Moderadamente drenado</b>	A água é removida do solo um tanto lentamente, de modo que o perfil permanece molhado por uma pequena, porém significativa, parte do tempo.	Podem apresentar algum mosqueado de redução na parte inferior do B, ou no topo de mesmo, associado à diferença textural acentuada entre A e B.
<b>Imperfeitamente drenado</b>	A água é removida do solo lentamente, de tal modo que este permanece molhado por um período significativo.	Camada de permeabilidade lenta no solo, lençol freático alto, apresentam algum mosqueado de redução do perfil.
<b>Mal drenado</b>	A água é removida do solo tão lentamente que este permanece molhado por uma grande parte do ano.	Camada lentamente permeável no perfil; o lençol freático comumente está a superfície ou próximo dela; é freqüente a ocorrência de mosqueado no perfil.
<b>Muito mal drenado</b>	A água é removida do solo tão lentamente que o lençol freático permanece à superfície ou próximo dela durante a maior parte do ano.	Usualmente ocupam áreas planas ou depressões, onde há, freqüentemente, estagnação de água.

Fonte: EMBRAPA, (1999).

As classes de reação referem-se às distinções de estado de acidez ou alcalinidade do material dos solos. Segundo critérios adotados pela Embrapa Solos, as classes distinguidas são qualificadas conforme a Tabela 3.6.

**TABELA 3.6 - Classes de reação**

<b>Classes</b>	<b>pH (solo/água 1:2,5)</b>
Extremamente ácido	< 4,3
Fortemente ácido	4,3 - 5,3

Moderadamente ácido	5,4 - 6,5
Praticamente neutro	6,6 - 7,3
Moderadamente alcalino	7,4 - 8,3
Fortemente alcalino	> 8,3

**Fonte:** EMBRAPA (1999)

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização da área em estudo**

#### 4.1.1 Localização e acesso

A área da microbacia do rio Cangati localiza-se no Município de Canindé, no Estado do Ceará, entre os paralelos 4º 35' e 4º 42' S e meridianos 39º 21' e 39º 26' a oeste de Greenwich. Apresenta uma área aproximada de 7.565,30 ha (Figura 4.1). O acesso ao Município de Canindé se dá pela BR 020 Fortaleza – Brasília.

O experimento foi instalado em janeiro de 2002 e conduzido até maio de 2004 na comunidade de Lages, na margem esquerda do rio Cangati, distando 500 m da BR 020 Fortaleza -Brasília, a 140 km de Fortaleza e 35 km da sede do Município de Canindé.

#### 4.1.2 Aspectos gerais da microbacia do rio Cangati

O primeiro procedimento foi o reconhecimento da área em estudo, onde se procurou correlacionar as características morfológicas dos solos com os diferentes fatores de formação, quais sejam, relevo, vegetação, clima e geologia.

##### 4.1.2.1 Bacia hidrográfica

A microbacia do rio Cangati está inserida na bacia Metropolitana, com 15.085 km<sup>2</sup>. Engloba um conjunto de bacias independentes com área variando de quase 60 km<sup>2</sup> (riacho Caponga Funda) até 4.750 km<sup>2</sup> (rio Choro), incluindo as bacias responsáveis pelo abastecimento d'água de Fortaleza, de acordo com o Plano Estadual dos Recursos Hídricos (1992), Figura 4.2.

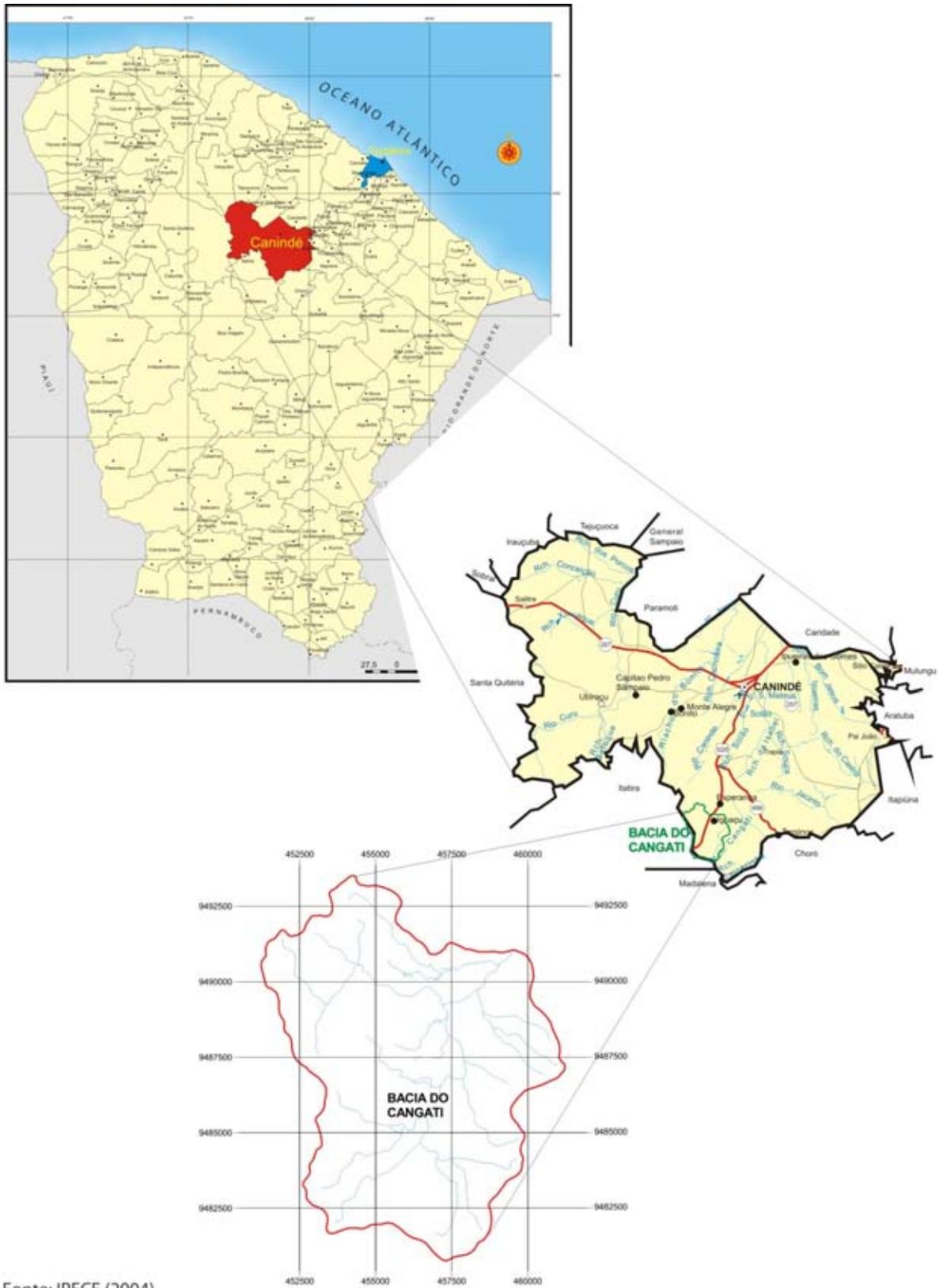
Possui um regime pluviométrico muito irregular; com a concentração das precipitações em poucos meses do ano e a ocorrência de anos chuvosos e outros secos. Tem um embasamento geológico predominantemente cristalino e solos rasos, configurando um meio de elevado coeficiente de escoamento superficial, impermeável, que dificulta a formação de reservas subterrâneas, e um clima quente e estável, com alto poder de evaporação.

O rio Choró tem suas nascentes na região montanhosa formada pelas serras do Estevão, da Palha e Conceição, localizadas quase na região centro do Estado. O comprimento do rio é praticamente igual ao da bacia, 200km. Seu primeiro terço tem um relevo movimentado, declividades muito altas quando na sua origem; já na metade do talvegue, o relevo suave de cotas baixas acarreta declividade média inferior a 0,1%.

O rio Cangati tem sua nascente no sentido sul-norte, na comunidade de Barra Nova, percorre as comunidades de Lages, Iguaçu, na vila Campos toma o sentido oeste-leste, segue Bom Jesus, Piedade, Vila dos Targinos, Palmares, Mulungu, Entre Rios, Teodoros, Caio Prado e entra no rio Choró.

Os limites físicos da microbacia do rio Cangati são compreendidos pelos seguintes acidentes geográficos: lado leste – delimitada pelos divisores de água da serra Talhada e serra Pintada; lado Sul – delimitada pelos cordões de relevos movimentados da localidade de Cachoeira; lado oeste – pelo morro do Pico Alto e formações isoladas de pequenos morros; lado noroeste – pela serra das Imburanas. Esses conjuntos de elevações são que demarcam os divisores de água da referida microbacia, Figura 4.3 (FUNCEME, 2001).

O sistema hidrográfico está constituído por pequenos riachos e córregos temporários e dependentes do regime pluviométrico. O rio principal é o rio Cangati, que no espaço físico da microbacia está no sentido sul-norte. Destacam-se como principais tributários do rio Cangati, pela sua margem direita, os riachos Preá, Salgadinho, das Minas, Boi Pombo, Maíba e Boqueirão; e pela margem esquerda, os riachos Macacos, Arapuá, Felão que, por sua vez, recebe os riachos Carneiro, Compaço, Água Boa, Bananeiras e Imburanas, Figura 4.3 (FUNCEME, 2001).



Fonte: IPECE (2004).

Figura 4.1 - Mapa do Estado do Ceará , destacando o Município de Canindé e a Microbacia do Rio Cangati.

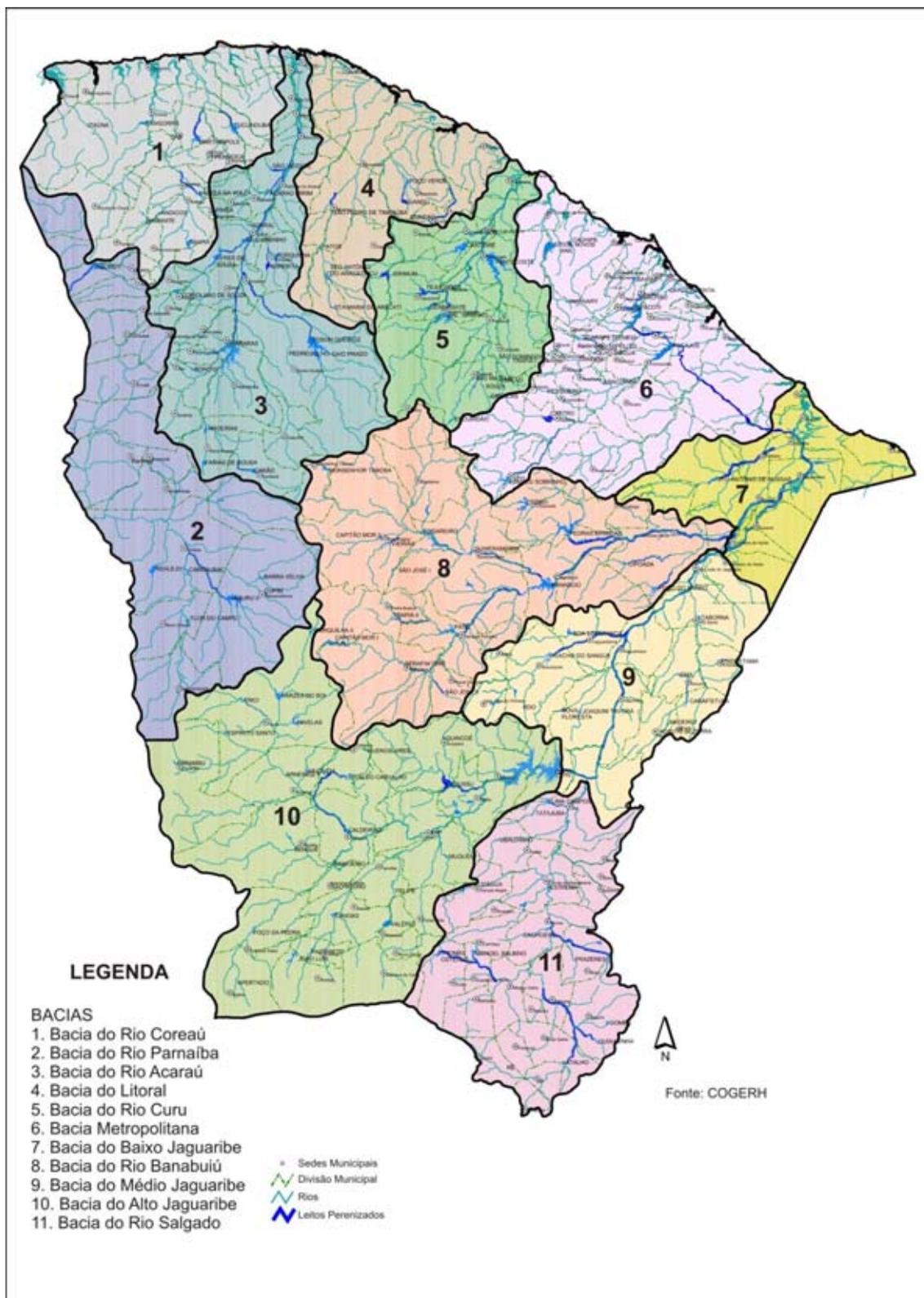


Figura 4.2 - Mapa das bacias hidrográficas do Estado do Ceará.



#### 4.1.2.2 Aspectos climáticos

As características climáticas da microbacia do rio Cangati foram extraídas do levantamento semidetalhado dos solos, realizado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (2001).

Segundo a classificação de Köppen, na área em estudo, o clima é do tipo BSw'h', quente e semi-árido onde a estação chuvosa se atrasa para o outono, observando-se temperatura superior a 18°C no mês mais frio. A precipitação nos últimos 30 anos variou de 190,5 mm/ano (1993) a 1268,3 mm/ano (1974).

A classificação bioclimática de Gaussen fundamenta-se na determinação do período seco e índice xerotérmico, relacionando o ritmo das temperaturas e precipitações durante o ano e considerando os estados favoráveis e desfavoráveis à vegetação. O clima da área, segundo esta classificação, é o 4aTh (termoxeroquimênico), tropical quente de seca atenuada, com estação seca de 7 a 8 meses e índice xerotérmico que varia entre 150 e 200.

Fatores de características intrinsecamente locais podem contribuir para acentuar as condições de seca causadas pela circulação geral da atmosfera, entre os quais estão presentes o alto albedo da superfície (refletividade da superfície à radiação solar) e as características topográficas.

A irradiação solar é alta, estando perto de 2.640 h/ano. A temperatura média é de cerca de 27°C, com máxima próxima de 34°C e mínima em torno de 22°C.

As características do vento em superfície em relação à média anual apresentam o seguinte perfil: direção predominante do Nordeste, entre aproximadamente 3° a 13° S de latitude. A velocidade apresenta intensidades variando entre 5 e 10 m/s.

A umidade relativa do ar apresenta pouca variação ao longo dos meses. Verificam-se maiores percentuais de umidade no período de dezembro a maio, mas

sem diferenças consideráveis em relação aos outros meses do ano. Já a evaporação é bastante intensa, com média anual superior a 1.500 mm.

#### 4.1.3. Balanço hídrico

Para verificar as oscilações pluviométrias da área estudada, fez-se um levantamento dos dados nos últimos 30 anos, os quais estão apresentados na tabela A.1, ANEXO A.

O balanço hídrico é uma ferramenta de alta tecnologia que permite contabilizar, com exatidão, o teor de água no solo, permitindo que se faça um planejamento mais adequado da plantação e da colheita, como também a detecção da necessidade de irrigação ou drenagem do solo. A tabela A.2 ANEXO A, apresenta o balanço hídrico da área de estudo.

A análise do balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather apresentada, mostram que, a maior parte do ano, mais precisamente nos meses de janeiro e de maio a dezembro, apresenta déficit hídrico, caracterizando a seca do ambiente. Este déficit está relacionado não apenas com a escassez da precipitação pluviométrica, como também pela elevada evapotranspiração potencial, por sua vez influenciada pela alta temperatura média alcançada e a velocidade dos ventos.

As culturas de sequeiro deverão aproveitar o pequeno período em que o armazenamento da água no solo é compatível com o suprimento de suas necessidades hídricas, o que limita o aproveitamento destes solos à cultura de ciclo curto. Técnicas de manejo que permitam uma maior retenção de água nestes solos são, portanto, recomendáveis.

#### 4.1.4. Geologia

Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (1983) e Brasil (1973), a geologia limita-se à superfície e ao material originário de importância na gênese dos solos. Foram identificados dois períodos, conforme se segue:

- **Holoceno**, representado pelos aluviões, constituídos de sedimentos não consolidados de natureza e granulometria variadas, formadas por camadas estratificadas de cascalhos, areias, silte e argilas e sem apresentarem disposição preferencial, podendo, ainda, ser influenciados por depósitos orgânicos. Possuem pequena representatividade na área em estudo, localizando-se às margens dos cursos d'água.
- **Proteróico Inferior**, estendendo-se pela maior parte da área em estudo, predominando os migmatitos e gnaisses diversos, encerrando corpos de metacalcáreos, anfibólitos e quartzitos.

#### 4.1.5 Relevo

Foram identificadas três feições distintas de relevo: planícies fluviais, depressão sertaneja e maciços residuais cristalinos, as quais relacionam-se, relativamente, com aspectos geomorfológicos e pedológicos (SOUZA et al., 1979).

- **Planícies fluviais**: têm pouca expressão em termos quantitativos, sendo formas resultantes das deposições fluviais e representadas pelas vazantes e várzeas, com relevo plano e suave ondulado.
- **Depressão sertaneja**: resulta de um acentuado processo erosivo, sob condições de clima semi-árido, em que predomina o intemperismo físico, o qual desagrega as rochas mais superficiais durante o prolongado período seco, sendo o intemperismo químico fator importante no curto período chuvoso. Apresenta relevo, normalmente de suave ondulado a ondulado e ocupa boa parte da microbacia em foco.
- **Maciços residuais cristalinos**: representados na área por serrotes cristalinos de relevo forte ondulado e montanhoso, com grande significação em termos de extensão.

O relevo da microbacia do rio Cangati apresenta-se como ondulado, com morros arredondados, cortados pelas ravinas, que são os leitos de pequenos riachos intermitentes, com o topo mais aplainado e encostas com declividade média de

aproximadamente 20%, conforme o Diagnóstico Rural (PRODHAM, 1999). Nas margens e no próprio leito do curso d'água principal, o rio Cangati, ocorrem áreas praticamente planas. Desta forma, a microbacia foi estratificada em dois principais ambientes, quais sejam: as elevações e as várzeas denominadas pelos agricultores de altos e baixios, respectivamente. As elevações, embora possam ser subdivididas entre a encosta, o topo e as ravinas, apresentam-se como homogêneas entre si, sendo manejadas de forma igual.

O solo, na sua maior parte, apresenta-se com textura argilosa e de coloração avermelhada, classificado como podzólico vermelho-amarelo eutrófico. Os baixios são locais situados às margens dos rios e riachos maiores, e muitas vezes dentro do próprio leito do rio que, durante a maior parte do tempo, não possui água. São solos arenosos, profundos e bem drenados classificados como aluviões, chamados pelos agricultores de “croa”.

#### 4.1.6 Vegetação

A vegetação característica na área é a caatinga hiperxerófila, a qual compreende formações xerófilas lenhosas decíduas, predominando indivíduos de menor porte, pouco densa e com espécies espinhosas, tendo como característica principal a adaptação a longos períodos de seca, típico de clima semi-árido (BRASIL, 1973). A tabela 4.1 apresenta as principais espécies identificadas pela FUNCEME na microbacia do rio Cangati. Na área em estudo, a vegetação foi identificada por parcela, apresentando uma característica herbácea dado o fato de já ser uma área cultivada.

**TABELA 4.1-** Principais espécies verificadas na área em estudo

<b>Nome vulgar</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Família</b>
Malva Branca	<i>Sida cordifolia</i>	Malváceas
Pega-pinto	<i>Boerhaavia coccinea</i> Mill.	Nictagináceas
Jurema	<i>Mimosa cerrucosa</i> Benth.	Leguminosas
Pé-de-Galinha	<i>Panicum crus-galli</i> Linn.	Gramíneas
Quebra-panela	<i>G. demissa</i> Mart.	Amarantáceas
Chanana	<i>Turnera ulmifolia</i> Linn.	Turneráceas
Bamburral	<i>Hyptis umbrosa</i> salzm.	Labiadas
Feijão-de-rola	<i>Phaseolus lathyroides</i> Linn.	Leguminosa
Vassourinha	<i>Stylosanthes angustifolia</i> Vog.	Leguminosa
Melancia-da-praia	<i>Remirea marítima</i>	Ciperácea
Mimoso	<i>Cassia sericea</i> Swartz.	Leguminosas
Mata-pasto	<i>Acanthospermum hispidum</i> D.C.	Composta
Capim-panasco	<i>Aristida setifolia</i> H.B.K	Gramíneas
Capim-mimoso	<i>Anthephora hermaphrodita</i> kuntze	Gramíneas
Capim-retirante	<i>Acanthospermum hispidum</i> D.C.	Malváceas

Fonte: FUNCEME (2001).

## 4.2 Aspectos socioeconômicos da microbacia do rio Cangati

### 4.2.1 Origem e População

A microbacia do rio Cangati é composta por cinco comunidades, de médio e pequeno porte, que por ordem de importância são: Iguaçu (distrito), São Luís, Lajes, Cacimba de Baixo e Barra Nova.

A comunidade Iguaçu remonta aproximadamente da década de 1910, quando iniciou com três famílias e até o início da década de 1970 não passava de um vilarejo com umas trinta famílias, a maior parte morando em casas de taipa. As fortes estiagens que assolaram a região nos anos de 1915, 1930, 1941, 1942, 1958, 1966, 1979 e 1983 marcaram a comunidade, provocando a perda das lavouras, a mortalidade dos animais

e agravando as já precárias condições de vida das famílias (PRODHAM,1999). A composição atual das famílias está na tabela 4.2.

**Tabela 4.2-** Composição das famílias de Iguazu por sexo e faixa etária

<b>Homens</b>	<b>Mulheres</b>	<b>Total</b>
0 – 14 anos: 93	0 – 14 anos: 58	151
15 – 35 anos : 85	15 – 35 anos : 73	158
36 – 55 anos : 33	36 – 55 anos : 36	69
56 – 65 anos : 13	56 – 65 anos : 15	28
Mais de 65 anos : 15	Mais de 65 anos : 12	27
239	194	433

**Fonte:** Secretaria Municipal de Saúde de Canindé, 1998.

Observa-se que aproximadamente 75% dos moradores são crianças e jovens, o que supõe uma contínua e persistente pressão sobre o uso da terra.

#### 4.2.2 Serviços e infra-estrutura

Em 1979, foi construída a BR 020, responsável pela degradação de várias áreas agricultáveis por meio da extração de material para sua construção, Figura C ANEXO C. Em 1982, foi edificado o grupo escolar, obras de infra-estrutura que favoreceram o crescimento demográfico da comunidade, hoje constituída de aproximadamente 100 famílias, sendo em torno de 430 pessoas, cuja distribuição está relacionada na tabela 4.7 e a maioria das moradias é de tijolos, com 3 a 4 cômodos, varanda, banheiro e sistemas de captação da água de chuva com cisternas de pequeno porte.

A infra-estrutura, na sua maioria, é comunitária, como, a energia elétrica, instalada em 1993 pelo do Projeto São José, uma igreja evangélica, uma capela católica, um posto de saúde, um campo de futebol, um telefone público instalado em 1996, um poço profundo com dessalinizador, construído em 1997, pelo Projeto Canindé, que abastece a maioria das famílias. Há três açudes utilizados mais para o abastecimento animal.

Por intermédio do Projeto Canindé (EMATERCE e Secretaria de Agricultura do Município), os agricultores da microbacia do rio Cangati recebem assistência técnica, que, segundo as suas avaliações, são irregulares e insuficientes, o que é comprovado pela grande falta de informação em relação ao uso de defensivos químicos, uso inadequado do solo, como plantios às margens dos cursos d'água e morro abaixo.

Por meio do PRODHAM, foi implantada uma rede de abastecimento d'água, com a construção de 110 cisternas de placas, foram construídas barragens subterrâneas e iniciado o trabalho de recuperação ripária ao longo do rio e preservação da mata ciliar. Nas escolas, desenvolve-se um trabalho de educação ambiental, com a conscientização da importância da preservação ambiental e sobretudo da regeneração da mata ciliar ao longo do curso do rio Cangati, que foi eliminada para os cultivos, tendo em vista que é a principal unidade de fertilidade para a exploração agrícola, pois são aluviões ribeirinhas das quais o homem da região, lançando mão do machado e da foice, extraiu a mata ciliar. O PRODHAM está tentando resgatar a importância de uma cortina verde ao longo do rio Cangati.

#### 4.2.3 Estrutura fundiária

A estrutura fundiária é constituída por cinco propriedades que concentram as terras disponíveis, de acordo com a tabela 4.3.

**Tabela 4.3 - Estrutura fundiária de Iguaçu – Canindé - CE**

<b>Tipologia das propriedades</b>	<b>Nº de ha</b>	<b>Nº de propriedades</b>	<b>Área total estimada (ha)</b>	<b>Área média (ha)</b>
Minifúndios	0 - 20	68	230	3,4
Pequena	21- 100	-	-	-
Média	100 - 300	-	-	-
Grande	>300	1	800	800
Total		89	1.030	

**Fonte:** PRODHAM, 1999.

As principais atividades agropecuárias dos agricultores da microbacia do rio Cangati são a exploração das culturas de feijão, milho e algodão, e uma pequena parte cria gado para corte e leite. A mão-de-obra utilizada é a familiar.

O principal problema é a baixa produção das culturas, em razão da baixa precipitação, do ataque de pragas, da falta de recursos para investir no sistema de produção e do enfraquecimento do solo, sendo suas causas relacionadas à forma de manejo inadequado – principalmente nas terras de alto – a queima da vegetação de capoeira, o plantio “morro abaixo” e à diminuição do período de pousio, que desencadeiam um processo de perda da fertilidade natural dos solos pela erosão, perda de matéria orgânica e o carreamento dos nutrientes sem reposição.

#### 4.2.4 Estrutura da renda familiar

A análise da renda familiar na microbacia baseou-se no levantamento de custos - receitas reais, nos cálculos econômicos derivados destes dados, e numa estimativa da renda indireta de subsistência e da renda não agrícola da comunidade de Iguaçu, de acordo com PRODHAM (1999), a renda familiar apresenta uma média de R\$3.757,75 por ano (Tabela A3 ANEXO A).

#### 4.2.5 Uso e ocupação do solo da microbacia do rio Cangati.

A região apresentava grande cobertura florestal nativa, mas para atender as necessidades dos moradores, começou a ser desmatada para feitura dos roçados de milho, mandioca, feijão, algodão e utilizadas as madeiras para as construções das casas, cercas, lenha para cozinhar e para carvão.

O uso agrícola feito por meio do sistema tradicional da broca consiste na derrubada da vegetação, que após, secar é queimada para a limpeza da área. O plantio feito morro abaixo é um dos fatores mais agravantes para a degradação ambiental da microbacia, pois o escoamento superficial e o baixo teor de matéria orgânica que fica no solo têm provocado a baixa fertilidade, a diminuição da água das nascentes e o aumento considerável da evaporação.

O PRODHAM começou com a idéia de mapear dois ecossistemas distintos do semi-árido do Estado. Tomou-se a serra de Baturité como referência por ser o grande

divisor d'águas de duas bacias hidrográficas extremamente importantes para o Estado do Ceará – a bacia Metropolitana e a bacia do rio Curu.

Avaliando esses dois ecossistemas distintos, serra de Baturité, área úmida, com uma agricultura mais diversificada, com pequenos e médios produtores explorando culturas mais nobres, como horticultura e floricultura; enquanto que a área do rio Cangati é representativa do ecossistema mais seco, semi-árido puro, com baixa precipitação, onde predominam solos rasos, extremamente litólicos, caatinga dispersa, agricultura de subsistência, uma pressão antrópica bastante significativa, e que têm em comum um grau de associativismo e de cooperativismo, o que era uma exigência do Banco Mundial, passaram a ser trabalhadas e desenvolvidas as ações do Programa.

No caso específico da área em estudo, esta foi escolhida por ser degradada em consequência do manejo inadequado do solo pelo proprietário, que, sem ter conhecimentos dos riscos da erosão e de práticas conservacionistas, fez uso da mecanização agrícola, aração no sentido da declividade, “morro abaixo”, e em apenas um ano degradou toda a área.

#### 4.2.6 Caracterização da unidade de solo trabalhada

##### 4.2.6.1 Argissolos (Podzólico Vermelho – Amarelo)

Compreende solos minerais com horizonte B textural, não hidromórficos, tendo seqüência de horizontes A - Bt - C, bem diferenciados, cujas transições são, normalmente, claras ou graduais e, em menor número de casos, abrupta do A para o Bt, apresentando ou não, neste último horizonte, película de materiais estruturais.

Na área da bacia do rio Cangati, estes solos apresentam argila de atividade alta, ou seja, capacidade de troca de cátions após correção para carbono acima de 24 cmolc/kg de argila, caráter eutrófico (valor V maior que 50%) e são solos pouco profundos. Ocorrem perfis com transição abrupta do horizonte A para o B textural, anexo B.1.

Classificação: Argissolos (Podzólico Vermelho-Amarelo) Ta eutrófico pouco profundo abrupto A moderada textura arenosa/média, fase caatinga hiperxerófila relevo ondulado (UNIDADE DE MAPEAMENTO - PE<sub>2</sub>).

Localização, município, estado e coordenadas - Rodovia que liga Canindé a Madalena, BR 020, a 39km de Canindé, derivação à direita a 300 metros da rodovia. Canindé - Ceará 04° 38' 47"S e 39° 23' 28" W de Gr.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil - trincheira aberta no terço superior de uma elevação com 8% a 12<sup>a</sup>% de declividade, capoeira.

*Altitude - 315 m	Relevo regional - Ondulado
Litologia – Gnaisse e granito	Erosão – Laminar moderada
Cronologia – Pré-Cambriano	Drenagem – Bem drenado
Material originário – Saprolito da rocha subj.	Uso atual - Capoeira
Pedregosidade – Não pedregosa	Vegetação primária – Caatinga hiperxer.
Rochosidade – Não rochosa	Clima – BSw'h' de Köppen e 4aTh de
Relevo local - Ondulado	Gausen

#### 4.2.6.2- Descrição morfológica

- A<sub>1</sub> (0 - 15cm); bruno-amarelo-escuro (10YR <sup>3</sup>/<sub>4</sub>, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); areia franca; fraca muito pequena e pequena granular e grãos simples; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.
- A<sub>2</sub> (15 - 25 cm): bruno-amarelado-escuro (10YR <sup>3</sup>/<sub>4</sub>, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/6, seco); franco-arenoso; fraca muito pequena blocos subangulares; duro, friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição plana e abrupta.
- B (25 - 58 cm): bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmido), Bruno-amarelado (10YR 5/6, seco); franco-argiloso-arenoso; moderada média blocos subangulares; muito duro, firme muito plástico e muito pegajoso; transição plana e clara.
- C (58 - 68 cm+): rocha em decomposição.  
Raízes – comuns finas nos horizontes A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>. Raras finas no horizonte B.

#### 4.2.6.3 Subclasse de capacidade de uso

A área experimental, quanto a sua capacidade de uso, foi classificada de acordo com as normas propostas pelo Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso da SBCS (Sociedade Brasileira de Ciências do Solo), como sendo da CLASSE IV e,s.

Nesta classe, as terras são cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada com sérios problemas de conservação do solo, apresentando, todavia, limitação concernente à presença de risco de erosão hídrica, como também limitações referentes ao solo. Podem ser caracterizadas pelos seguintes aspectos: declive íngreme, erosão severa, obstáculos físicos, como pedregosidade ou drenagem muito deficiente, baixa produtividade e impróprias para o cultivo motomecanizado (Figura 4.4).



### 4.3 Procedimento para construção dos cordões de pedra

Na área experimental, foram feitas observações referentes à erosibilidade e ao uso agrícola. Observou-se que as declividades constituíam fatores agravantes do processo erosivo no solo. Com a finalidade de diminuir o carreamento dos sedimentos, foram construídos três cordões de pedra em contorno, totalizando uma área de 673m<sup>2</sup>, conforme as etapas a seguir descritas.

Realizou-se o levantamento topográfico por meio do nível topográfico para determinação da altitude e inclinação do terreno, figura 4.5. Com estes dados, calculou-se o percentual de declividade, conforme está apresentado na equação 5.1, para demarcar o espaçamento entre os cordões de pedra, obedecendo aos dados contidos na tabela 1B, ANEXO B.

$$D = \frac{H}{L} \times 100 \quad \text{Eq.(4.1)}$$

onde: D = declividade

H = altura

L = largura



**FIGURA 4.5** - Levantamento topográfico e demarcação das parcelas na área em estudo, 2002.

A declividade da área estudada foi determinada em função da textura do solo, classificado como luvissole crômico Ta órtico típico A moderado, textura arenosa/média fase, caatinga hiperxerófila, relevo ondulado. Após a determinação da declividade foram localizadas as curvas de nível de acordo com o espaçamento determinado, conforme está mostrado na figura 4.6.



**FIGURA 4.6** - Nivelamento do terreno para construção dos cordões de pedra em contorno na área em estudo, 2002.

Os cordões de pedra em contorno foram construídos segundo a linha de nível, estabelecidos sobre a superfície do terreno (figura 4.7). Foram usadas as pedras que afloravam no próprio terreno (figura 4.8). Pedras com diâmetro médio de 0,15 m foram transportadas em padiolas, figura 4.9 e empilhadas a uma altura e largura de aproximadamente 0,40 m, cujo espaçamento vertical variou de 1,04 a 1,90 m.



**Figura 4.7-** Construção dos cordões de pedra em contorno, 2002.

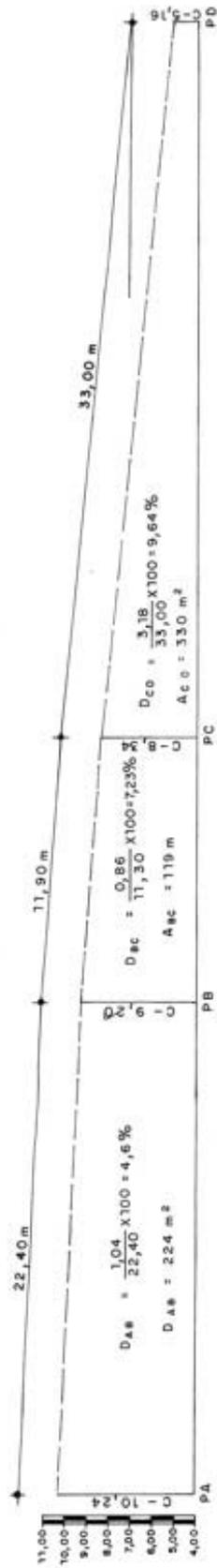


**FIGURA 4.8 -** Afloramento rochoso no próprio terreno da área em estudo, 2002.



**FIGURA 4.9** – Padiola construída na área em estudo, 2002.

Partindo-se do ponto zero (topo do morro), o primeiro cordão de pedra correspondeu à parcela I, o manejo realizado no solo foi um roço e distou 22,40 m do próximo cordão de pedra em contorno. O segundo cordão de pedra, que correspondeu à parcela II, o manejo realizado no solo foi uma aração (mobilização do solo) e distou 11,90 m do próximo cordão de pedra em contorno. E o terceiro cordão de pedra, que correspondeu à parcela III, o manejo realizado no solo foi à manutenção da vegetação natural e distou 33,00 m. Esses tratamentos foram realizados somente no primeiro ano (implantação da área) para análise comparativa de remoção e deposição de sedimentos. Todos os cordões tiveram largura em torno de 10,00 m, totalizando uma área de 673 m<sup>2</sup>, conforme está apresentado na figura 4.10.



$$D_{AB} = \frac{1,04}{22,40} \times 100 = 4,6\%$$

$$D_{AB} = 224 \text{ m}^2$$

$$D_{BC} = \frac{0,86}{11,30} \times 100 = 7,23\%$$

$$A_{BC} = 119 \text{ m}^2$$

$$D_{CD} = \frac{3,18}{33,00} \times 100 = 9,64\%$$

$$A_{CD} = 330 \text{ m}^2$$

$$D_T = \frac{H}{L} \times 100 = \frac{5,08 \text{ m}}{67,30 \text{ m}} \times 100 = 7,55\%$$

$$L = 22,40 \text{ m} + 11,30 \text{ m} + 33,00 \text{ m} = 67,30 \text{ m}$$

$$H = 10,24 \text{ m} - 5,16 \text{ m} = 5,08 \text{ m}$$

OCL 12.03.02

MICROBACIA DO RIO CANGATI  
 MUNICÍPIO DE CANINDE  
 PERFIL LONGITUDINAL DAS PARCELAS  
 DE CONTROLE DE EROSÃO

ESCALA: 1 / 200 DATA: 24 OUTUBRO 2002

FIGURA 4.10 - Perfil longitudinal das parcelas da área em estudo, 2002.

As declividades encontradas no terreno apresentaram valores de 4,6%, 7,23% e 9,64% correspondentes às parcelas I, II e III. Observou-se que, sob as referidas declividades, constituíram fatores agravantes do processo erosivo no solo daquela área (Figura 4.11).



**FIGURA 4.11** – Processo erosivo na área da bacia do rio Cangati, 2002.

Após a construção dos cordões de pedra em contorno, fez-se a delimitação da área com uso de tijolos para evitar o escoamento de material erodido, Figura 4.11



**FIGURA 4.12** – Delimitação da área em estudo, 2002.

#### 4.4 Procedimento de coleta de sedimentos

Colocou-se uma lona plástica de 150 micra sobre a parede montante do cordão de pedra em contorno para possibilitar a coleta dos sedimentos carregados pela chuva (Figura 4.13 e 4.14).



**Figura 4.13-** Instalação das lonas plásticas nas parcelas dos cordões de pedra em contorno na área em estudo, 2002.



**Figura 4.14-** Coletor de sedimento da área em estudo, 2002.

Em seguida, instalou-se dentro da área experimental um pluviômetro, para leitura diária, figura 4.15.



**Figura 4.15-** Pluviômetro instalado na área em estudo, 2002.

O material carregado para os coletores de cada parcela, no período da quadra invernos, a montante e tangenciando o cordão de pedra, onde se evidenciaram a retenção e a deposição de sedimentos, foi homogeneizado, pesado e recolhidas as amostras para as análises física e química no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Ceará, por meio do convênio FUNCEME/UFC, conforme está ilustrado na figura 4.16 e tabela 4.4.



**Figura 4.16** – Material coletado para análise físico-química da área em estudo, 2002.

**Tabela 4.4-** Pesagem dos sedimentos retidos nos cordões de pedra em contorno, 2002.

<b>AMOSTRA (kg)</b>	
Parcela I	25,00
Parcela II	30,50
Parcela III	11,50

#### 4.5 Procedimento de análise

As propriedades físicas e químicas do solo nas áreas de remoção e deposição de sedimentos foram determinadas em uma amostragem de três volumes de terra, um de cada parcela, coletados nos finais da quadra invernos.

Seguiu-se o procedimento de análise do *Manual de Métodos de Análise de Solo do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS)* da EMBRAPA (1997) de acordo com a tabela 4.5.

**TABELA 4.5-** Métodos empregados na determinação dos parâmetros físicos e químicos do solo

PARÂMETROS	MÉTODO EMPREGADO
<b>FÍSICOS</b>	
Granulometria	Método da pipeta
Classificação textural	Triângulo de classificação empregado pelo U.S. Department. of Agriculture
Grau de floculação	Método da pipeta
Densidade real	Método do balão volumétrico
Densidade aparente	Método da proveta
Umidade	Método de extrator de Richard
Condutividade elétrica	Método potenciométrico
<b>QUÍMICOS</b>	
Carbono orgânico	Método volumétrico pelo bicromato de potássio
Nitrogênio total	Método volumétrico pelo hidróxido de sódio
pH (em água)	Método eletrométrico
Fósforo assimilável	Método colorimétrico pelo ácido ascórbico
Cálcio e magnésio trocáveis	Método titulométrico com EDTA
Potássio e alumínio trocáveis	Método titulométrico com hidróxido de sódio
Alumínio trocável	Método titulométrico com hidróxido de sódio

**Fonte:** EMBRAPA (1997)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Comportamento da granulometria dos sedimentos retidos nos cordões de pedra em contorno

#### 5.1.1 Aspectos gerais

A metodologia utilizada no exame dos resultados foi comparar os componentes físicos do solo entre as amostras colhidas do solo da área do experimento, *in situ*, com a amostra colhida no material carregado pelas chuvas e depositado a montante dos cordões de pedra em contorno.

Para melhor compreensão do processo, os materiais obtidos nessas duas situações diferentes, área *in situ* e área dos cordões de pedra em contorno, faixa a montante do cordão, foram assim definidas para efeito de análise:

- amostra *in situ* - análise física e química do solo representativa das três áreas a montante dos cordões de pedra, que formam o terraciamento da meia encosta. Foi considerado, para maior coerência, o primeiro horizonte da trincheira (0 - 15cm), que compreende a zona erosiva da mancha. Do ponto de vista pedológico, o solo objeto do experimento pode ser considerado homogêneo, tratando-se de um podzólico vermelho-amarelo (PE<sub>2</sub>). Tal análise com duas amostras, pelo caráter uniforme do solo e a reduzida superfície da área, (673m<sup>2</sup>) do experimento, pode ser considerada uma referência confiável;
- amostra do material transportado e depositado no cordão de pedra em contorno - a análise física e química foi realizada com material carregado pela chuva, decorrente da erosão hídrica da área de montante e depositada bem próxima à trincheira de pedra.

Como a experiência adotava uma lona de plástico colocada no início do experimento, a amostra coletada ao longo dos três anos pode ser considerada representativa do fenômeno erosivo. O volume de concentração é relativo, pois na experiência não foi medido o valor absoluto, o que não é do interesse do estudo.

O comentário que segue é referente aos resultados apresentados na matriz de dados físicos correspondentes aos anos de 2002, 2003, 2004, conjugados com as três parcelas que integram a área do modelo (Anexo B. 2, Tabela B. 2. 13).

Para efeito de melhor clareza na interpretação dos resultados, foi estabelecido o valor médio das amostras *in situ* e considerado o gradiente de cada valor da amostra transportada e depositada próximo ao cordão de pedra, pela média correspondente dos dados obtidos *in situ*, permitindo formatar uma matriz adimensional, com o objetivo de avaliar a correlação das amostras no âmbito do processo de conservação e proteção do solo, conforme equação 2.

$$x_{in} = \frac{X_i}{X_0} \therefore X_0 = \frac{X_1 + X_2}{2} \quad \text{(EQUAÇÃO 2)}$$

$X_{in}$  = Relação adimensional entre os valores do parâmetro do solo depositado no cordão e a média dos valores das amostras *in situ*.

$X_i$  = Valor do parâmetro correspondente amostra do solo, depositado no cordão.

$X_0$  = Média do parâmetro das amostras *in situ*.

$X_1$  = Valor do parâmetro correspondente a amostra *in situ* do perfil 1.

$X_2$  = Valor do parâmetro correspondente a amostra *in situ* do perfil 2.

A equação foi utilizada para determinar a correlação das amostras *in situ* com os sedimentos transportados e depositados nos cordões de pedra em contorno, demonstrados nas tabelas B.2.1 à B.2.14 do ANEXO B.2.

A experiência foi submetida a três invernos típicos: o ano de 2002 foi caracterizado por um inverno abaixo da média, o ano 2003 foi um inverno normal ou quase regular e o ano 2004 foi um inverno acima da média, com grande concentração de chuvas e enchentes no mês de janeiro (Anexo A, Tabela A.1).

### 5.1.2 Atributos físicos

No caso específico dos atributos físicos, que melhor espelham o controle de erosão, a manutenção das características físicas do solo e a proteção de cobertura, a análise prender-se-á aos componentes diretos da granulometria e aos demais índices indiretos, como densidade, umidade, pH e CE (Anexo B.1).

Por outro lado, é importante apontar a coerência de alguns resultados, para demonstrar o valor da experiência, uma vez que os resultados são produtos do fenômeno físico da chuva, declividade e composição do solo. Ademais é relevante por estabelecer fidelidade ao mais importante postulado da Física – a Lei de Conservação da Massa – pois os elementos físicos representam a composição volumétrica do solo, portanto, o seu aspecto quantitativo. Esta lei foi elaborada em 1774, pelo químico francês Antoine Laurent Lavoisier. Os estudos experimentais realizados por Lavoisier levaram-no a concluir que, numa reação química, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos.

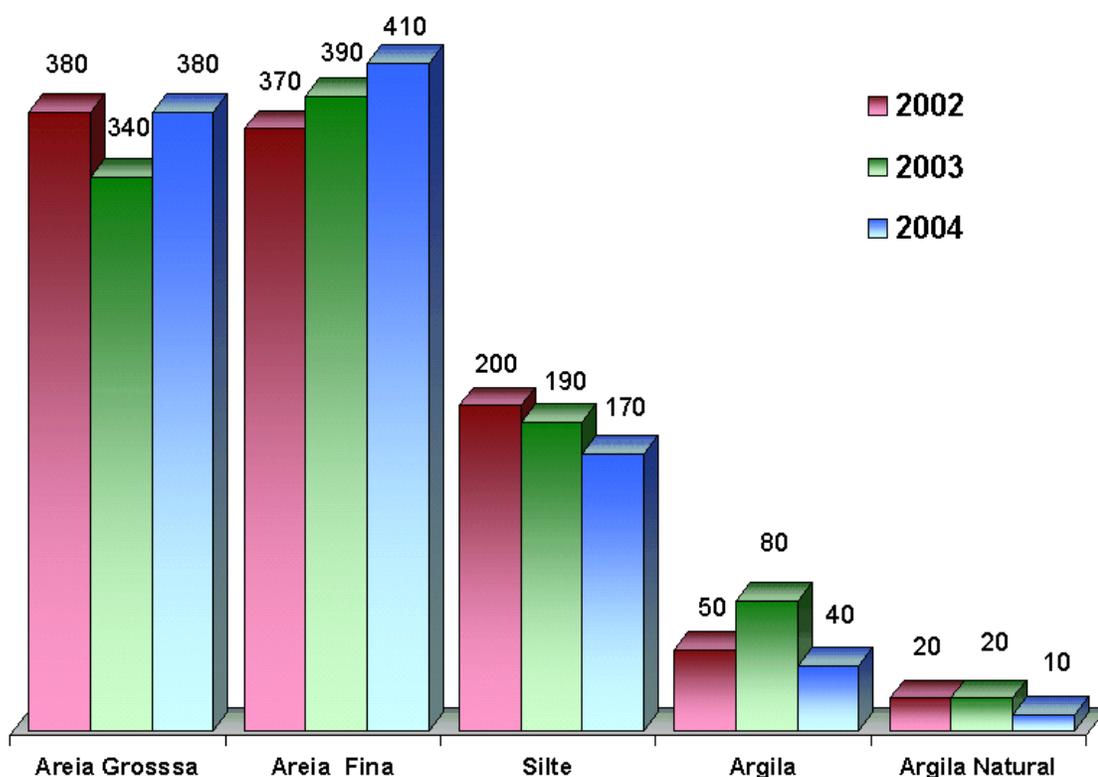
Um exame da matriz dos elementos físicos detecta alguns resultados com razoável legitimidade. No plano geral a experiência do “terraceamento” em cordões de pedra em contorno propicia de fato um manejo conservacionista da base física, deposita camadas de sedimento, evita a degradação do solo e pode proporcionar melhoria na sua qualidade, pois controla a erosão e deposita camadas, a cada estação invernos, de sedimentos de jusante para montante, ampliando o processo de nivelamento do terraço.

É possível ainda afirmar que as três parcelas com diferentes tratamentos de cobertura, parcela I (roço), parcela II (aração em curva de nível) e parcela III (vegetação natural) apresentam comportamento semelhante, com algumas

variações explicáveis, pois há clara concentração de nutrientes conforme os volumes do material e da densidade que se mantém de forma permanente.

No plano específico, como predomina no processo de erosão, sobretudo no solo do tipo podzólico classificado como areia franca, o arraste da camada superficial, a areia grossa, a matriz 1 ANEXO B demonstra a eficiência do terraceamento na contenção dos materiais do solo, acontecendo até um processo de concentração. Isto apesar de específicos resultados contraditórios, considerando as limitações do experimento realizado no campo.

▪ Parcela I (roço)

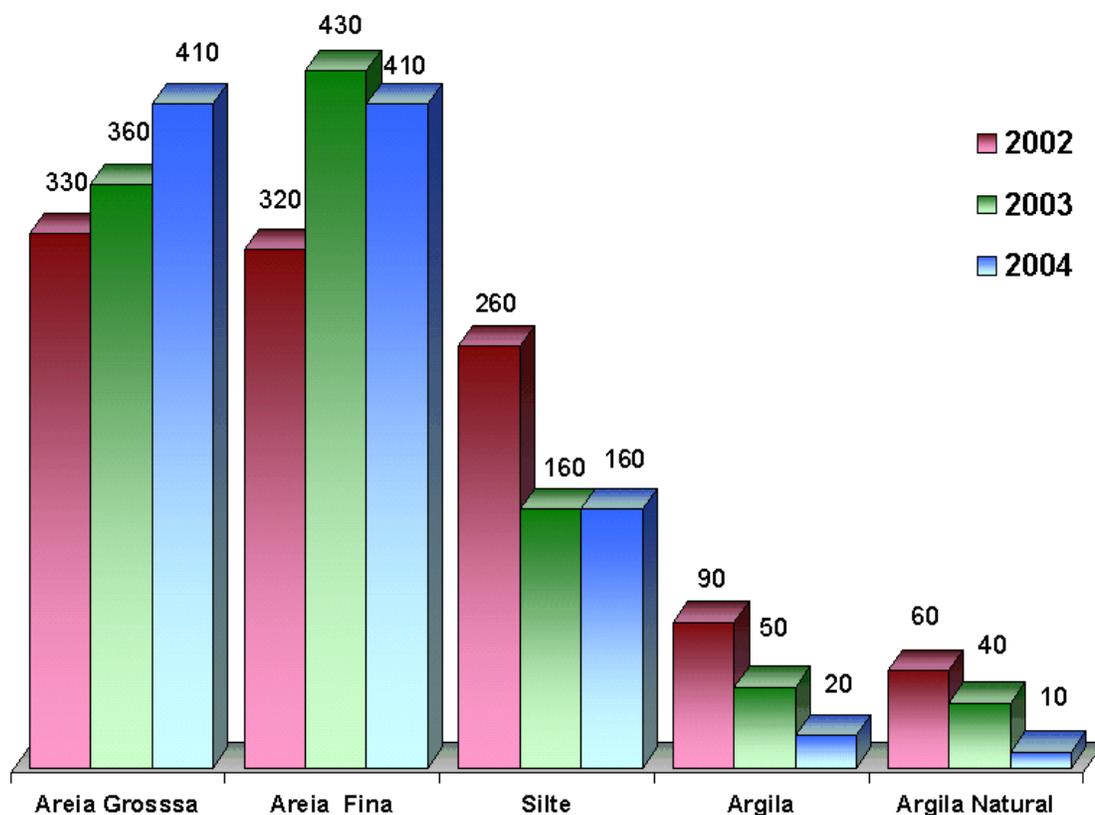


**Figura 5.1-** Composição granulométrica do solo (g/kg) referente à parcela I (roço).

As retenções dos nutrientes nos cordões de pedra em contorno ocorridas na parcela I, demonstrada na figura 5.1, estão de acordo com Kiehl (1979), para quem à medida que aumenta o conteúdo de areia de um solo, os teores de silte e argila

devem, forçosamente, diminuir, como também diminuem os microporos do solo, responsáveis pela retenção de água.

- Parcela II (aração)

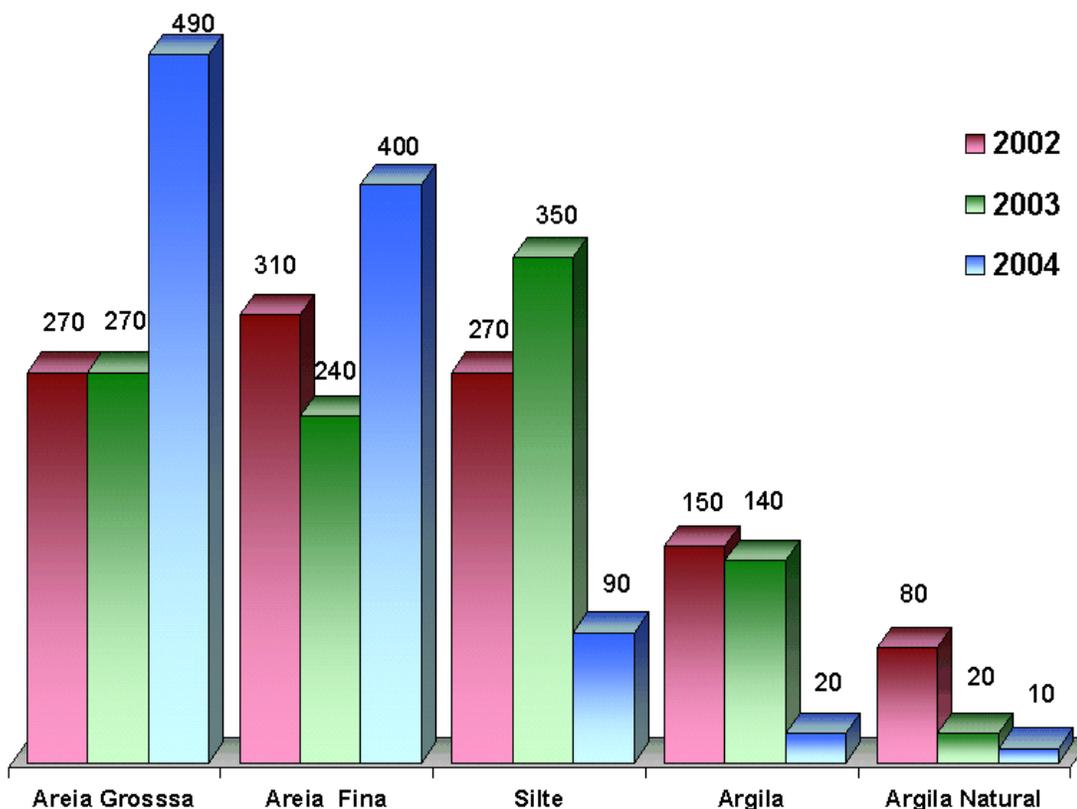


**Figura 5.2-** Composição granulométrica do solo (g/kg) referente à parcela II (aração).

O aumento da areia grossa no ano 2004, na parcela II, é perfeitamente explicado, pois para um solo descoberto, onde houve mobilização do solo, não resistiu à pesada enchente de janeiro de 2004, carreando material para a área de retenção. É de fácil verificação o fato de que também aconteceram expressivas diminuições de areia fina e silte, tudo isto ainda em razão da forte concentração de chuvas num só mês.

Outro ponto que guarda uma certa coerência é que, sempre que há elevação das argilas, a umidade em geral cresce, onde predomina a mesma correlação de Kiehl (1979), referente à parcela I.

- Parcela III (cobertura vegetal)



**Figura 5.3-** Composição granulométrica do solo (g/kg) referente à parcela III (cobertura natural).

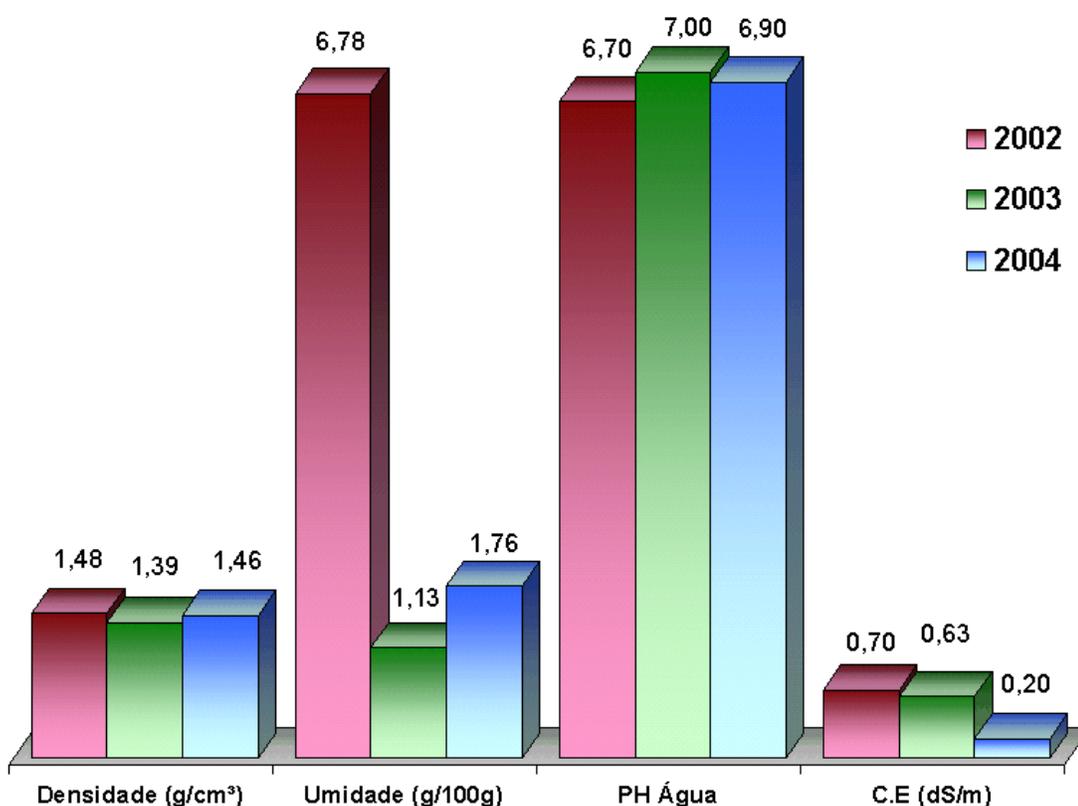
As considerações são as mesmas das parcelas anteriores, evidenciando a mesma correlação de Kiehl (1979).

A retenção de água no solo está diretamente relacionada à argila, com o aumento significativo da fração de areia e a diminuição do silte e argila nas três parcelas do ano 2002 ao 2004, a retenção de água baixou significativamente, visto

que, aumentando o conteúdo de areia, diminuem os microporos do solo, responsáveis pela maior retenção de água. Inversamente, diminuindo o teor de areia, aumenta o de argila, geralmente em proporção maior do que aumenta a de silte, crescendo a microporosidade do solo (KIEHL,1979).

### 5.1.3 Atributos físico-químicos

- Parcela I (roço)



**Figura 5.4-** densidade, umidade, pH e condutividade elétrica da parcela I (roço).

A densidade peso do solo) depende da natureza, das dimensões e da forma como se acham dispostas as partículas no solo. As amplitudes de variação das densidades situam-se dentro dos seguintes limites médios: solos argilosos, de 1,00 a 1,25 g/cm<sup>3</sup>; solos arenosos, de 1,25 a 1,40 g/cm<sup>3</sup>; solos húmiferos, de 0,75 a 1,00 g/cm<sup>3</sup>; solos turfosos, de 0,20 a 0,40 g/cm<sup>3</sup> (BUCKMAN, 1974).

A variação da densidade dos anos 2002 a 2004 foi de 1,48 a 1,46 g/cm<sup>3</sup>, (Figura 5.4), estando classificada no limite dos solos arenosos, o que já foi constatado na classificação da textura. Para baixar o valor da densidade, recomenda-se a aplicação de matéria orgânica. Conforme Buckman (1974), quanto mais elevada for a densidade do solo, maior será sua compactação, menor será sua estruturação e porosidade total e maiores serão as restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

No caso específico do experimento a umidade corresponde à água útil medida em laboratório e não seu valor em tempo real da amostra. Isso talvez explique o que um solo transportado pela chuva, ainda não consolidado, passa apresentar valores tão diminutos da capacidade de campo. A umidade do solo no ano 2002 estava bem maior em relação ao ano 2003 e 2004 que se mantiveram semelhantes (Figura 5.4), correlacionando-se às discussões já descritas na composição granulométrica.

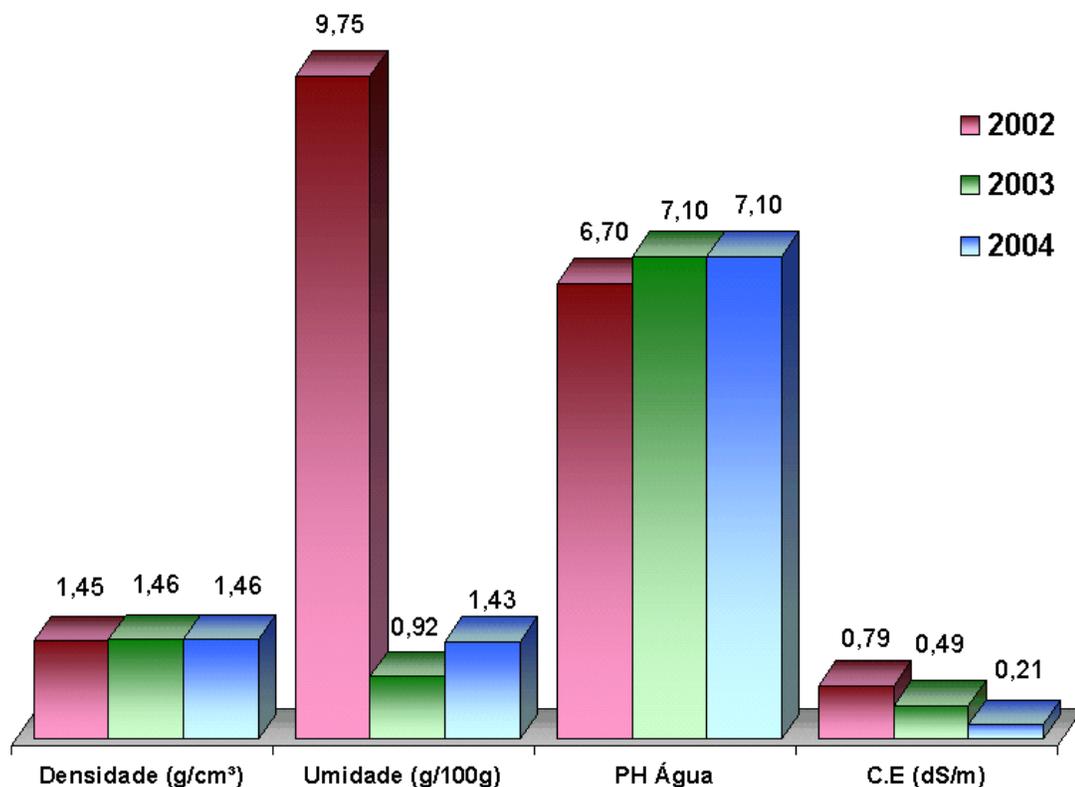
Os resultados das análises mostraram que, do ano 2002 para 2003, o pH passou de ligeiramente ácido para neutro e, em 2004, o pH praticamente não se alterou, pois manteve-se ligeiramente ácido, próximo da neutralidade, figura 5.4.

Outros aspectos que merecem destaque são o fato de que o fenômeno hídrico não alterou o teor alcalino do solo, e a salinidade de forma geral diminuiu, sobretudo no ano atípico de 2004, onde é possível que a intensidade das chuvas tenha acarretado a lixiviação dos sais do solo. É o que indica a condutividade elétrica (C.E) que é um parâmetro aferidor da capacidade da água conduzir corrente elétrica, na medida em que esta se liga diretamente ao teor de sais dissolvidos no solo sob a forma de íons (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Com efeito, os dados indicam que o solo da área em estudo é alcalino e não muda esta classificação mesmo depois de transportado. Do ano 2002 para 2003, a CE baixou levemente, em 2004 baixou mais significativamente. A maior variação da condutividade elétrica mostra que não ocorreram problemas de salinização na área,

visto que não ultrapassou o valor limite da  $CE_{es} < 4$  dS/m. Assim, não há risco de salinização na área, conforme a Tabela B.1.6 Anexo e Figura 5.4.

- Parcela II (aração)



**Figura 5.5-** densidade, umidade, pH e condutividade elétrica da parcela II (aração).

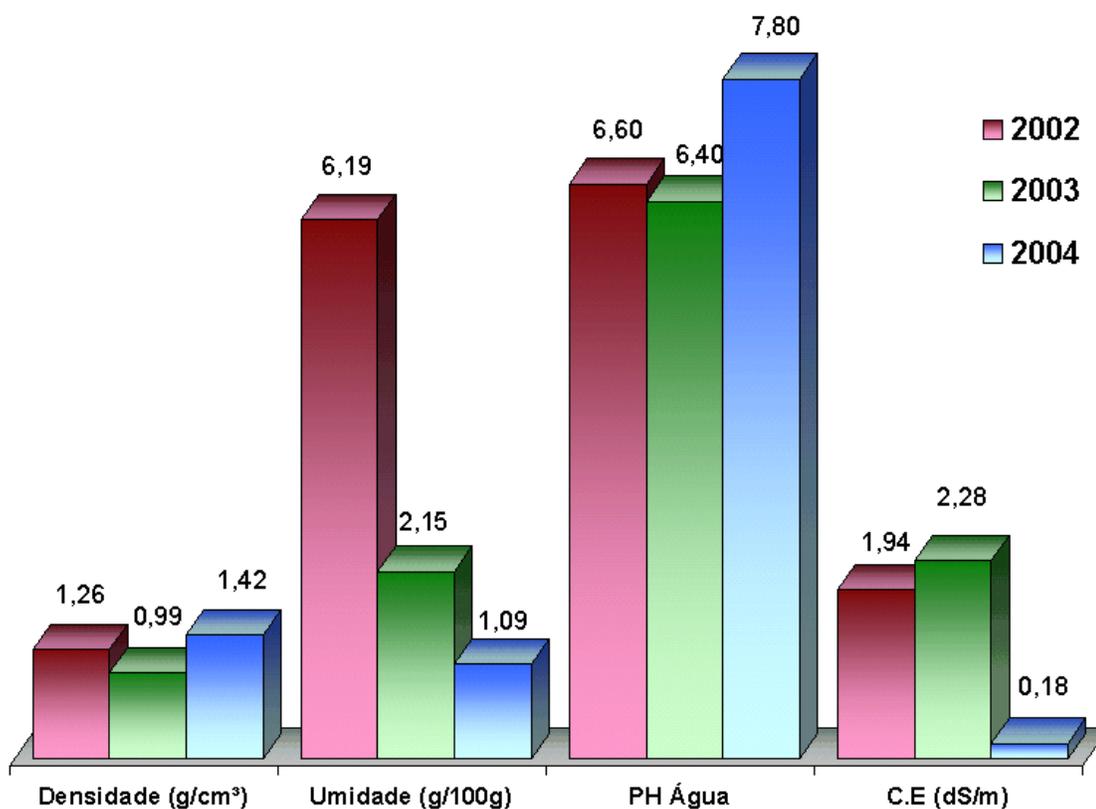
Conforme as amplitudes de variação das densidades já citadas, a variação da densidade dos anos 2002 a 2004 foi de 1,45 a 1,46 g/cm<sup>3</sup>, praticamente não aconteceu nenhuma variação, estando classificada no limite dos solos arenosos, (Figura 5.5), mantendo-se as mesmas observações já citadas na parcela I.

A umidade do solo do ano 2002 para 2003 baixou bastante, de 2003 para 2004 teve um ligeiro acréscimo (Figura 5.5), correlacionando-se às discussões já descritas na composição granulométrica.

Os resultados das análises mostraram que, do ano 2002 para 2003, o pH passou de ligeiramente ácido para levemente alcalino, mantendo-se assim em 2004 (Figura 5.5).

A CE do ano 2002 para 2003 e 2004 baixou levemente, mostrando que não ocorreram problemas de salinização na área (Figura 5.5).

- Parcela III (cobertura vegetal)



**Figura 5.6-** densidade, umidade, pH e condutividade elétrica da parcela III (cobertura natural).

A densidade do ano 2002 para 2003 baixou e em 2004 voltou a subir, mas mantendo praticamente a mesma variação e classificação de solos arenosos (Figura 5.6).

A umidade do solo do ano 2002 para 2003 baixou bastante, de 2003 para 2004 diminui mais um pouco (Figura 5.6), correlacionando-se às discussões já descritas na composição granulométrica.

De acordo com Buckman (1974), o pH dos solos minerais tenderá a diminuir durante o verão (estação do ano), especialmente quando sob cultivo, em virtude dos ácidos produzidos pelos microrganismos. No inverno (estação do ano), nota-se, às vezes, aumento no pH, possivelmente porque as atividades bióticas são, nesta época, muito mais lentas. Como resultante, a influência alcalinizadora da solução dos minerais tenderá a elevar o pH. Este fato constatou-se no ano de 2004, quando ocorreram as maiores e mais intensas precipitações e o pH aumentou, em relação aos anos 2002 e 2003, que se manteve levemente ácido, conforme está demonstrado na Figura 5.6.

A CE do ano 2002 para 2003 aumentou e em 2004 baixou, mostrando que não ocorreram problemas de salinização na área (Figura 5.6).

#### 5.1.4 Atributos químicos

##### 5.1.4.1 Aspectos gerais

Com relação aos elementos químicos cujos valores apenas caracterizam a formulação do solo e não o seu volume, buscou-se adotar uma abordagem mais simples, apenas considerando as variações dos elementos que influem no aspecto qualitativo do solo, e comparando valores entre as parcelas de tratamentos diferenciados e anos de invernos diferentes.

A metodologia foi a mesma da matriz anterior, ou seja, uma análise dos dados obtidos nos três anos, após três invernos, distribuídos nas três parcelas da área em estudo, cotejando-os com os dados correspondentes determinados in situ.

#### 5.1.4.2 Aspectos específicos

De um modo geral, todos os elementos do complexo sortivo cresceram em todos os anos e em todas as parcelas, (Figuras 5.7, 5.8 e 5.9) o que talvez possa expressar que o solo oriundo da erosão hídrica mantém uma formação semelhante, porém uma qualidade pouco diferente.

A matéria orgânica do solo é originária das plantas, dos minerais e dos microrganismos que vivem na terra. As plantas são as principais fontes de matéria orgânica, quer pela deposição dos ramos e folhas, quer pela contribuição oferecida pelas raízes (KIEHL, 1979). Se for considerado o K como elemento importante no desenvolvimento vegetal, nos dois primeiros anos, 2002 e 2003, há uma redução nas parcelas 1 e 2, e um significativo crescimento na parcela 3. No ano atípico de 2004, há uma redução deste mesmo elemento (Figura 5.7;5.8; 5.9).

Se forem considerados os elementos C, N, P (carbono, nitrogênio, fósforo) e matéria orgânica, aconteceu variação diferente. No ano de 2002 C, N e matéria orgânica, apresentaram um mediano nas parcelas 1 e 2, enquanto que na parcela III há um expressivo aumento, o que é bom para a produtividade; apesar de que o P por motivos atípicos tem forte redução na parcela III (cobertura natural).

No ano atípico de 2004, com chuvas concentradas no mês de janeiro, apenas o P cresceu de forma expressiva. Os demais C, N e matéria orgânica apresentaram forte redução.

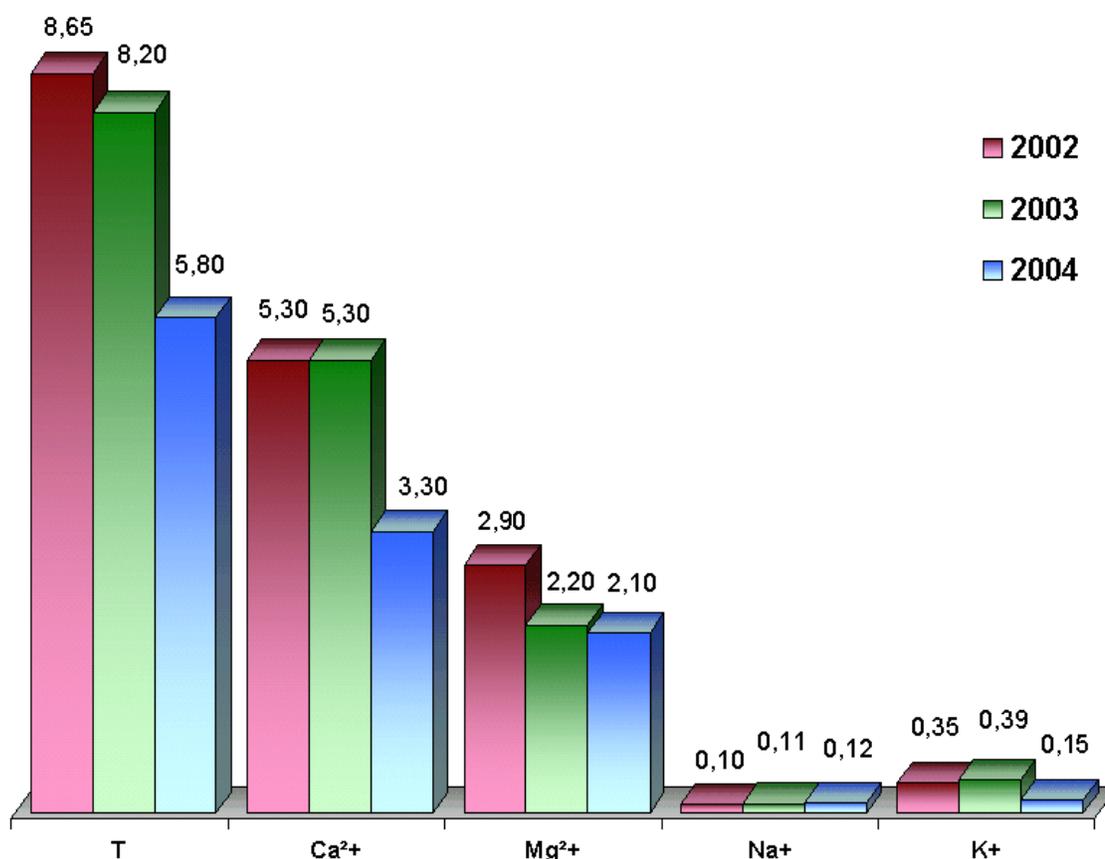
As perdas de matéria orgânica no solo em estudo estão coerentes com os resultados observados por Barros e Kilmer, (1963) e Resck et al (1980). A Figura 5.13 evidencia a influência da matéria orgânica na fertilidade dos solos, haja vista suas propriedades de alta capacidade de troca de cátions, retenção de água, ação cimentante e substrato energético dos microrganismos e resistência à erosão, pois é baixo seu teor de argila.

A capacidade de troca catiônica (CTC) é definida como sendo a soma total de cátions que um solo pode adsorver. Os principais cátions trocáveis do solo são:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$  e  $\text{NH}_4^{+}$ , os quais são considerados as bases do solo. A CTC do solo também é designada pelas expressões: capacidade total de troca (T), capacidade de troca de bases, capacidade de permuta catiônica, capacidade de adsorção de cátions e poder sortivo do solo (KIEHL, 1974).

Se o T cresceu, é possível considerar que a retenção dos sedimentos, solos produzidos pelo experimento, melhorou a fertilidade.

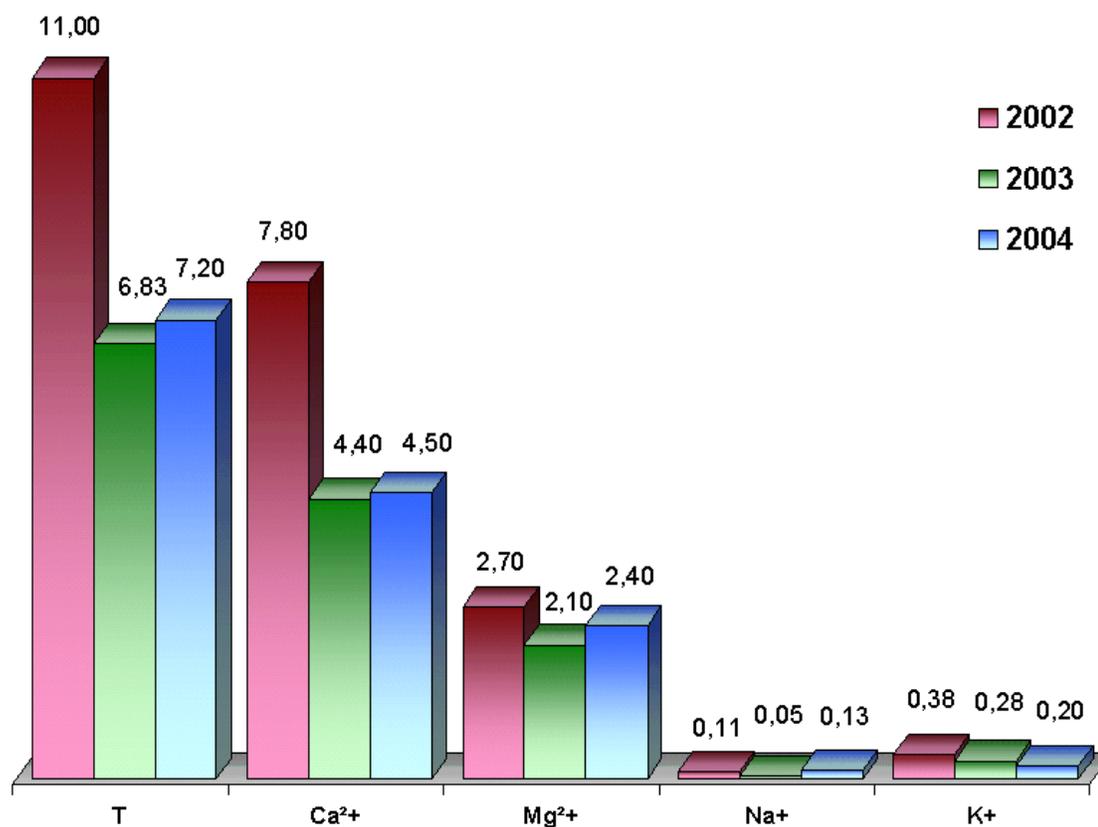
A soma das bases está correlacionada com a CTC, pois, quanto maiores as bases ou a soma das bases, mais elevados serão os valores da CTC. Os solos com alta CTC são considerados de boa fertilidade.

▪ Parcela I (roço)



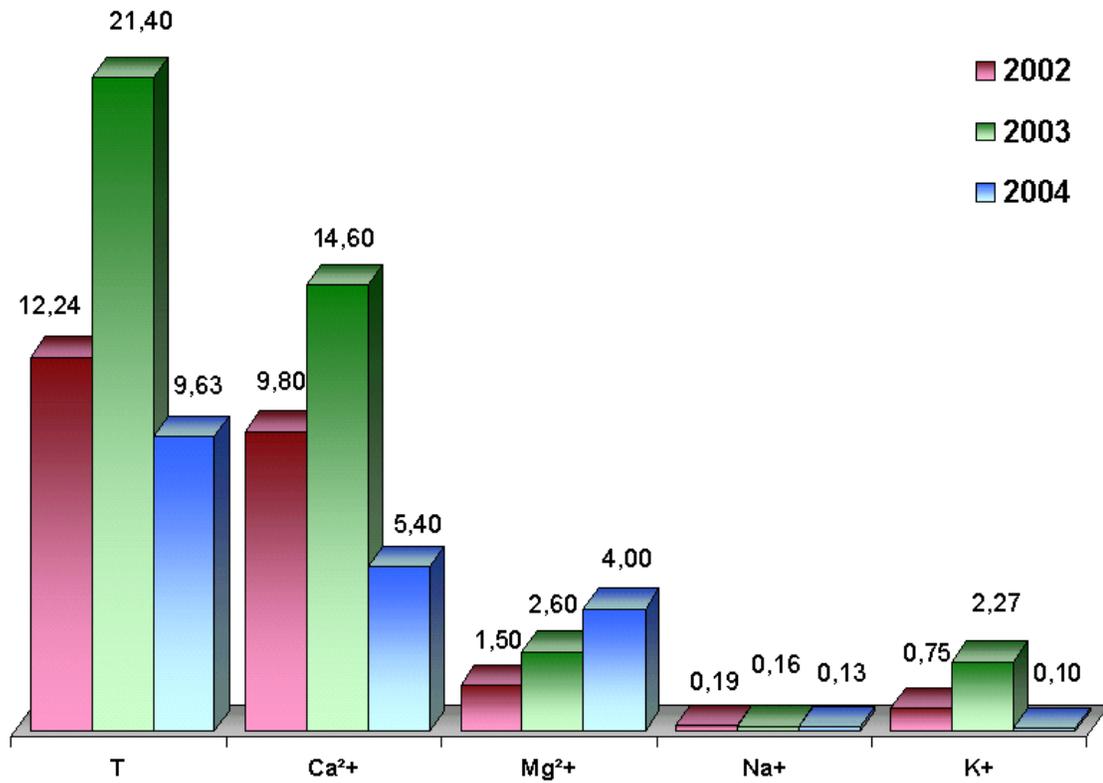
**Figura 5.7-** Capacidade de troca catiônica (cmol/kg) referente à parcela I (roço).

- Parcela II (aração)



**Figura 5.8-** Capacidade de troca catiônica (cmol/kg) referente à parcela II (aração).

- Parcela III (cobertura vegetal)

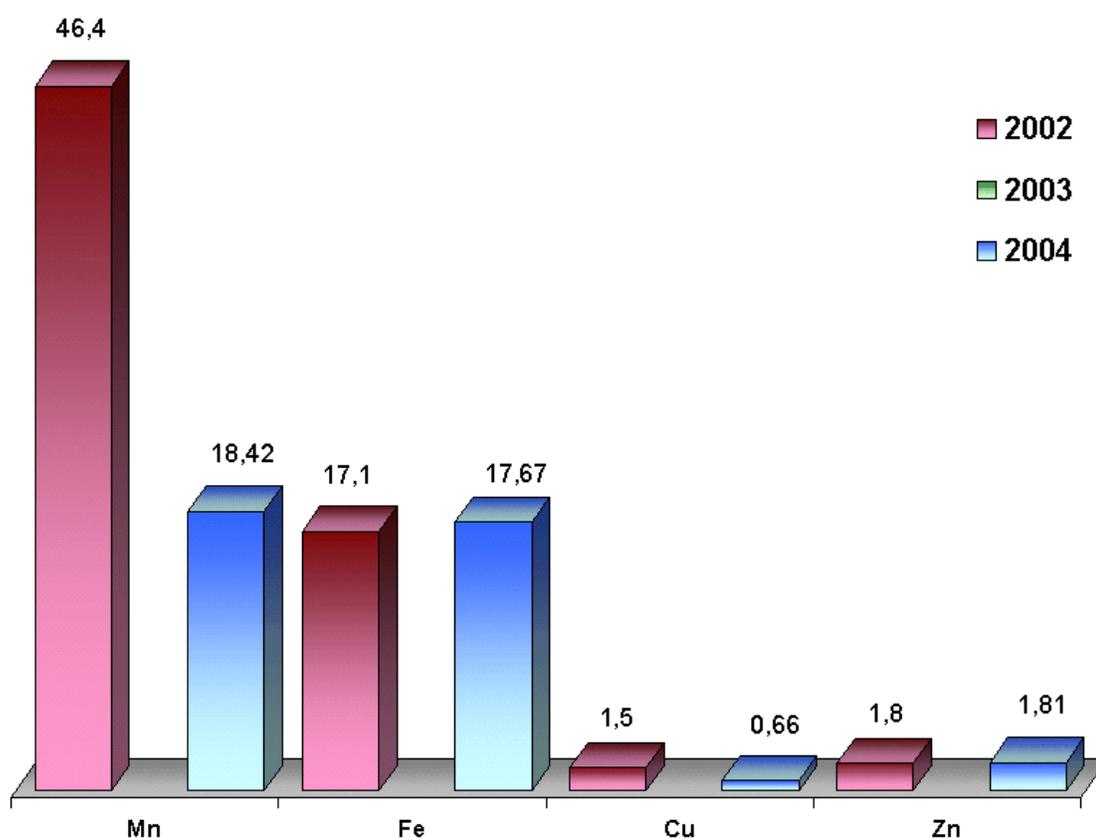


**Figura 5.9-** Capacidade de troca catiônica (cmol/kg) da parcela III (cobertura natural).

Com relação aos micronutrientes, estes são exigidos em quantidades muito pequenas e, quando se apresentam no solo em grandes quantidades, são prejudiciais. O papel dos micronutrientes, de maneira geral, funciona no sistema de enzimas necessários às importantes reações do metabolismo vegetal.

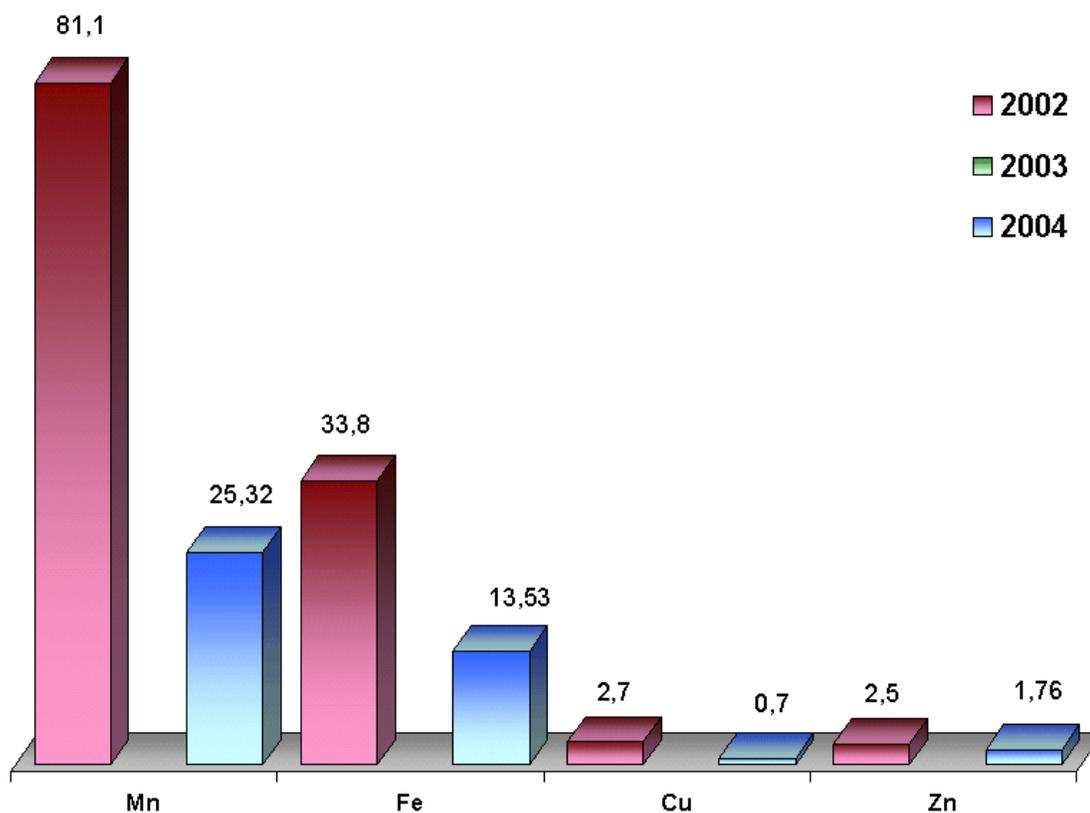
De acordo com as análises físicas e químicas realizadas no Laboratório de Solos da UFC, da área em estudo, no ano 2003, não foi determinado o teor dos micronutrientes, portanto, os resultados das análises são apenas dos anos de 2002 e 2004 (Figuras 5.10, 5.11 e 5.12).

- Parcela I (roço)



**Figura 5.10-** Composição dos micronutrientes (mg/L) referentes à parcela I (roço).

- Parcela II (aração)

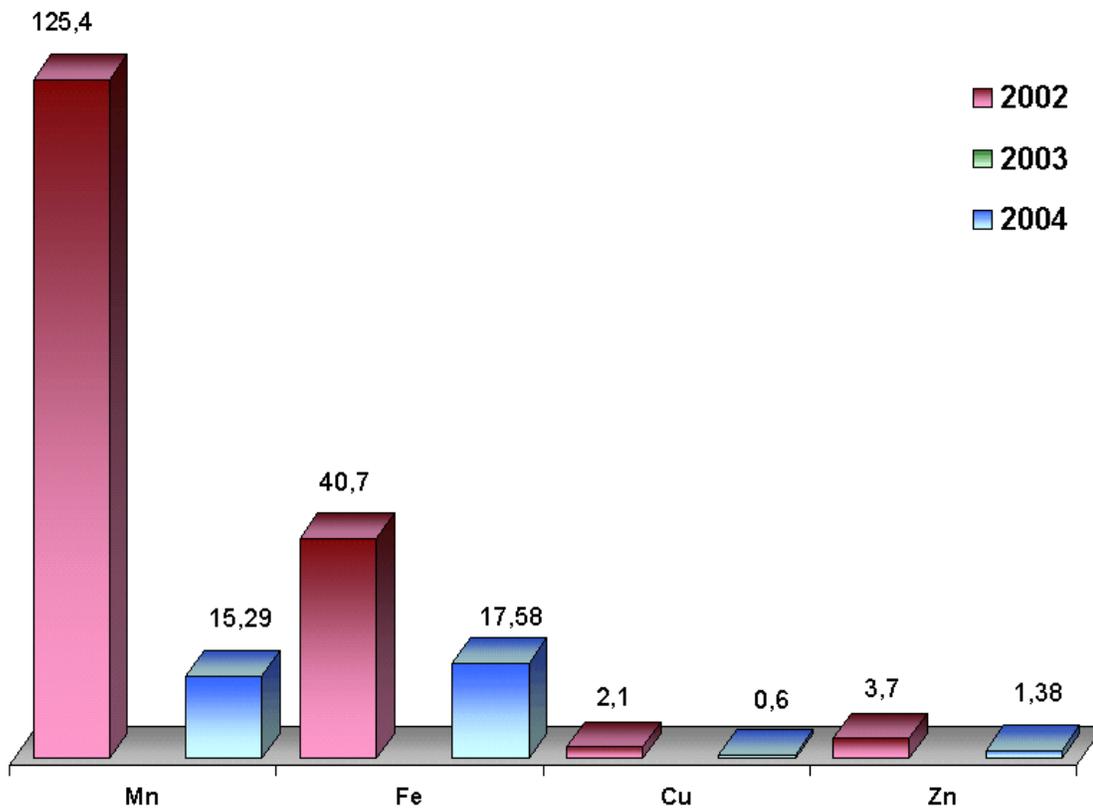


**Figura 5.11-** Composição dos micronutrientes (mg/L) referentes à parcela II (aração).

Vários fatores exercem influência na disponibilidade dos cátions micronutrientes, como o pH em que os cátions apresentam maiores solubilidade e disponibilidade sob condições ácidas; com baixos valores de pH, a solubilidade dos cátions micronutrientes se encontra no máximo, e, à medida que o pH é aumentado, diminuem sua solubilidade e disponibilidade, em relação aos vegetais. Solos muito ácidos e mal drenados fornecem, em geral, quantidades tóxicas de ferro e manganês (BUCKMAN, 1974).

De forma geral, os micronutrientes foram reduzidos com ligeira e pouca exceções.

- Parcela III (cobertura vegetal)



**Figura 5.12-** Composição dos micronutrientes (mg/L) referentes à parcela III (cobertura natural).

#### 5.1.5 – Atributos biológicos

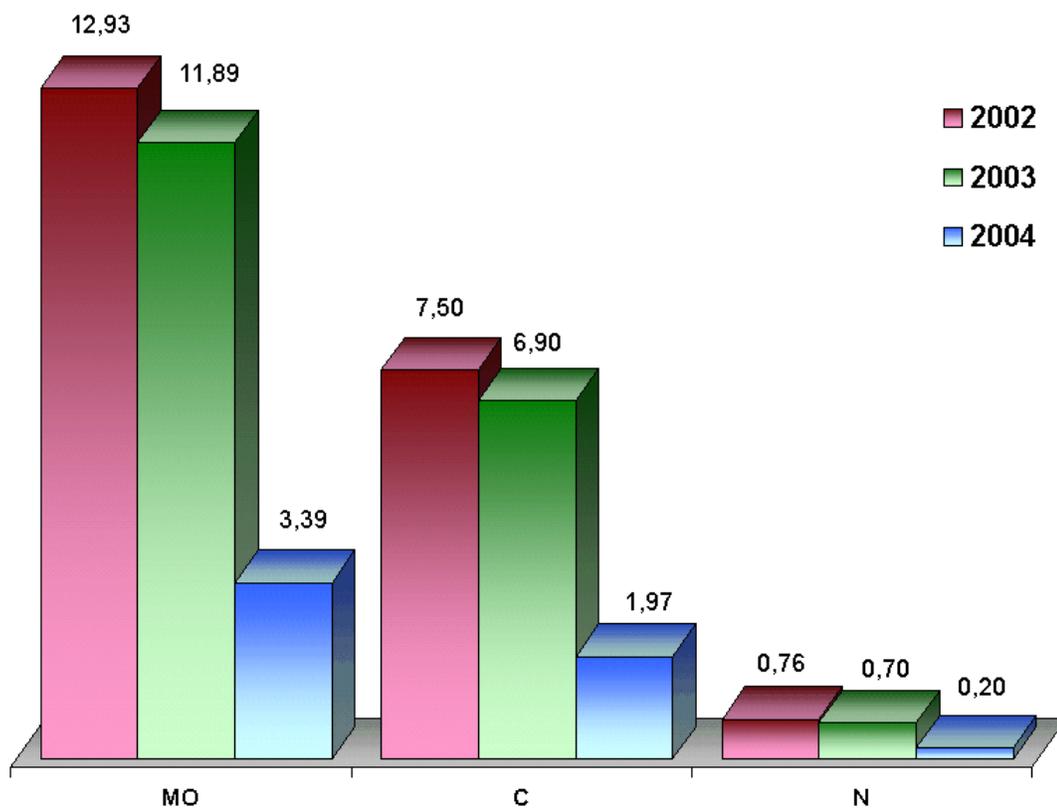
A importância da matéria orgânica pode ser evidenciada pela sua influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; nas propriedades físicas do solo, como a densidade aparente e real, a porosidade, a superfície específica, a retenção de água, a aeração, a permeabilidade, a consistência, a cor, etc. Nas propriedades químicas, sua importância é evidenciada na reação do solo, nos conteúdos de bases trocáveis e na capacidade de troca catiônica.

A capacidade da matéria orgânica de adsorver Ca, Mg, K e outros elementos evita a lavagem desses nutrientes em solos pobres de argila. Segundo Kiehl (1979)

cerca de um terço do fósforo encontrado na superfície do solo se apresenta-se na forma de combinações orgânicas. A presença do fósforo orgânico no perfil corresponde à distribuição da matéria orgânica nele, havendo certa correlação entre o fósforo total e a matéria orgânica.

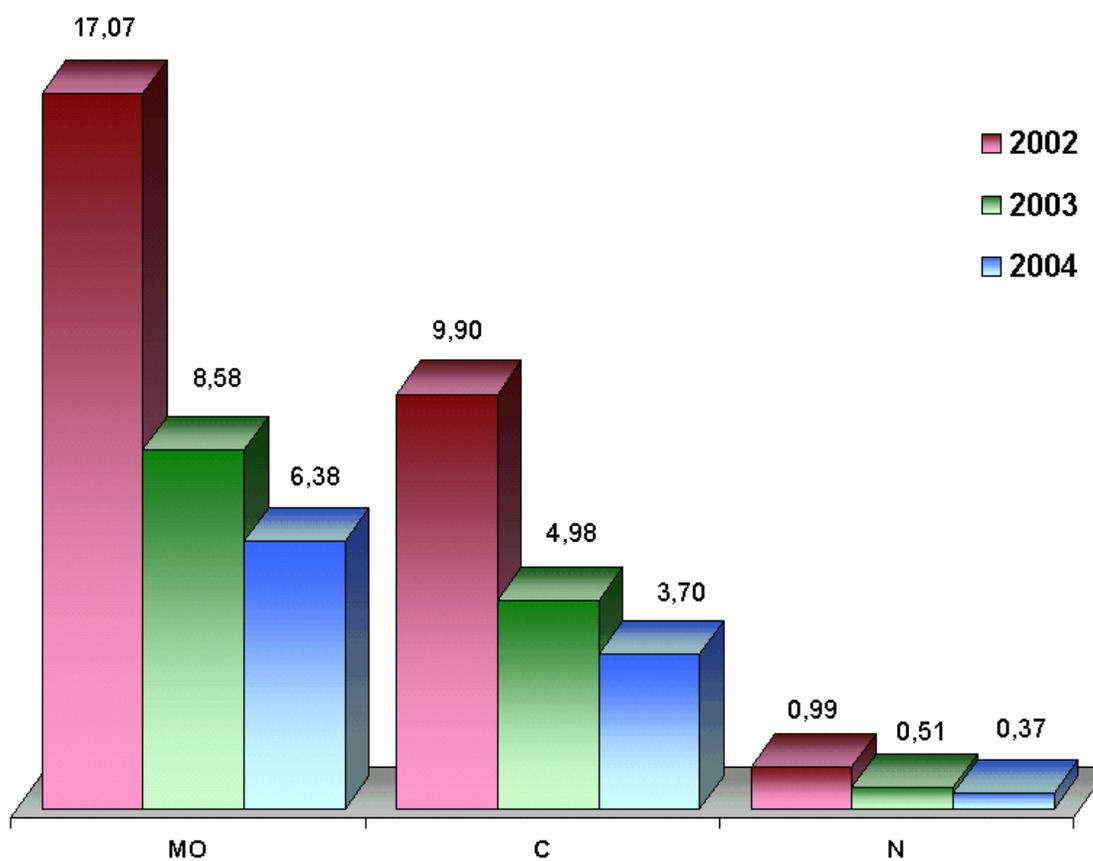
Tendo em vista todas estas considerações sobre a matéria orgânica, a área em estudo apresentou os seguintes valores:

- Parcela I (roço)



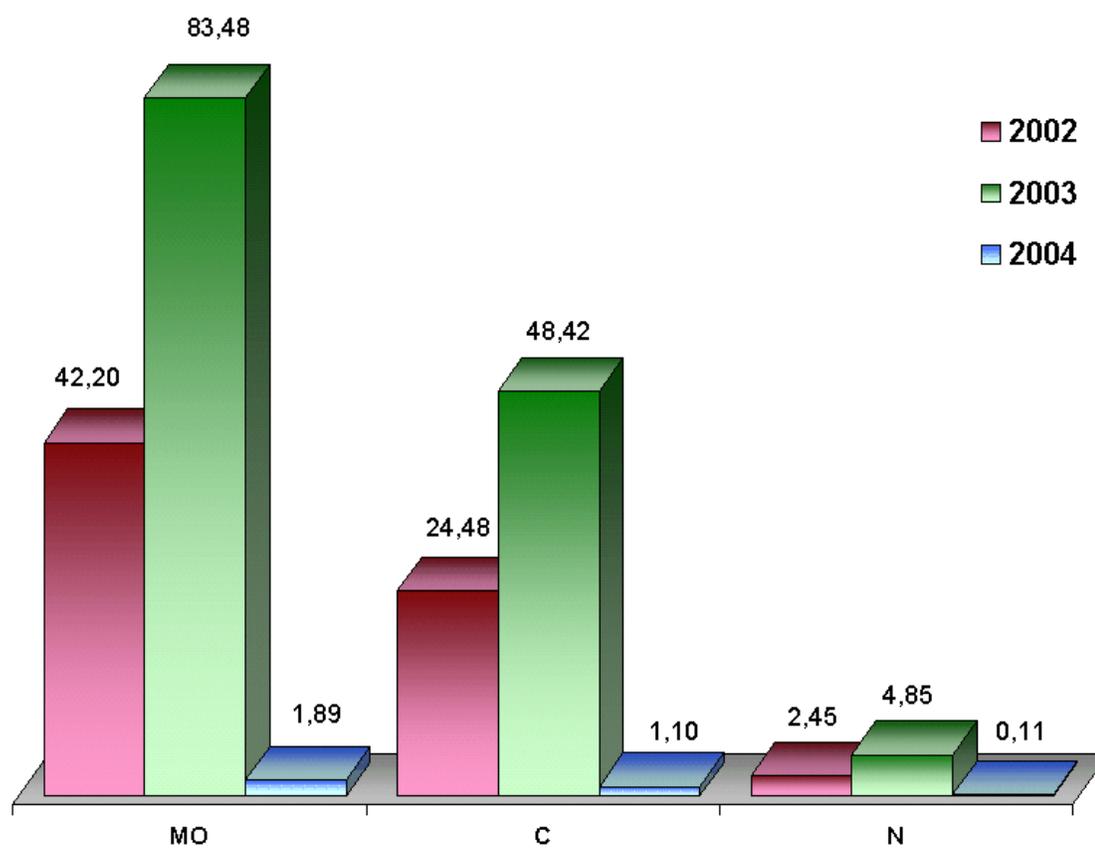
**Figura 5.13-** Composição química e biológica (g/kg) referentes à parcela I (roço).

- Parcela II (aração)



**Figura 5.14-** Composição química e biológica (g/kg) referentes à parcela II (aração).

- Parcela III (cobertura vegetal)



**Figura 5.15-** Composição química e biológica (g/kg) referentes à parcela III (cobertura natural).

## 5.2 Efeito do controle da erosão e formação natural de patamares

Foram observadas nas parcelas I (roço), II (aração) e III (cobertura natural) com declividades de 4,6%, 7,23% e 9,64%, respectivamente, uma deposição e uma retenção de massa de sedimentos que, em contato com o cordão de pedra em contorno, atingia uma altura em média de 5 cm. Em função do gradiente original da superfície do terreno, esse material originário da desagregação e transporte do solo na área de remoção está se sedimentando e suavizando o declive, com formação natural de patamares, modificando o micro-relevo da faixa de solo compreendida entre os cordões de pedra em contorno.

O efeito da diminuição de transferência de sedimentos para o curso e reservatórios de água da microbacia do rio Cangati ficaram evidenciado em relação à deposição e à retenção dos sedimentos, concordando com Oliveira (1984); Silva e Paiva (1985) e Corrêa (1994).

## 5.3 Regeneração da vegetação nativa

Concordando com os resultados obtidos por Silva (1994), Corrêa (1994) e Silva (1997) evidencia-se, portanto, a importância dos cordões de pedra, tanto no aumento da profundidade efetiva do solo em estudo, quanto na gradativa modificação das condições microtopográficas, na melhoria da produtividade por meio de maior volume de terra disponível à água, à retenção de nutrientes e ao melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas, resultando na recuperação e regeneração da vegetação nativa, conforme apresentado na Tabela 5.1.

**TABELA 5.1** Espécies verificadas por parcela da área em estudo, 2003.

<b>PARCELA I (roço)</b>	<b>PARCELA II (aração)</b>	<b>PARCELA III (cobertura natural)</b>
Capim Panasco	Capim panasco	Capim Panasco
Capim Mimoso	Capim Mimoso	Capim Mimoso
Capim Arritirante	Capim Arritirante	Capim Arritirante
Malva Branca	Malva Branca	Malva Branca
Pega Pinto	Pega Pinto	Pega Pinto
Jurema	Jurema	Jurema
Pé-de-Galinha	Pé-de-Galinha	Pé-de-Galinha
Quebra Panela	Quebra Panela	Quebra Panela
Chanana	Chanana	Chanana
Bamburral	Bamburral	Bamburral
Feijão de Rola	Feijão de Rola	Feijão de Rola
Vassourinha	Vassourinha	
Melancia da Praia	Melancia da Praia	
Mimoso	Mimoso	
	Mata Pasto	

A regeneração natural da vegetação ocorreu por processos naturais, como germinação de sementes e brotação de tocos e raízes, sendo responsável pelo processo de sucessão na floresta. O uso da regeneração natural reduz significativamente o custo de implantação, por exigir menos mão-de-obra e insumos na operação de plantio, porém transcorrerá de forma mais lenta, quando comparada à implantação pelo método de plantio de mudas (Figura 5.16).



**FIGURA 5.16** - Regeneração da vegetação nas parcelas da área em estudo, 2004.

Pela Figura 5.16, observa-se que o desenvolvimento da vegetação está mais denso nas proximidades do cordão de pedra em contorno, induzida pelo efeito conservacionista do solo e da água, proporcionado pela referida prática de conservação.

As Parcelas I (roço) Figura 5.17 e III (cobertura natural) Figura 5.19, tiveram maior acréscimo de biomassa haja vista a maior cobertura do solo, dissipação de mais energia cinética das gotas de chuva em queda livre, proteção dos agregados, diminuição das taxas de erosão, diminuição da evaporação e conservação da fertilidade do solo, de acordo com as observações de Silva (1995), e apresentaram menor perdas de solos, 25,00kg e 11,50kg, respectivamente, no ano 2002.



**Figura 5.17**-Regeneração da vegetação na parcela I da área em estudo, 2004.

Já a parcela II (aração) (Figura 5.18), com a mobilização dos solos, foi mais susceptível ao transporte dos nutrientes, porquanto apresentou maior perda de solo no ano 2002, sendo 30,5kg e refletindo sua baixa resistência à erosão, principalmente na fase crítica do seu preparo mecanizado, quando a aração elimina sua proteção vegetativa.



**Figura 5.18** - Regeneração da vegetação na parcela II da área em estudo, 2004.



**Figura 5.19** - Regeneração da vegetação na parcela III da área em estudo, 2004.

A prática conservacionista dos cordões de pedra em contorno, além de permitir alcançar os resultados positivos já descritos, atende também à Lei nº 8.171, de 17/01/1991, que dispõe sobre a política agrícola, anexo C.

#### 5.4 Capacidade de uso do solo

Quanto às considerações relativas ao seu uso, a área experimental apresenta como principais limitações ao uso agrícola que decorre da susceptibilidade a erosão hídrica e, também, da pouca profundidade efetiva de seu solo, além da ocorrência de mudança textural abrupta entre os horizontes A e B figura 6.20. Apresenta, portanto, sérias limitações quanto ao uso de máquinas e implementos agrícolas pelo fato de os solos da área trabalhada se apresentarem com pouca profundidade efetiva.

Em vista das restrições apresentadas, a sua utilização com culturas anuais é bastante limitada, a não ser que se utilizem culturas de ciclo curto e que apresentem sistema radicular que se estabeleçam a pouca profundidade, aproveitando a breve quadra chuvosa da região. Outra opção de uso seria com pastagens melhoradas as condições edafoclimáticas, bem como o uso de palma forrageira para exploração da atividade pecuária (Figura 5.21).



**Figura 5.20** – Capacidade de uso do solo antes dos efeitos da prática conservacionista dos cordões de pedra em contorno, 1998.



**Figura 5.21** – Capacidade de uso do solo depois da prática conservacionista dos cordões de pedra em contorno, 2004.

Em face das restrições, os solos desta classe prestam-se com maior vocação à formação de pastagens melhoradas, bem como, para reflorestamento com espécies nativas da região.

No caso de utilização para pastagem, algumas recomendações técnicas deverão ser executadas:

- controle dos sulcos de erosão e pequenas voçorocas;
- preparo do solo adequado;
- terraceamento de base estreita;
- sulcos em nível;
- controle do pisoteio (numero de animais por hectare) e do pastoreiro (número de dias no pasto-rodizio);
- rotação de pastagens com culturas anuais;
- uso da pratica da subsolagem;
- remoção ou amontoa de pedras;
- calagem e adubação; e
- utilização de técnicas de retenção umidade (método de captação d'água *in situ*).

## **6 CONCLUSÕES**

- Os resultados obtidos pelo presente trabalho, apesar de não permitirem uma análise estatística mais aprofundada, fornecem as seguintes conclusões:
- Os cordões de pedra em contorno constituíram eficiente prática de retenção de nutrientes, onde a deposição de camadas de sedimentos permitiu um aumento da produtividade do solo, ocasionando maior desenvolvimento da vegetação.
- As propriedades físicas, químicas e biológicas apresentaram melhoria na camada de sedimentos retidos pelo cordão de pedra em contorno, onde a profundidade efetiva do solo foi aumentada nas áreas de deposição, nas quais, no decorrer do período de três anos, houve progressiva formação natural de patamares.
- A deposição dos sedimentos nos cordões de pedra em contorno permitiu redução do comprimento dos declives.
- A cobertura vegetal do solo no controle da erosão foi o sistema mais eficaz, perdendo as menores quantidades de nutrientes.
- O tipo de preparo do solo tem uma influência grande na intensidade de erosão; o uso de máquinas pesadas é bastante prejudicial aos solos, sob o aspecto da erosão.
- Este tipo de pesquisa deverá ser continuado para um melhor conhecimento do problema da erosão e seu controle, com especial ênfase à determinação de parâmetros físicos do solo que se relacionem com a erodibilidade e às práticas conservacionistas mais adequadas.

## **7 RECOMENDAÇÕES/SUGESTÕES**

- O Governo deve servir de agente de estímulo, ensino e orientação, para que os agricultores se encarreguem da tarefa de conservar os solos, por meio de assistência concentrada, com implantação das áreas de demonstração, que levarão à formação de “distritos conservacionistas”.
- Criar uma política de ajuda e incentivo financeiro com a finalidade de estimular os interessados a executar as práticas de conservação do solo
- Conciliar os interesses futuros da sociedade com os interesses imediatista dos agricultores.
- Manter um esquema Técnico-Assistencial, por meio da difusão generalizada dos conhecimentos sobre conservação do solo, a ligação dos serviços de pesquisa com os agricultores e a orientação direta destes nos problemas da erosão que ocorrem em suas terras.
- Divulgar por meio de boletins, artigos em jornais e em revistas, propaganda radiofônica e televisiva, palestras, reuniões e visitas, os elementos necessários para compreensão da gravidade do problema e das medidas a serem empregadas para resolvê-lo.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A W.; LOMBARDI NETO, F.. e SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé-Paraíba, 2001. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:121-128p.

AMARAL, N.D. **Noções de conservação do solo**. São Paulo, 1978.Ed. Nobel.

AYOADE, I. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo, 1986. DIFEL, 332p.

BARROWS, H.L. e KILMER , V. J. Plant nutrient losses from soils by water erosion. **Advances in Agronomy**, New York, 1963 v.15, p.303-17.

BENJAMIN, A. C. – **Ecologia Aplicada ao Saneamento Ambiental**. Rio de Janeiro, 1980. ABES

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba, 1985. Livroceres, 392p.

BERTONI, J. Conclusões gerais das pesquisas sobre Conservação do Solo. Instituto Agrônomo, **Circ. Nº 20**, Campinas, SP. 1981. 57p.

BISCAIA, R.C.M. **Perdas de solo em diferentes tipos de preparo para a sucessão Trigo-Soja, sob chuvas naturais”** . Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS, Porto Alegre, 1977. 57 p. mimeografado.

BISCAIA, R.C.M. **Influência da intensidade de movimentação do solo no processo erosivo, com um simulador de chuva, em Latosolo Vermelho Escuro dos Campos Gerais**. Paraná, 1977.

BOTELHO, S. A.; FARIA, J.M.; NETO, A. E.; RESENDE, A. V. Implantação de florestas de proteção. In: V Simpósio Nacional sobre recuperação de áreas degradadas. **Anais...** Belo Horizonte, M.G. 2002.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3 ed.. Fortaleza, Ceará. 1976. 540p.

BRASIL, Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal Brasileiro).

BRASIL. Ministério de Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuária. **Levantamento exploratório – reconhecimento dos solos do Estado do Ceará**. Recife, 1973. 2v. (Boletim Técnico, 28).

BURWELL, R. E.; LARSON, W. E. Infiltration as influenced by tillage-induced random roughness and pore space. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, 1969. 33(3) : 449-52p.

BURWELL, R. E.; TIMMONS, D.R.; HOLT, R.F. Nutrient transport in surface rum. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, 1975.

CAMPOS, R. **Transporte de sedimentos e assoreamento de reservatórios**. In: II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. **Anais...** Fortaleza, 1994. p.431 – 439.

CARVALHO, B. de A - **Glossário de Saneamento e Ecologia**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1981.

CASTRO, O.M. Cultivo mínimo e propriedades físicas do solo. In: Seminário sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas, 1. **Anais...** Curitiba, 06 a 09/06/95. 1995. p.34-42.

CASTRO, O. M; LOMBARDI NETO, F.; QUAGGIO, J. A ; MARIA, L. C.; VIEIRA, S. R. e DECHEN, S. C. F. Perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. Porto Alegre, RS, 1986. **R. Bras. Ci. Solo**, 10:293-297.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Manual técnico operativo do PRODHAM**. Fortaleza, 2001. 177p.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano de monitoramento do PRODHAM, Minuta**. Fortaleza, 2001. 54p.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos**. Fortaleza, 1992. 4v.

COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage-induced roughness, and slope length on erosion and related parameters**. West Lafayette, Indiana, Purdue University, 1981. 346p. (Tese de Doutorado).

CORRÊA, A. M. – “Os quantitativos de perda de solo superam os valores toleráveis”. **Boletim Bras. Conservação da Natureza** – 20:27-37, Rio de Janeiro, 1985.

CORRÊA, A. M. – “ **Prejuízos com as perdas de solo nas áreas agrícolas**”. Coluna do Prof. Altir Corrêa. Embrapa Solos, 1987.68p. Disponível em:

<http://www.cnps.embrapa.br/search/planets/coluna14/coluna14.html> Acesso em 16/03/2004.

CORRÊA, Altir A. M. – O Brasil no rumo do inabitável. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência**. Campinas, 1994. 19 (2).

DEDECEK, R.A. Efeitos das perdas e deposição de camadas de solo na produtividade de um latossolo vermelho-escuro dos cerrados. **R. Bras. Ci. Solo, Campinas**, 1987. 11(3): 323-328.

DNPM. **Mapa geológico do Estado do Ceará**. Fortaleza, 1983.

DUQUE, G.J. **Solo e Água no Polígono das Secas**. 4ª Ed Fortaleza, Ed. UFC/BNB, 1973. 221p.

ELTZ, F.L.F. **Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais**. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo: primeira etapa experimental. 1977. 97p. (Dissertação de Mestrado). Universidade federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 1977.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; ABRAÃO, P.U.R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (podzólico vermelho-amarelo) sob chuva natural. **R. Bras. Ci. Solo**. Campinas, 8(2): 245-249, 1984.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1997. p. 212.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

EPAGRI. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**: Projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2.ed. ver. Atual., e amp. Florianópolis: EPAGRI, 1994.384p.

FARIAS, G. S.; MONDARDO, A.; CASTRO FILHO, C.; HENKLAIN, J. C.; RUFINO, R. L.; VIEIRA, M.J.; KEMPER, B.; DERPSCH, R. Perdas por erosão em alguns métodos de preparo do solo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 267-270.

FEITOSA, A C. e MANOEL FILHO, J. **Hidrologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 P.

FERREIRA, D.G.; MELO, H. P., NETO, F.R. R., NASCIMENTO, P.J.S. **A desertificação no nordeste do Brasil**: Diagnóstico e Perspectiva. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO. Fortaleza: 1994.

FERREIRA, A. B. de H. **Pequeno dicionário brasileiro da língua portuguesa**. 1971. 11ª Edição. Ed. Gamma, 1988.

FREITAS, P.L. e CASTRO, A. F. Estimativas das perdas de solo e nutrientes por erosão no Estado do Paraná. **B. Inf. SBCS**, 8:43-52, 1983.

FUNCEME. **Levantamento semidetalhado dos solos e avaliação da capacidade de uso das terras da microbacia hidrográfica do Rio Cangati-Canindé/CE**. Fortaleza, 2001. 55p.

FUNCEME. **Relatório de pluviometria por faixa de anos do Estado do Ceará**. Fortaleza, 1998.

FUNCEME. **Mapeamento, Levantamento e Caracterização de áreas potenciais para a implantação de Projetos de Carcinicultura no Norte e Nordeste do Brasil**. Fortaleza, 1989. 203p.

FUNCEME. **Análise preliminar do valor mais provável da medida de tendência central das séries anuais de precipitação no Ceará**. Fortaleza. FUNCEME 1991.

GALVÃO, T.C. Geotécnia ambiental aplicada ao controle de áreas degradadas. In: V Simpósio Nacional sobre recuperação de áreas degradadas. **Anais...** Belo Horizonte, MG. 2002.

HARROLD, L. L. **Soil erosion by water affected by reduced tillage systems**. In: National Notillage Systems Symposium, Columbus, 1972.

HARROLD, L. L.; TRIPLETT, J.R.; G. B.; EDWARDS, W.M. **Characteristics of the systems**. Agricultural Engineering, St. Joseph, 1970.

HEINEMANN, H. G. e WHITAKER, F. D. **Soil cover govern soil loss on United States clypan soil**. Paris Simposium, Paris, September 1974. Proceedings p.109-13.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H. e SILVA, W. M. Sistemas de Manejo de Solo e Perdas de Nutrientes e Matéria Orgânica por Erosão. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:145-154, 1999.

HOLANDA, F.J.M. **Erosão do solo** – práticas Conservacionistas, Fortaleza, SEBRAE/CE- Serviços de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Ceará, 1999. 46p

HUDSON, N. **Soil Conservation**. 1st Edition. Cornell University Press. Ithaca, New York, 1971.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. Comissão Técnica de Meio Ambiente. **Mineração e Meio Ambiente**, Brasília, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TURISMO/ SECRETARIA DE TURISMO – EMBRATUR/SETUR. **Turismo e Meio Ambiente**. Vol. 2 (Revista), 1988.

KLANT, E. e STAMMEL, J. G. Manejo adequado dos solos das encostas basálticas. In: I Simpósio de Conservação de Solos do Planalto. p. 124-145. **Anais...** Passo Fundo, 1983.

KNUTT, L. L.; KORPI, M. e HIDE, J.C. **Profitable soil mangement**. 2.ed. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc. 1970. 376 p.

LAFLEN, J. M. **Residue coverage – residue weight relationships**. Iowa State University, 1981. 8f. (Monografia)

LAL, R. **Soil and water conservation through no-tillage systems**. In: Soil and Water Conservation Workshop, 2º, Ibadan, 14-31, 1977 . Ibadan, IITA. 19 p.

LAL, R. 1976a. No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. **Soil Science Society America Journal**, Madison, 40 (6) : 762-8.

LAL, R. 1976b. **Soil erosion problems on an alfisol in western Nigeria and their control**. Ibadan, IITA. 160 p. (Monograph nº1).

LASSEN, L.; LULL, H.W.; FRANK, B. Algumas relaciones entre planta, suelo y agua en el manejo de cuencas. México City, Centro Regional de Ayuda Tecnica, Agência para il Desarrollo International. **Circular 910**. 1987. 68p.

LEITE, F.R.B.; SOARES, A M. L. e MARTINS, M. L. **Áreas degradadas Susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará**. FUNCEME. Fortaleza, 1993.

LEVINE, S.L. e SCHINDLER, D. W. Phosphorus, nitrogen and carbon dynamics of Experimental Lake 303 during recovering from eutrophication. **Can. J. Fish Aquat. Sci.** 46:2-10, 1989.

LIMA, N.R. e SÁVIO NETTO, J. **Faixas de retenção**. Secretaria de Agricultura. São Paulo, 1969. 10p. (Boletim Técnico SCR, 50).

LINSLEY, R.K. e FRANZINI, J.B. **Engenharia de recursos hídricos**. Tradução e adaptação: Luiz Américo Pastorino. São Paulo McGraw-Niel do Brasil, Ed. Da universidade de são Paulo, 1978. 798p.

LOMBARDI NETO, F.; MARIA, I. C. , CASTRO, O. M. ; DECHEN, S. C. F. e VIEIRA, S. R. **Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água**. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 12(1):71-75, 1988.

LOPES, P. R. C.; COGO, N. P. e LEVIN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **R. Bras. Ci. Solo**, 11:71-75, 1987.

MACÊDO, H. P. **A chuva e o chão na terra do sol**. Editora Maltese. Ceará, 1996. 162 p.

MARGOLIS, E.; SILVA, A. B. e JACQUES, F.O. Determinações dos fatores da equação universal de perda de solo para as condições de Caruaru (PE). R. Bras. Ci. Solo, 9:165-169, 1985.

MELO FILHO, J. F. e SILVA, J. R. C. **Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico-Vermelho-Amarelo no Ceará**. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1993. 17:291-297.

MENDES, B. V. **Desertificação do semi-árido**. In: SEMINÁRIO SOBRE DESERTIFICAÇÃO DO NORDESTE, Recife, 1986. Trabalhos apresentados. Brasília, Ministério do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente e Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), 1986. p111-115.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório e de reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife, 1973. v.1, 310p. (Série Pedologia, 16).

MONDARDO, A. **Relatório Técnico Anual do Programa Manejo e Conservação de Solos do IAPAR**, 1977, Londrina, IAPAR, 1977.

MUNN, D.A.; MCLEAN, E.D.; RAMIREZ, A.; LOGAN, T.J. **Effect of soil cover, slope, and rainfall factors on soil an phosphorus movement under simulated rainfall conditions**. Soil Science Society America Proceedings, Madison, 37(3): 428-431, 1973.

MUZILLI, O. **Degradação e recuperação do solo sob uso agrícola.** Anais do V Simpósio Nacional sobre recuperação de áreas degradadas. Belo Horizonte, MG. 2002.

OLIVEIRA, C. N. **Curso sobre estudo do transporte sólido nos cursos d'água e assoreamento de reservatório de uso múltiplo.** Ilha Solteira, SP, 1984.

OLIVEIRA, J. B. **Processos pedogenéticos.** In: Moniz, A. C. (coord.): Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, p. 325-334, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1972.

OLIVEIRA, J.B. **Efeitos do manejo do solo na erosão de Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente Eutrófico e Planossolo Solódico da microrregião homogênea 68 do Ceará.** Fortaleza: UFC/CCA. Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. 1981. 97p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, L.B. **O estudo físico do solo e a aplicação racional das técnicas conservacionistas.** Pesquisa agropecuária brasileira. Rio de Janeiro, 1967.2: 281-5.

PETROBRÁS. **Projeto preservação do solo.** Rio de Janeiro: PETROBRÁS, n.9, 1986.

POTER, G. e IBRAWN, J. W. **Global enviromental politics.** Dilemas in Word politics. West View Press, inc. Baulter. Colorado.EUA. 1991.

PRIMASI, A. **O manejo ecológico do solo. A agricultura em regiões tropicais.** 3ª ed. Nobel. São Paulo, 1981. 541p.

PRODHAM. **Diagnóstico rural participativo da área piloto do Prodhm.** Fortaleza, 1999.

RAMOS, A. D. e MARINHO, H. E. **Estudo da erodibilidade de um solo litólico sem cobertura vegetal e sob duas condições de pastagens nativa da caatinga.** Sobral, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1981. 16p. (EMBRAPA, Boletim de Pesquisa,2).

RANZINI, M. e LIMA,W.P. **Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus*, no Vale do Paraíba, SP.** SCIENTIA FORESTALIS n. 61, p.144-159, jun. 2002.

REICHMANN NETO, F. Recuperação de áreas degradadas na Região Sul. In:CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1 e CONGRESSO BRASILEIRO, 7. **Anais...** Curitiba, 19 a 24/09/93. v.3 p.102-107

REIS, A.; ZAMBONIN, R.M.e NAKAZONO, E.M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. Série cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Caderno n. 14). Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. São Paulo, 1999. 42p.

RESCK, D.V.S.; FIGUEREDO, M. de S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M.; SILVA, T.C.A. Intensidade de perdas de nutrientes em um podzólico vermelho-amarelo, utilizando-se simulador de chuva. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 1980. 4(3): 188-192.

ROBBINS, B.S.G. e VOSS, R.D. Phosphorus and potassium stratification in conservation tillage systems. I Soil Water Conservation, Ankeny, 1991. 46(4): 298-300.

RODRIGUES, V. Desertificação: **As relações entre suas causas e as atividades humanas**. Interciência Mar-Abr, Vol.12, nº 2.Caracas, 1987.

ROSADO, S.C. **Revegetação de dunas degradadas no litoral norte da Paraíba**. Anais do V Simpósio Nacional sobre recuperação de áreas degradadas. Belo Horizonte, MG. 2002.

ROSSO, A. **A conservação do solo através de patamar**, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO,4., Campinas, 1982. Resumos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1982. p.10.

RUFINO, R. L.; MONDARDO, A.; FARIAS, G. S.; CASTRO FILHO, C.; VIEIRA, M. J.; HENKLAIN, J. C.; KEMPER, B.; DERPSCH, R. Perdas por erosão em trigo/soja em sistema de preparo convencional e plantio direto sob condições de chuva natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo. EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 253-255.

SARAIVA, O. F. **Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e cobertura vegetais**. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo. – segunda etapa experimental. Porto Alegre, RS. UFRGS, 1978. 126p. (Tese de Mestrado)

SCHICK, J. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínio submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: perdas de nutrientes e carbono orgânico. **R. Bras. Ci. Solo**, Lages (SC), 2000. 24:437-447.

SCHUMAN, G. E. e BURWELL, R. E. Precipitation nitrogen contribution relative to surface runoff discharges. **Journal of Environmental Quality**, Madison, 1974. 3(4):366-9.

SEGANFREDO, M. L.;ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 1997. 21:287-291.

SEIXAS, F. **Compactação do solo devido à mecanização florestal**: causas, efeitos e prática de controle. Piracicaba: IPEF, out. 1988. 10p. (Dissertação M.S.)

SILVA, I. R.; LOMBARDI NETO, F.; QUAGGIO, J. A. Manejo dos restos culturais do milho e as perdas de elementos nutritivos pela erosão em latossolo roxo. In: Encontro Nacional de pesquisa sobre Conservação do Solo, 3., Recife, 1980 **Anais...** Recife, SBSC/UFRPE/EPPA, 1981. p.368-374.

SILVA, F.J. **Efeitos de cordões de pedra em contorno na produtividade de solo litólico**. 1995 64p. (Dissertação de Mestrado).Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. UFC/CCA. Fortaleza, 1995.

SILVA, J.R.C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: XII Reunião Bras. de Manejo e Conservação do Solo. **Anais...** Fortaleza, CE. SBSC / Un. Fed. do Ceará/DCS. 1998.

SILVA, J.R.C. **Erodibilidade dos solos do Ceará**: distribuição espacial e avaliação de métodos para sua determinação (1ª aproximação). 1994 60 p. (Tese para concurso de professor titular). Fortaleza, UFC, 1994.

SILVA, F.J. da e SILVA, J.R.C(a). Eficiência de cordões de pedra em contorno na retenção de sedimentos e melhoramento de propriedades de um solo litólico. **R. Bras. Ci Solo**, Viçosa, 1997. 21:411-446.

SILVA, F.J. da e SILVA, J.R.C(b). Produtividade de um solo litólico associada ao controle da erosão por cordões de pedra em contorno. **R. Bras. Ci Solo**, Viçosa, 1997. 21:435-440.

SILVA, J.R.C.; COELHO, M.A.; MOREIRA, E. G. S.; NETO, P. R. O. Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo. **Ci. Agron.** Fortaleza, 1985. 16(1): 55-63.

SILVA, J. R. C. e PAIVA, J. B. Retenção de sedimentos por cordões de pedra em contorno em uma encosta de Solo Litólico. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 1985. 9 (1): 77-80.

SOUSA, M.J.; LIMA, F.A.M.e PAIVA, J.B. Compartimentação topográfica do Estado do Ceará. **Ciência Agronômica**. v.9, n.1/2, p. 77-86, 1979.

SOUSA, A.R.; NUNES FILHO, A. B.; SILVA, A.B. e MAFRA, R.C. Efeito da cobertura vegetal em relação a erosão num solo Bruno Não Cálcico de Serra Talhada (PE). In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO,24, Goiânia,1993. **Resumos**.  
Goiânia, Sociedade Brasileira de ciência do Solo, 1993. p.169-170.

SWANSON, N. P. **Rotating-boom rainfall simulador**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 1965.

SWANSON, N. P. **Advances in water erosion control in the greatplains**.  
Conservation tillage in thegreat plains workshop. Lincoln, February, 1968. 27-29p.

TAYLOR, A. W. Phosphorus and water pollution. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, 1967. 22 (6) : 228-31.

TAVARES e VITTE. **Geografia, erosão do solo**. vol 18.1993

TÁVORA, M. R. P.; SILVA, J. C. R.; HERNÁNDEZ, F. F. F.; SAUNDERS, L. C. U.;  
MOREIRA, E. G. S. Perdas de solo, água e nutrientes em Latossolo Vermelho-  
Amarelo Distrófico de Ubajara (CE). **R. Bras. Ci. Solo**, 1985. 9:63-66.

TÁVORA, M.R.P. **Erodibilidade e perdas por erosão de latossolo vermelho-  
amarelo distrófico e areias quartzosas distróficas na região da Ibiapaba, Ceará**.  
1984. Dissertação de Mestrado do curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de  
plantas. UFC/CCA. Fortaleza, 1984. 66p.

UNEP – **Status of desertification and implementation of the United Nations  
plan of action to combat desertification**. Draft Report, Nairobi.1991.

VASCONCELOS, S. J. **Metodologia para identificação de processos de  
desertificação**: Manual de Indicadores. Recife, SEMA/SUDENE, 1978.

VIEIRA, M.J. **Perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo do solo  
para a cultura da soja (Glycine Max (L.) Merr.), em condições de chuva  
simulada**". 1977. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Solos), Faculdade de  
Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (108 p.) –  
Dezembro, 1977.

WISCHMEIER, W. H. **Conservation tillage to control water erosion**. In:  
NATIONAL CONSERVATION TILLAGE CONFERENCE. Akeny, 1973. p.133-141.

WALSH, L. M. **Profitable managemnt of Wisconsin soils**. Madison, American  
Printing & Publishing, 1972.

# **ANEXOS**

## ANEXO A – Pluviometria

**Tabela A 1.** Pluviometria durante a amostragem.

Ano	2002	2003	2004 (até Maio)
<b>Total (mm)</b>	588,4	651,1	729,35

**TABELA A.2** – Dados pluviométricos do Município de Canindé nos últimos 30 anos.

ANO	MESES												TOTAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1974	139,5	208,2	329,8	309,8	230,2	28,8	2,6	0	5	1,6	4,2	8,6	1268,3
1975	72,4	110	189,6	176	153,6	39,2	107,8	0	0	5,6	1,2	21	876,4
1976	19,6	185,6	156,2	44,8	38,6	0	0	1,6	0	1,8	0	7,8	456
1977	120,8	75,2	153,5	137,4	69,2	74,4	46,8	0	0	0	0	0	677,3
1978	10,1	154,7	173	180	109,8	13,8	6,6	0	0	0	38	36,5	722,5
1979	63,5	59,6	51,4	58,6	0	0	0	0	0	0	13	12,2	258,3
1980	38	208,7	116,6	74,2	34,5	24,2	0	0	0	0	0	0	496,2
1981	20,9	19,6	311,6	61,3	48,1	0	0	0	0	0	0	43,3	504,8
1982	9	68,6	192,2	131	53,4	38,3	3,8	3	1,2	0	0	0	500,5
1983	2,8	94,5	96,1	81	15,7	0	0	0	0	0	0	0	290,1
1984	21,8	92,5	150	159,3	189,7	29,8	23,7	5,1	4,4	2,8	5,2	0	684,3
1985	217,2	315,6	446,1	450,9	116,7	91,5	34,4	0	1,5	0	0	3,9	1677,8
1987	3,4	30,9	278,2	79,4	25,1	141,2	2,6	0	0	0	0	0	560,8
1988	35,6	144,7	284,6	282,4	102,2	48,2	17	0	12	2,6	1,6	44,9	975,8
1989	102,4	9,7	187,9	236,9	173,2	84,8	43,7	0	0	0	0	149,4	988
1990	0	46,3	27,8	47,4	69,7	2,6	3,8	21,2	0	3	0	0	221,8
1991	74	104,8	155,5	81,5	73	13,9	0	0	0	6,5	0	0	509,2
1992	67,2	125	119,8	55,7	0	12,2	6	0	0	0	0	0	385,9
1993	9,8	8,4	40	45,5	69,3	7	10,5	0	0	0	0	0	190,5
1994	176,7	115,8	133,4	141,6	40,1	133,3	34,3	0	0	0	0	51,2	826,4
1995	30,5	107,2	200,8	218,2	60	10,2	23,7	0	0	0	0	0	650,6
1996	114,2	109,6	401,7	286,4	48,2	2,2	0	21,6	0	5,4	5,6	0	994,9
1997	73,7	26,8	121,2	80,4	0	0	0	0	0	0	0	32,8	334,9
1998	122,7	37,2	61	13	2,2	0	0	0	0	0	0	0	236,1
1999	8,8	32	152,9	28,4	67,2	17,2	0	0	0	0	18,5	45	370
2000	124,4	120,9	122,3	154,5	38,5	56	45,5	59,2	0	0	0	9,2	730,5
2001	23,9	6,4	113,5	220,2	5	0	0	0	0	0	0	0	369
2002	224,1	19,6	91,5	153,6	70,8	13,2	15,6	0	0	0	0	0	588,4
2003	36,8	119,4	276	132,1	86,8	0	0	0	0	0	0	0	651,1
2004	331,5	196	126,1	26,1	49,6								729,3

Fonte: FUNCEME (2004)

**TABELA A.3** – Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1995)

MÊS	T (°C)	P (mm)	Eto (mm)	P-Eto (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ER (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Jan	27.6	83.3	153	-70	0	0	83	0	70
Fev	27.0	146.8	131	16	16	16	131	0	0
Mar	26.5	185.6	137	49	64	49	137	0	0
Abr	26.3	169.7	129	41	105	41	129	0	0
Mai	26.2	89.0	130	-41	77	-28	117	0	13
Jun	26.1	42.5	123	-81	40	-37	80	0	44
Jul	20.1	13.4	131	-118	16	-24	37	0	94
Ago	28.8	5.6	142	-136	5	-11	17	0	125
Set	27.2	0.3	142	-142	2	-3	3	0	139
Out	27.5	0.6	151	-150	1	-1	2	0	149
Nov	27.6	3.4	148	-145	0	-1	4	0	144
Dez	27.8	15.9	156	-140	0	0	16	0	140
ANO	26.9	756.1	1673	-917	326	0	756	0	917

**LEGENDA:**

- t - temperatura ( C );
- P - precipitação (mm);
- Eto - evaporação de referência;
- ARM - armazenamento de água pelo solo;
- ALT - variação do armazenamento;
- ER - estimativa da evaporação real;
- EXC - excedente hídrico;
- DEF - deficiência hídrica.

**TABELA A.4** – Estrutura da renda familiar em obtida em um ano na microbacia do rio Cangati

	<b>Cenário 1<sup>1</sup></b>	<b>Cenário 2<sup>2</sup></b>
<b>1. Valor da receita<sup>3</sup></b>	<b>1.960,00</b>	<b>1.710,00</b>
- Agricultura	1.710,00	1.710,00
- Pecuária (carne)		
<b>2. Valor da produção p/ subsistência</b>	<b>1.464,00</b>	<b>924,00</b>
- Agricultura (feijão, milho)	370,00	370,00
- Pecuária (leite)	540,00	0,00
- Peq. Criações (ovos, galinhas, bode, porco)	554,00	554,00
<b>Valor Total</b>	<b>3.424,00</b>	<b>2.634,00</b>
<b>3. Custos</b>	<b>487,25</b>	<b>337,25</b>
- Insumos Agrícolas	262,25	262,25
- Ração e outras despesas	220,00	70,00
- Depreciação de ferramentas	5,00	5,00
<b>4. Renda líquida agropecuária (proprietário)</b>	<b>2.936,75</b>	<b>2.296,75</b>
<b>5. Renda líq. Agrop., (50% terra arrendada)</b>	<b>2.594,35</b>	<b>2.033,35</b>
<b>6. Renda extra-agric. (aposentadoria, etc)</b>	<b>2.132,00</b>	<b>150,00</b>
<b>7. Renda familiar (proprietário)</b>	<b>5.068,75</b>	<b>2.446,75</b>
<b>8. Renda familiar (50% terra arrendada)</b>	<b>4.726,35</b>	<b>2.183,35</b>
<b>9. Renda média dos 2 cenários</b>		
- Proprietário		<b>3.757,75</b>
- Com 50% terra arrendada		<b>3.454,85</b>

Fonte: Entrevistas com grupos de agricultores, 1998. (PRODHAM,1999).

<sup>1</sup> Plantação de 1 há de feijão, 1 há de milho e 1 há de algodão, 3 – 5 cabeças de gado (dupla aptidão), 1 aposentado, 1 pessoa trabalhando fora.

<sup>2</sup> Plantação equivalente ao cenário 1, sem criação de gado, sem aposentado, sem pessoa trabalhando fora.

<sup>3</sup> Todos os valores estão expresso em reais.

**TABELA A.5** - Espaçamento utilizado para terraços e cordões de pedra em nível.

DECLIVIDADE (%)	SOLO ARENOSO ESPAÇAMENTO (m)		SOLO ARGILOSO ESPAÇAMENTO (m)		SOLO SILTOSO ESPAÇAMENTO (m)	
	VERTICAL	HORIZONTAL	VERTICAL	HORIZONTAL	VERTICAL	HORIZONTAL
1	0,38	37,75	0,43	43,1	0,55	54,75
2	0,56	28,2	0,64	32,2	0,82	40,95
3	0,71	23,2	0,82	27,2	1,04	34,55
4	0,84	21,1	0,96	24,1	1,22	30,6
5	0,96	19,2	1,1	21,95	1,39	27,85
6	1,07	17,8	1,22	20,3	1,55	25,8
7	1,17	16,65	1,33	19,05	1,69	24,2
8	1,26	15,75	1,44	18	1,83	22,85
9	1,35	15	1,54	17,15	1,96	21,75
10	1,43	14,35	1,64	16,4	2,08	20,8
12	1,6	13,3	1,82	15,2	2,32	19,3
14	1,74	12,45	1,99	14,2	2,53	18,05
16	1,89	11,8	2,15	13,45	2,74	17,1
18	2,02	11,2	2,3	12,8	2,92	16,25
20	2,14	10,7	2,45	12,25	3,11	15,55

Fonte: PRODHAM, (2001).

## ANEXO B- Procedimento de análise físico-química do solo

As análises físicas compreendem os seguintes métodos:

- **Granulometria** – é calculada por sedimentação, através do método da pipeta, usando-se como agente dispersante solução de hidróxido de sódio 1N (NaOH 1N); para a argila natural, usou-se como agente dispersante água destilada.
- **Classificação textural** - é baseada nas percentagens de areia, silte e argila, onde se adotou o triângulo textural, segundo U.S.D.A. sugerido por LEMOS & SANTOS (1996).
- **Grau de floculação (GF)** – cálculo baseado na percentagem de argila e de argila dispersa em água, determinada pela fórmula

$$GF = \frac{\text{Argila total} - \text{Argila natural}}{\text{Argila total}} \times 100$$

- **Densidade real** – método do balão volumétrico, com emprego de álcool etílico.
- **Densidade aparente** – determinada em terra fina, segundo o método da proveta.
- **Umidade a 1/3 de atmosfera** – determinada em amostra pré-saturada sobre placa de cerâmica, sob pressão de  $\frac{1}{3}$  atmosferas, em “panela de pressão”.
- **Umidade a 15 de atmosfera** – determinada em amostra pré-saturada sobre placa de cerâmica, sob pressão de 15 atmosferas, empregando-se o extrator de Richards de placas porosas.
- **Água útil** - obtida pela diferença entre umidade a  $\frac{1}{3}$  atm e 15 atm.
- **Condutividade elétrica** - obtida no extrato aquoso, usando-se a relação água : solo de 1:1.

As Análises Químicas compreendem os seguintes métodos:

- **Carbono orgânico** – determinado por oxidação da matéria orgânica do solo com solução de dicromato de potássio e titulado o excesso de oxidante com solução de sulfato ferroso amoniacal.
- **Nitrogênio total** – obtido pelo método de Kjeldahl, digestão com mistura ácida, difusão e titulação do NH<sub>3</sub> com HCl 0,01N.
- **pH em água** - determinado potenciométricamente através do eletrodo de vidro, numa suspensão sólido-líquido, na proporção 1:2,5.
- **Fósforo assimilável** – extraído com uma solução (KCl 0,5 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N). O fósforo é dosado calorimetricamente pela redução do complexo fosfomolibídico com ácido ascórbico, em presença de sal bismuto.
- **Cálcio e magnésio trocáveis** – extraídos com acetato de amônio normal, pH 7,0 e titulado com EDTA.
- **Potássio e alumínio trocáveis** – extraído com acetato de cálcio normal 1N, pH 7,0 e titulado a acidez resultante com NaOH 0,1N, usando-se a fenolftaleína como indicador.
- **Alumínio trocável** – extraído com solução de HCl 1N, titulando-se com NaOH 0,05N, em presença de azul de bromotimol.

- **Valor S (soma de bases), bases trocáveis** – obtida pela fórmula

$$S = Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} + Na^{+}$$

**Valor V (saturação de bases)** – obtida pela fórmula  $V = \frac{S}{CTC} \times 100$

- **Valor T (Capacidade de troca cátions)** – obtida pela fórmula

$$CTC = S + H^{+} + Al^{+3}$$

- **Percentagem de saturação com sódio** – obtida pela fórmula

$$\frac{100 \times Na}{T}$$

**Percentagem de saturação com alumínio** – obtida pela fórmula  $\frac{100 \times Al^{+3}}{Al^{+3} + S}$

**ANEXO B.1** Resultados das análises física e química do solo da microbacia do rio Cangati

**Tabela B.1.1-** Resultados das análises física e química *in situ* perfil N°01

Horizonte	Composição granulométrica (g/Kg)					Classificação Textural
	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
0 - 11	460	310	160	70	60	Areia franca
11 - 40	430	230	210	130	60	Franco-arenoso
40 - 70	430	250	190	130	80	Franco-arenoso

Grau de flocculação (g/100g)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		Umidade (g/100g)			pH	C.E (dS/m)
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 Mpa	Água Útil		
33	1,51	2,74	11,75	5,17	6,58	6,5	0,83
50	1,49	2,64	12,44	6,48	5,96	6,4	0,25
38	1,41	2,67	12,07	6,58	5,49	6,4	0,27

Complexo Sortivo (cmol./Kg)									
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	PST
3,8	0,5	0,11	0,32	1,81	0,00	4,7	6,5	72	2
4,8	0,4	0,17	0,10	1,32	0,00	5,5	6,8	81	3
4,8	0,5	0,14	0,13	1,32	0,00	5,6	6,9	81	2

C (g/Kg)	N (g/Kg)	C/N	MO (g/Kg)	P Assimilável (mg/Kg)
6,7	0,74	9	11,5	4
3,7	0,39	9	6,4	2
3,1	0,30	10	5,3	2

**Tabela B.1.2-** Resultados das análises física e química *in situ* perfil N°02

Horizonte	Composição granulométrica (g/Kg)					Classificação Textural
	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
0 - 15	420	360	170	50	30	Areia franca
15 - 25	360	340	210	90	50	Franco-arenoso
25 - 58	240	230	230	300	230	Franco-argilo-arenoso

Grau de floculação (g/100g)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		Umidade (g/100g)		pH		C.E (dS/m)
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 Mpa	Água Útil	Água	
40	1,48	2,67	11,05	5,25	5,80	6,8	0,33
44	1,44	2,63	13,48	5,75	7,73	7,3	0,10
30	1,38	2,73	24,52	17,00	7,52	6,9	0,15

Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> /Kg)									
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	PST
4,5	0,5	0,06	0,47	0,99	0,00	5,3	6,5	81	1
5,3	1,2	0,08	0,25	0,66	0,00	6,8	7,5	91	1
12,4	2,9	0,30	0,20	1,48	0,00	15,8	17,3	91	2

C (g/Kg)	N (g/Kg)	C/N	MO (g/Kg)	P Assimilável (mg/Kg)
6,9	0,70	10	11,9	145
1,9	0,20	10	3,3	4
2,0	0,23	9	3,4	2

Tabela B.1.3- Resultados das análises físicas e químicas da amostra do sedimento da área em estudo, 2002.

Horizonte Símbolo	Composição granulométrica (g/Kg)					Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natura I	
P.01	380	370	200	50	20	Franco arenosa
P.02	330	320	260	90	60	Franco arenosa
P.03	270	310	270	150	80	Franco arenosa

Grau de floculação (g/100g)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade (g/100g)			pH	C.E (dS/m)	
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 Mpa	Água Útil		Água
60	1,48	2,63	12,32	5,54	6,78	6,7	0,70
33	1,45	2,56	16,90	7,15	9,75	6,7	0,79
47	1,26	2,63	20,30	14,11	6,19	6,6	1,94

Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> /Kg)									
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	PST
5,3	2,9	0,10	0,35	0,00	0,00	8,6	8,6	100	1
7,8	2,7	0,11	0,38	0,00	0,00	11,0	11,0	100	1
9,8	1,5	0,19	0,75	0,00	0,00	12,2	12,2	100	2

C (g/Kg)	N (g/Kg)	C/N	MO (g/Kg)	P Assimilável (mg/Kg)
7,5	0,76	10	12,93	122
9,9	0,99	10	17,07	84
24,48	2,45	10	42,20	32

**Tabela B.1.4-** Resultados das análises físicas e químicas da amostra do sedimento da área em estudo, 2003.

Horizonte Símbolo	Composição granulométrica (g/Kg)					Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natura I	
P.01	340	390	190	80	20	Franco arenosa
P.02	360	430	260	50	40	Areia franca
P.03	270	240	350	140	20	Franco

Grau de floculação (g/100g)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade (g/100g)				pH	C.E (dS/m)
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 Mpa	Água Útil	Água	
75	1,39	2,64	6,79	5,66	1,13	7,0	0,63
20	1,46	2,76	4,78	3,86	0,92	7,1	0,49
86	0,99	2,11	21,50	19,35	2,15	6,4	2,28

Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> /Kg)									
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	PST
5,3	2,2	0,11	0,39	0,16	0,00	8,0	8,2	98	1
4,4	2,1	0,05	0,28	0,00	0,00	6,8	6,8	100	1
14,6	2,6	0,16	2,27	1,81	0,00	19,6	21,4	92	1

C (g/Kg)	N (g/Kg)	C/N	MO (g/Kg)	P Assimilável (mg/Kg)
6,9	0,70	10	11,89	123

4,98	0,51	10	8,58	117
48,42	4,85	10	83,48	245

**Tabela B.1.5-** Resultados das análises físicas e químicas da amostra do sedimento da área em estudo, 2004.

Horizonte Símbolo	Composição granulométrica (g/Kg)					Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natura I	
P.01	380	410	170	40	10	Areia franca
P.02	410	410	160	20	10	Areia franca
P.03	490	400	90	20	10	Areia

Grau de floculação (g/100g)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		Umidade (g/100g)			pH	C.E (dS/m)
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 Mpa	Água Útil		
75	1,46	2,81	3,24	1,48	1,76	6,9	0,20
50	1,46	2,77	4,16	2,73	1,43	7,1	0,21
50	1,42	2,75	3,37	2,28	1,09	7,8	0,18

Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> /Kg)									
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	PST
3,3	2,1	0,12	0,15	0,16	0,00	5,7	5,8	98	2
4,5	2,4	0,13	0,20	0,00	0,00	7,2	7,2	100	2
5,4	4,0	0,13	0,10	0,00	0,00	9,6	9,6	100	1

C (g/Kg)	N (g/Kg)	C/N	MO (g/Kg)	P Assimilável (mg/Kg)
1,97	0,20	10	3,39	117
3,7	0,37	10	6,38	154
1,1	0,11	10	1,89	137

**Tabela B.1.6** - Classificação dos solos afetados por sais

Solo	CE*	PST**	pH
Normal	<4	<15	<8,5
Salino	>4	<15	<8,5
Sódico	<4	>15	<8,5
Salino-sódico	>4	>15	<8,5

\*CE = Condutividade elétrica (extrato de saturação do solo a 25°C)

\*\*PST = Percentagem de sódio trocável (determinada em relação à capacidade de troca de cátions do solo).

**ANEXO B. 2 Relação adimensional entre o valor do parâmetro do solo depositado nos cordões de pedra e a média das amostras *in situ***

**Tabela B. 2. 1** Relação adimensional da composição granulométrica do ano I

Composição Granulométrica															
Areia grossa				Areia fina			Silte			Argila			Argila natural		
Legenda	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$
	Parc. I		380	0,86		370	1,10		200	1,21		50	0,83		20
Parc. II	440	330	0,75	335	320	0,95	165	260	1,57	60	90	1,50	45	60	1,33
Parc. III		270	0,61		310	0,92		270	1,63		150	2,50		80	1,77

**Tabela B. 2. 2** Relação adimensional da composição granulométrica do ano II

		Composição Granulométrica														
		Areia grossa			Areia fina			Silte			Argila			Argila natural		
Legenda		$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$
		Parc. I		380	410	1,22	170	1,03	40	0,66	10	0,22				
	440		410	1,22	165	0,96	60	0,33	45	0,22						
Parc. II		410	410	1,22	160	0,96	20	0,33	10	0,22						
		490	400	1,19	90	0,54	20	0,33	10	0,22						
Parc. III		490	400	1,19	90	0,54	20	0,33	10	0,22						
		440	410	1,22	165	0,96	60	0,33	45	0,22						

**Tabela B. 2. 3** Relação adimensional da composição granulométrica do ano III

Legenda		Composição Granulométrica														
		Areia grossa			Areia fina			Silte			Argila			Argila natural		
		$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$
Parc. I		440	340	0,77	390	1,16	190	1,15	80	1,33	60	50	0,83	45	20	0,44
Parc. II		440	360	0,81	430	1,28	160	0,96	50	0,83	60	50	0,83	45	40	0,88
Parc. III		440	270	0,61	240	0,71	350	2,12	140	2,33	60	140	2,33	45	20	0,44

**Tabela B. 2. 4** Relação adimensional da composição físico-química do ano I

Legenda	Densidade			Água Útil			pH			C.E		
	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$
Parc. I		1,48	0,99		6,78	1,09		6,7	1,01		0,70	1,20
Parc. II	1,49	1,45	0,97	6,19	9,75	1,57	6,65	6,7	1,01	0,58	0,79	1,36
Parc. III		1,26	0,84		6,19	1,00		6,6	0,99		1,94	3,34

**Tabela B. 2. 5** Relação adimensional da composição física-química do ano II

Legenda	Densidade			Água Útil			pH			C.E		
	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$
Parc. I	1,39	0,93		1,13	0,18		7,0	1,05		0,63	1,08	
Parc. II	1,49	1,46	0,97	6,19	0,92	0,14	6,65	7,1	1,06	0,49	0,84	
Parc. III		0,99	0,66	2,15	0,34			6,4	0,96	2,28	3,93	

**Tabela B. 2. 6** Relação adimensional da composição física-química do ano III

Legenda	Densidade			Água Útil			pH			C.E		
	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	ΔX									
Parc. I		1,46	0,97		1,76	0,28		6,9	1,03		0,20	0,34
Parc. II	1,49	1,46	0,97	6,19	0,43	0,06	6,65	7,1	1,06	0,58	0,21	0,36
Parc. III		1,42	0,95		1,09	0,17		7,8	1,17		0,18	0,31

**Tabela B. 2. 7** Relação adimensional da composição química do ano I

Complexo Sortivo (cmol <sub>e</sub> /Kg)															
Legenda	Ca			Mg			Na			K			T		
	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>
Parc. I		5,30	1,27		2,90	5,80		0,10	1,25		0,35	0,89		8,6	1,32
Parc. II	4,15	7,80	1,87	0,50	2,70	5,40	0,08	0,11	1,37	0,39	0,38	0,97	6,5	11,0	1,69
Parc. III		9,80	2,36		1,50	3,00		0,19	2,37		0,75	1,92		12,2	1,87

**Tabela B. 2. 8** Relação adimensional da composição química do ano II

Complexo Sortivo (cmol <sub>e</sub> /Kg)															
Legenda	Ca			Mg			Na			K			T		
	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>
	Parc. I		5,30	1,27		2,20	4,40		0,11	2,20		0,39	1,00		8,2
Parc. II	4,15	4,40	1,06	0,50	2,10	4,20	0,08	0,05	0,62	0,39	0,28	0,71	6,5	6,8	1,04
Parc. III		14,60	3,51		2,60	5,20		0,16	2,00		2,27	5,82		21,4	3,29

**Tabela B. 2. 9** Relação adimensional da composição química do ano III

Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> /Kg)															
Legenda	Ca			Mg			Na			K			T		
	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>in</sub>
Parc. I		3,30	0,79		2,10	4,20		0,12	1,50		0,15	0,38		5,8	0,89
Parc. II	4,15	4,50	1,08	0,50	2,40	4,80	0,08	0,13	1,62	0,39	0,20	0,51	6,5	7,2	1,10
Parc. III		5,40	1,30		4,00	8,00		0,13	1,62		0,10	0,25		9,6	1,47

**Tabela B. 2. 10** Relação adimensional da composição química-biológica do ano I

Legenda	C (g/Kg)			N (g/Kg)			C/N			MO (g/Kg)			P assimilável		
	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$
Parc. I	7,50	1,10	1,10	0,76	1,05	1,05	10	1,05	1,10	12,93	1,10	1,10	122	1,63	
Parc. II	6,8	9,90	1,45	0,72	1,37	1,05	10	1,05	1,45	17,07	1,45	74,5	84	1,12	
Parc. III		24,48	3,60	2,45	3,40	1,05	10	1,05	3,60	42,20	3,60		32	0,42	

**Tabela B. 2. 11** Relação adimensional da composição química-biológica do ano II

Legenda	C (g/Kg)			N (g/Kg)			C/N			MO (g/Kg)			P assimilável		
	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$
Parc. I	6,90	1,01		0,70	0,97		10	1,05		11,89	1,01		123	1,65	
Parc. II	6,8	4,98	0,73	0,72	0,51	0,70	9,5	1,05	11,7	8,58	0,73	74,5	117	1,57	
Parc. III		48,42	7,12		4,85	6,73		10	1,05		83,48	7,13		245	3,28

**Tabela B. 2. 12** Relação adimensional da composição química-biológica do ano III

Legenda	C (g/Kg)			N (g/Kg)			C/N			MO (g/Kg)			P assimilável		
	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$	$X_0$	$X_i$	$X_{in}$
Parc. I		1,97	0,28		0,20	0,27		10	1,05		3,39	0,28		117	1,57
Parc. II	6,8	3,70	0,54	0,72	0,37	0,51	9,5	10	1,05	11,7	6,38	0,54	74,5	154	2,06
Parc. III		1,10	0,16		0,11	0,15		10	1,05		1,89	0,16		137	1,83

$$X_{in} = \frac{X_i}{X_0}$$

**Tabela B. 2. 13** Resultados da relação adimensional da composição química e biológica (matriz 1)

LEGENDA	DISCRIMINAÇÃO	ANO I			ANO II			ANO III		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
ÍNDICES FÍSICOS DIRETOS	AREIA GROSSA	0,86	0,75	0,61	0,86	0,93	1,11	0,77	0,81	0,61
	AREIA FINA	1,10	0,95	0,9	1,22	1,22	1,19	1,16	1,28	0,71
	SILTE	1,21	1,57	1,63	1,03	0,96	0,54	1,15	0,96	2,12
	ARGILA	0,83	1,50	2,50	0,66	0,33	0,33	1,33	0,83	2,33
ÍNDICES FÍSICOS INDIRETOS	ARGILA NATURAL	0,44	1,33	1,77	0,22	0,22	0,22	0,44	0,88	0,44
	DENSIDADE	1,48	1,45	1,26	0,93	0,97	0,66	0,97	0,97	0,95
	UMIDADE	1,09	1,57	1,0	0,18	0,14	0,34	0,28	0,06	0,17
	pH	1,01	1,01	0,99	1,05	1,06	0,96	1,03	1,06	1,17
	CE	1,20	1,36	3,34	1,08	0,84	3,93	0,34	0,36	0,31

---

**Tabela B. 2. 14** Resultados da relação adimensional da composição física (matriz 2)

## ANEXO C

LEGENDA	DISCRIMINAÇÃO	ANO I			ANO II			ANO III		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
COMPLEXO SORTIDO	CA	1,27	1,87	2,36	1,27	1,06	3,51	0,79	1,08	1,30
	MG	5,80	5,40	3,0	4,40	4,20	5,20	4,20	4,80	8,00
	NA	1,25	1,37	2,37	2,20	0,62	2,00	1,50	1,62	1,62
	K	0,89	0,97	1,92	1,00	0,71	5,82	0,38	0,51	0,25
	T	1,32	1,69	1,87	1,26	1,04	3,29	0,89	1,10	1,47
COMPOSIÇÃO QUÍMICA-BIOLÓGICA	C	1,10	1,45	3,60	1,01	0,73	7,12	0,28	0,54	0,16
	N	1,05	1,37	3,40	0,97	0,70	6,73	0,27	0,51	0,15
	C/N	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	MO	1,10	1,45	3,60	1,01	0,73	7,13	0,28	0,54	0,16
	P	1,63	1,12	0,42	1,65	1,57	3,28	1,57	2,06	1,83



**FIGURA C** – Exemplo de uma área degradada, microbacia do rio Cangati-Canindé-CE, 2002.

## **ANEXO C.1- Código Florestal Brasileiro**

### **Lei Nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965 - (D.O.U. DE 16/09/65)**

Institui o Novo Código Florestal.

O *Presidente* da *República*.

*Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:*

**Art. 1º** - As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade, com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.

§ 1º - As ações ou omissões contrárias às disposições deste Código na utilização e exploração das florestas e demais formas de vegetação são consideradas uso nocivo da propriedade, aplicando-se, para o caso, o procedimento sumário previsto no Art. 275, inciso II, do Código de Processo Civil.

§ 2º - Para os efeitos deste Código, entende-se por:

I - Pequena propriedade rural ou posse rural familiar: aquela explorada mediante o trabalho pessoal do proprietário ou posseiro e de sua família, admitida a ajuda eventual de terceiro e cuja renda bruta seja proveniente, no mínimo, em oitenta por cento, de atividade agroflorestal ou do extrativismo, cuja área não supere:

a) Cento e cinquenta hectares se localizada nos Estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá e Mato Grosso e nas regiões situadas ao norte do paralelo 13º S, dos Estados de Tocantins e Goiás, e ao oeste do meridiano de 44º W, do Estado do Maranhão ou no Pantanal mato-grossense ou sul-mato-grossense;

b) Cinquenta hectares, se localizada no polígono das secas ou a leste do Meridiano de 44° W, do Estado do Maranhão; e

c) Trinta hectares, se localizada em qualquer outra região do País;

II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas;

IV - Utilidade pública:

a) As atividades de segurança nacional e proteção sanitária;

b) As obras essenciais de infra-estrutura destinadas aos serviços públicos de transporte, saneamento e energia; e

c) Demais obras, planos, atividades ou projetos previstos em resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA;

VI - Amazônia Legal: os Estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá e Mato Grosso e as regiões situadas ao norte do paralelo 13° S, dos Estados de Tocantins e Goiás, e ao oeste do meridiano de 44° W, do Estado do Maranhão.

**Art. 2º** - Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

1) De 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2) De 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3) de 100 (cem) metros para os cursos d'água tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 500 (quinhentos) metros de largura;

5) de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) Nas encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) Nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

i) REVOGADA

Parágrafo único

No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.

**Art. 3º** - Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:

- a) A atenuar a erosão das terras;
- b) A fixar as dunas;
- c) A formar as faixas de proteção ao longo das rodovias e ferrovias;
- d) A auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares;
- e) A proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;
- f) A asilar exemplares da fauna ou flora ameaçadas de extinção;
- g) A manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas;
- h) A assegurar condições de bem estar público.

§ 1º - A supressão total ou parcial de florestas e demais formas de vegetação permanente de que trata esta Lei, devidamente caracterizada em procedimento administrativo próprio e com prévia autorização do órgão federal de meio ambiente, somente será admitida quando necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, sem prejuízo do licenciamento a ser procedido pelo órgão ambiental competente.

§ 2º - Por ocasião da análise do licenciamento, o órgão licenciador indicará as medidas de compensação ambiental que deverão ser adotadas pelo empreendedor sempre que possível.

§ 3º - As florestas que integram o patrimônio indígena ficam sujeitas ao regime de preservação permanente (letra "g") pelo só efeito desta Lei

**Art. 3º-A** - A exploração dos recursos florestais em terras indígenas somente poderá ser realizada pelas comunidades indígenas em regime de manejo florestal sustentável, para atender a sua subsistência, respeitados os arts. 2º e 3º deste Código.

**Art. 4º** - A supressão de vegetação em área de preservação permanente somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto.

§ 1º - A supressão de que trata o caput deste artigo dependerá de autorização do órgão ambiental estadual competente, com anuência prévia, quando couber, do órgão federal ou municipal de meio ambiente, ressalvado o disposto no § 2º deste artigo.

§ 2º - A supressão de vegetação em área de preservação permanente situada em área urbana, dependerá de autorização do órgão ambiental competente, desde que o município possua conselho de meio ambiente com caráter deliberativo e plano diretor, mediante anuência prévia do órgão ambiental estadual competente fundamentada em parecer técnico.

§ 3º - O órgão ambiental competente poderá autorizar a supressão eventual e de baixo impacto ambiental, assim definido em regulamento, da vegetação em área de preservação permanente.

§ 4º - O órgão ambiental competente indicará, previamente à emissão da autorização para a supressão de vegetação em área de preservação permanente, as medidas mitigadoras e compensatórias que deverão ser adotadas pelo empreendedor.

§ 5º - A supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, ou de dunas e mangues, de que tratam, respectivamente, as alíneas "c" e "f" do Art. 2º deste Código, somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública.

§ 6º - Na implantação de reservatório artificial é obrigatória a desapropriação ou aquisição, pelo empreendedor, das áreas de preservação permanente criadas no seu entorno, cujos parâmetros e regime de uso serão definidos por resolução do CONAMA.

§ 7º - É permitido o acesso de pessoas e animais às áreas de preservação permanente, para obtenção de água, desde que não exija a supressão e não comprometa a regeneração e a manutenção a longo prazo da vegetação nativa.

**Art. 4º** - Consideram-se de interesse público:

a) a limitação e o controle do pastoreio em determinadas áreas, visando à adequada conservação e propagação da vegetação florestal;

b) as medidas com o fim de prevenir ou erradicar pragas e doenças que afetem a vegetação florestal;

c) a difusão e adoção de métodos tecnológicos que visem a aumentar economicamente a vida útil da madeira e o seu maior aproveitamento em todas as fases de manipulação e transformação.

**Art. 5º**

**Art. 6º** - REVOGADO

**Art. 7º** - Qualquer árvore poderá ser declarada imune de corte, mediante ato do Poder Público, por motivo de sua localização, raridade, beleza ou condição de portamentos.

**Art. 8º** - Na distribuição de lotes destinados à agricultura, em planos de colonização e de reforma agrária, não devem ser incluídas as áreas florestadas de preservação permanente de que trata esta Lei, nem as florestas necessárias ao abastecimento local ou nacional de madeiras e de outros produtos florestais.

**Art. 9º** - As florestas de propriedade particular, enquanto indivisas com outras, sujeitas a regime especial, ficam subordinadas às disposições que vigorarem para estas.

**Art. 10º** - Não é permitida a derrubada de florestas situadas em áreas de inclinação entre 25 a 45 graus, só sendo nelas toleradas a extração de toros quando em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes.

**Art. 11º** - O emprego de produtos florestais ou hulha como combustível obriga ao uso de dispositivo que impeça difusão de fagulhas suscetíveis de provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação marginal.

**Art. 12º** - Nas florestas plantadas, não consideradas de preservação permanente, é livre a extração de lenha e demais produtos florestais ou a fabricação de carvão. Nas demais florestas, dependerá de norma estabelecida em ato do Poder Federal ou Estadual, em obediência a prescrições ditadas pela técnica e às peculiaridades locais.

**Art. 13º** - O comércio de plantas vivas, oriundas de florestas, dependerá de licença de autoridade competente.

**Art. 14º** - Além dos preceitos gerais a que está sujeita a utilização das florestas, o Poder Público Federal ou Estadual poderá:

- a) Prescrever outras normas que atendam às peculiaridades locais;
- b) Proibir ou limitar o corte das espécies vegetais raras, endêmicas, em perigo ou ameaçadas de extinção, bem como as espécies necessárias à subsistência das populações extrativistas, delimitando as áreas compreendidas no ato, fazendo depender de licença prévia, nessas áreas, o corte de outras espécies;
- c) ampliar o registro de pessoas físicas ou jurídicas que se dediquem à extração, indústria e comércio de produtos ou subprodutos florestais.

**Art. 15º** - Fica proibida a exploração sob forma empírica das florestas primitivas da bacia amazônica, que só poderão ser utilizadas em observância a planos técnicos de condução e manejo a serem estabelecidos por ato do Poder Público, a ser baixado dentro do prazo de um ano.

**Art. 16º** - As florestas e outras formas de vegetação nativa, ressalvadas as situadas em área de preservação permanente, assim como aquelas não sujeitas ao

regime de utilização limitada ou objeto de legislação específica, são suscetíveis de supressão, desde que sejam mantidas, a título de reserva legal, no mínimo:

I - Oitenta por cento, na propriedade rural situada em área de floresta localizada na Amazônia Legal;

II - Trinta e cinco por cento, na propriedade rural situada em área de cerrado localizada na Amazônia Legal, sendo no mínimo vinte por cento na propriedade e quinze por cento na forma de compensação em outra área, desde que esteja localizada na mesma microbacia, e seja averbada nos termos do § 7º deste artigo;

III - Vinte por cento, na propriedade rural situada em área de floresta ou outras formas de vegetação nativa localizada nas demais regiões do País; e

IV - vinte por cento, na propriedade rural em área de campos gerais localizada em qualquer região do País.

§ 1º - O percentual de reserva legal na propriedade situada em área de floresta e cerrado será definido considerando separadamente os índices contidos nos incisos I e II deste artigo.

§ 2º - A vegetação da reserva legal não pode ser suprimida, podendo apenas ser utilizada sob regime de manejo florestal sustentável, de acordo com princípios e critérios técnicos e científicos estabelecidos no regulamento, ressalvadas as hipóteses previstas no § 3º deste artigo, sem prejuízo das demais legislações específicas.

§ 3º - Para cumprimento da manutenção ou compensação da área de reserva legal em pequena propriedade ou posse rural familiar, podem ser computados os plantios de árvores frutíferas ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas.

§ 4º - A localização da reserva legal deve ser aprovada pelo órgão ambiental estadual competente ou, mediante convênio, pelo órgão ambiental municipal ou outra instituição devidamente habilitada, devendo ser considerados, no processo de

aprovação, a função social da propriedade, e os seguintes critérios e instrumentos, quando houver:

I - o plano de bacia hidrográfica;

II - o plano diretor municipal;

III - o zoneamento ecológico-econômico;

IV - Outras categorias de zoneamento ambiental; e

V - a proximidade com outra Reserva Legal, Área de Preservação Permanente, unidade de conservação ou outra área legalmente protegida.

§ 5º - O Poder Executivo, se for indicado pelo Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE e pelo Zoneamento Agrícola, ouvidos o CONAMA, o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério da Agricultura e do Abastecimento, poderá:

I - Reduzir, para fins de recomposição, a reserva legal, na Amazônia Legal, para até cinquenta por cento da propriedade, excluídas, em qualquer caso, as Áreas de Preservação Permanente, os ecótonos, os sítios e ecossistemas especialmente protegidos, os locais de expressiva biodiversidade e os corredores ecológicos; e;

II - Ampliar as áreas de reserva legal, em até cinquenta por cento dos índices previstos neste Código, em todo o território nacional.

§ 6º - Será admitido, pelo órgão ambiental competente, o cômputo das áreas relativas à vegetação nativa existente em área de preservação permanente no cálculo do percentual de reserva legal, desde que não implique em conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo, e quando a soma da vegetação nativa em área de preservação permanente e reserva legal exceder a:

I - Oitenta por cento da propriedade rural localizada na Amazônia Legal;

II - Cinquenta por cento da propriedade rural localizada nas demais regiões do País; e

III - Vinte e cinco por cento da pequena propriedade definida pelas alíneas "b" e "c" do inciso I do § 2º do Art. 1º.

§ 7º - O regime de uso da área de preservação permanente não se altera na hipótese prevista no § 6º.

§ 8º - A área de reserva legal deve ser averbada à margem da inscrição de matrícula do imóvel, no registro de imóveis competente, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão, a qualquer título, de desmembramento ou de retificação da área, com as exceções previstas neste Código.

§ 9º - A averbação da reserva legal da pequena propriedade ou posse rural familiar é gratuita, devendo o Poder Público prestar apoio técnico e jurídico, Quando necessário.

§ 10º - Na posse, a reserva legal é assegurada por Termo de Ajustamento de Conduta, firmado pelo possuidor com o órgão ambiental estadual ou federal competente, com força de título executivo e contendo, no mínimo, a localização da reserva legal, as suas características ecológicas básicas e a proibição de supressão de sua vegetação, aplicando-se, no que couber, as mesmas disposições previstas neste Código para a propriedade rural.

§ 11º - Poderá ser instituída reserva legal em regime de condomínio entre mais de uma propriedade, respeitado o percentual legal em relação a cada imóvel, mediante a aprovação do órgão ambiental estadual competente e as devidas averbações referentes a todos os imóveis envolvidos.

**Art. 17º** - Nos loteamentos de propriedades rurais, a área destinada a complementar o limite percentual fixado na letra "a" do artigo antecedente, poderá ser agrupada numa só porção em condomínio entre os adquirentes

**Art. 18º** - Nas terras de propriedade privada, onde seja necessário o florestamento ou o reflorestamento de preservação permanente, o Poder Público Federal poderá fazê-lo sem desapropriá-la, se não o fizer o proprietário.

§ 1º - Se tais áreas estiverem sendo utilizadas com culturas, de seu valor deverá ser indenizado o proprietário;

§ 2º - As áreas assim utilizadas pelo Poder Público Federal ficam isentas de tributação.

**Art. 19º** - A exploração de florestas e de formações sucessoras, tanto de domínio público como de domínio privado, dependerá de aprovação prévia do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, bem como da adoção de técnicas de condução, exploração, reposição florestal e manejo compatíveis com os variados ecossistemas que a cobertura arbórea forme.

Parágrafo único. No caso de reposição florestal, deverão ser priorizados projetos que contemplem a utilização de espécies nativas.

**Art. 20º** - As empresas industriais que, por sua natureza, consumirem grandes quantidades de matéria-prima florestal, serão obrigadas a manter, dentro de um raio em que a exploração e o transporte sejam julgados econômicos, um serviço organizado, que assegure o plantio de novas áreas, em terras próprias ou pertencentes a terceiros, cuja produção, sob exploração racional, seja equivalente ao consumido para o seu abastecimento.

Parágrafo único. O não cumprimento do disposto neste artigo, além das penalidades previstas neste Código, obriga os infratores ao pagamento de multa equivalente a 10% (dez por cento) do valor comercial da matéria-prima florestal nativa consumida além da produção da qual participe.

**Art. 21º** - As empresas siderúrgicas, de transporte e outras, à base de carvão vegetal, lenha ou outra matéria-prima vegetal, são obrigadas a manter florestas próprias para exploração racional ou formar, diretamente ou por intermédio de empreendimentos dos quais participem, florestas destinadas ao seu suprimento.

Parágrafo Único. A autoridade competente fixará para cada empresa o prazo que lhe é facultado para atender ao disposto neste artigo, dentro dos limites de 5 a 10 anos.

**Art. 22º** - A União, diretamente, através do órgão executivo específico, ou em convênio com os Estados e Municípios, fiscalizará a aplicação de normas deste Código, podendo, para tanto, criar os serviços indispensáveis.

Parágrafo Único. Nas áreas urbanas, a que se refere o parágrafo único do art. 2º desta Lei, a fiscalização é da competência dos municípios, atuando a União supletivamente.

**Art. 23º** - A fiscalização e a guarda das florestas pelos serviços especializados não excluem a ação da autoridade policial por iniciativa própria.

**Art. 24º** - Os funcionários florestais, no exercício de suas funções, são equiparados aos agentes de segurança pública, sendo-lhes assegurado o porte de armas.

**Art. 25º** - Em caso de incêndio rural, que não se possa extinguir com os recursos ordinários, compete não só ao funcionário florestal como a qualquer outra autoridade pública requisitar os meios materiais e convocar os homens em condições de prestar auxílio.

**Art. 26º** - Constituem contravenções penais, puníveis com três meses a um ano de prisão simples ou multa de uma a cem vezes o salário mínimo mensal do lugar e da data de infração ou ambas as penas cumulativamente:

a)destruir ou danificar a floresta considerada de preservação permanente, mesmo que em formação, ou utilizá-la com infringência das normas estabelecidas ou previstas nesta Lei;

b)cortar árvore em florestas de preservação permanente, sem permissão da autoridade competente;

c)penetrar em florestas de preservação permanente conduzindo armas, substâncias ou instrumentos próprios para caça proibida ou para exploração de produtos ou subprodutos florestais, sem estar munido de licença da autoridade competente;

d)causar danos aos Parques Nacionais, Estaduais ou Municipais, bem como às Reservas Biológicas;

e)fazer fogo, por qualquer modo, em florestas e demais formas de vegetação, sem tomar precauções adequadas;

f)fabricar, vender, transportar e soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação;

g)impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação;

h)receber madeira, lenha, carvão e outros produtos procedentes de floresta, sem exigir a exibição de licença do vendedor, outorgada pela autoridade competente e sem munir-se da via que deverá acompanhar o produto, até final beneficiamento;

i)transportar ou guardar madeiras, lenha e carvão e outros produtos procedentes de florestas, sem licença válida para todo o tempo da viagem ou do armazenamento, outorgada pela autoridade competente;

j)deixar de restituir à autoridade licenças extintas pelo decurso do prazo ou pela entrega ao consumidor dos produtos procedentes de florestas;

l)empregar, como combustível, produtos florestais ou hulha, sem uso de dispositivos que impeçam a difusão de fagulhas, suscetíveis de provocar incêndios nas florestas;

m)soltar animais ou não tomar precauções necessárias, para que o animal de sua propriedade não penetre em florestas sujeitas a regime especial;

n)matar, lesar ou maltratar, por qualquer modo ou meio, plantas de ornamentação de logradouros públicos ou em propriedade privada alheia ou árvore imune de corte;

o)extrair de florestas de domínio público ou consideradas de preservação permanente, sem prévia autorização: pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais;

p)VETADO

q)transformar madeiras de lei em carvão, inclusive para qualquer efeito industrial, sem licença da autoridade competente;

**Art. 27º** - É proibido o uso de fogo nas florestas e demais formas de vegetação.

Parágrafo Único. Se peculiaridades locais ou regionais justificarem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais a permissão será estabelecida em ato do Poder Público, circunscrevendo as áreas e estabelecendo normas de precaução.

**Art. 28º** - Além das contravenções estabelecidas no artigo precedente, subsistem os dispositivos sobre contravenções e crimes previstos no Código Penal e nas demais leis, com as penalidades nele cominadas.

**Art. 29º** - As penalidades incidirão sobre os autores, sejam eles:

a) Diretos;

b) Arrendatários, parceiros, posseiros, gerentes, administradores, diretores, promitentes compradores ou proprietários das áreas florestais, desde que praticadas por prepostos ou subordinados e no interesse dos preponentes ou dos superiores hierárquicos;

c) Autoridades que se omitirem ou facilitarem, por consentimento ilegal, na prática do ato.

**Art. 30º** - Aplicam-se às contravenções previstas neste Código as regras gerais do Código Penal e da Lei das Contravenções Penais, sempre que a presente Lei não disponha de modo diverso.

**Art. 31º** - São circunstâncias que agravam a pena, além das previstas no Código Penal e na Lei de Contravenções Penais:

a)Cometer a infração no período de queda das sementes ou de formação das vegetações prejudicadas, durante a noite, em domingos ou dias feriados, em época de seca ou inundações,

b)Cometer a infração contra a floresta de preservação permanente ou material dela provido.

**Art. 32º** - A ação penal independe de queixa, mesmo em se tratando de lesão em propriedade privada, quando os bens atingidos são florestas e demais formas de vegetação, instrumentos de trabalho, documentos e atos relacionados com a proteção florestal disciplinada nesta Lei.

**Art. 33º** - São autoridades competentes para instaurar, presidir e proceder a inquéritos policiais, lavrar autos de prisão em flagrante e intentar a ação penal, nos casos de crimes ou contravenções, previstos nesta Lei ou em outras leis e que tenham por objeto florestas e demais formas de vegetação, instrumentos de trabalho, documentos e produtos delas procedentes:

a)As indicadas no Código de Processo Penal;

b)Os funcionários da repartição florestal e de autarquias, com atribuições correlatas, designados para as atividades de fiscalização.

Parágrafo Único. Em caso de ações penais simultâneas, pelo mesmo fato, iniciadas por várias autoridades, o Juiz reunirá os processos na jurisdição em que se firmou a competência.

**Art. 34º** - As autoridades referidas no item "b" do artigo anterior, ratificada a denúncia pelo Ministério Público, terão ainda competência igual a deste, na qualidade de assistente, perante a Justiça comum, nos feitos de que trata a Lei.

**Art. 35º** - A autoridade apreenderá os produtos e os instrumentos utilizados na infração e, se não puderem acompanhar o inquérito, por seu volume e natureza, serão entregues ao depositário público local, se houver e, na sua falta, ao que for nomeado pelo Juiz, para devolução ao prejudicado. Se pertencerem ao agente ativo da infração serão vendidos em hasta pública.

**Art. 36º** - O processo das contravenções obedecerá ao rito sumário da Lei nº 1.508, de 19 de dezembro de 1951, no que couber.

**Art. 37º** - Não serão transcritos ou averbados no Registro Geral de Imóveis os atos de transmissão "inter-vivos" ou "causa-mortis", bem como a constituição de ônus reais, sobre imóveis da zona rural, sem a apresentação de certidão negativa de dívidas referentes a multas previstas nesta Lei ou nas Leis estaduais supletivas, por decisão transitada em julgado.

**Art. 37º-A** - Não é permitida a conversão de florestas ou outra forma de vegetação nativa para uso alternativo do solo na propriedade rural que possui área desmatada, quando for verificado que a referida área encontra-se abandonada, subutilizada ou utilizada de forma inadequada, segundo a vocação e capacidade de suporte do solo.

§ 1º - Entende-se por área abandonada, subutilizada ou utilizada de forma inadequada, aquela não efetivamente utilizada, nos termos do § 3º, do Art. 6º da Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, ou que não atenda aos índices previstos no Art. 6º da referida Lei, ressalvadas as áreas de pousio na pequena propriedade ou posse rural familiar ou de população tradicional.

§ 2º - As normas e mecanismos para a comprovação da necessidade de conversão serão estabelecidos em regulamento, considerando, dentre outros dados relevantes, o desempenho da propriedade nos últimos três anos, apurado nas declarações anuais do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR.

§ 3º - A regulamentação de que trata o § 2º estabelecerá procedimentos simplificados:

I - Para a pequena propriedade rural; e

II - para as demais propriedades que venham atingindo os parâmetros de produtividade da região e que não tenham restrições perante os órgãos ambientais.

§ 4º - Nas áreas passíveis de uso alternativo do solo, a supressão da vegetação que abrigue espécie ameaçada de extinção, dependerá da adoção de medidas compensatórias e mitigadoras que assegurem a conservação da espécie.

§ 5º - Se as medidas necessárias para a conservação da espécie impossibilitarem a adequada exploração econômica da propriedade, observar-se-á o disposto na alínea "b" do Art. 14.

§ 6º - É proibida, em área com cobertura florestal primária ou secundária em estágio avançado de regeneração, a implantação de projetos de assentamento humano ou de colonização para fim de reforma agrária, ressalvados os projetos de assentamento agro-extrativista, respeitadas as legislações específicas.

**Art. 38º** - REVOGADO.

**Art. 39º** - REVOGADO.

**Art. 40º** - VETADO.

**Art. 41º** - Os estabelecimentos oficiais de crédito concederão prioridades aos projetos de florestamento, reflorestamento ou aquisição de equipamentos mecânicos necessários aos serviços, obedecidas as escalas anteriormente fixadas em lei.

Parágrafo Único. Ao CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL, dentro de suas atribuições legais, como órgão disciplinador do crédito e das operações creditícias em todas as suas modalidades e formas, cabe estabelecer as normas para os financiamentos florestais, como juros e prazos compatíveis, relacionados com os planos de florestamento e reflorestamento aprovados pelo CONSELHO FLORESTAL FEDERAL.

**Art. 42º** - Dois anos depois da promulgação desta Lei, nenhuma autoridade poderá permitir a adoção de livros escolares de leitura que não contenham textos de educação florestal, previamente aprovados pelo Conselho Federal de Educação, ouvido o órgão florestal competente.

§ 1º - As estações de rádio e televisão incluirão, obrigatoriamente, em suas programações, texto e dispositivo de interesse florestal, aprovados pelo órgão competente no limite mínimo de cinco (5) minutos semanais distribuídos ou não em diferentes dias.

§ 2º - Nos mapas e cartas oficiais serão obrigatoriamente assinalados os Parques e Florestas Públicas.

§ 3º - A União e os Estados promoverão a criação e o desenvolvimento de escolas para o ensino florestal, em seus diferentes níveis.

**Art. 43º** - Fica instituída a SEMANA FLORESTAL, em datas fixadas para as diversas regiões do País, por Decreto Federal. Será a mesma comemorada, obrigatoriamente, nas escolas e estabelecimentos públicos ou subvencionados através de programas objetivos em que se ressalte o valor das florestas, face aos seus produtos e utilidades, bem como sobre a forma correta de conduzi-las e perpetuá-las.

Parágrafo Único. Para a Semana Florestal serão programadas reuniões, conferências, jornadas de reflorestamento e outras solenidades e festividades, com o objetivo de identificar as florestas como recurso natural renovável de elevado valor social e econômico.

**Art. 44º** - O proprietário ou possuidor de imóvel rural com área de floresta nativa, natural, primitiva ou regenerada ou outra forma de vegetação nativa em extensão inferior ao estabelecido nos incisos I, II, III e IV do Art. 16, ressalvado o disposto nos seus §§ 5º e 6º, deve adotar as seguintes alternativas, isoladas ou conjuntamente:

I - recompor a reserva legal de sua propriedade mediante o plantio, a cada três anos, de no mínimo 1/10 da área total necessária à sua complementação, com espécies nativas, de acordo com critérios estabelecidos pelo órgão ambiental estadual competente;

II - conduzir a regeneração natural da reserva legal; e

III - compensar a reserva legal por outra área equivalente em importância ecológica e extensão, desde que pertença ao mesmo ecossistema e esteja localizada na mesma microbacia, conforme critérios estabelecidos em regulamento.

§ 1º - Na recomposição de que trata o inciso I, o órgão ambiental estadual competente deve apoiar tecnicamente a pequena propriedade ou posse rural familiar.

§ 2º - A recomposição de que trata o inciso I pode ser realizada mediante o plantio temporário de espécies exóticas como pioneiras, visando a restauração do ecossistema original, de acordo com critérios técnicos gerais estabelecidos pelo CONAMA.

§ 3º - A regeneração de que trata o inciso II será autorizada, pelo órgão ambiental estadual competente, quando sua viabilidade for comprovada por laudo técnico, podendo ser exigido o isolamento da área.

§ 4º - Na impossibilidade de compensação da reserva legal dentro da mesma microbacia hidrográfica, deve o órgão ambiental estadual competente aplicar o critério de maior proximidade possível entre a propriedade desprovida de reserva legal e a área escolhida para compensação, desde que na mesma bacia hidrográfica e no mesmo Estado, atendido, quando houver, o respectivo Plano de Bacia Hidrográfica, e respeitadas as demais condicionantes estabelecidas no inciso III.

§ 5º - A compensação de que trata o inciso III deste artigo, deverá ser submetida à aprovação pelo órgão ambiental estadual competente, e pode ser implementada mediante o arrendamento de área sob regime de servidão florestal ou reserva legal, ou aquisição de cotas de que trata o Art. 44-B.

§ 6º - O proprietário rural poderá ser desonerado, pelo período de trinta anos, das obrigações previstas neste artigo, mediante a doação, ao órgão ambiental competente, de área localizada no interior de Parque Nacional ou Estadual, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva Biológica ou Estação Ecológica pendente de regularização fundiária, respeitados os critérios previstos no inciso III deste artigo

**Art. 44º-A** - O proprietário rural poderá instituir servidão florestal, mediante a qual voluntariamente renuncia, em caráter permanente ou temporário, a direitos de supressão ou exploração da vegetação nativa, localizada fora da reserva legal e da área com vegetação de preservação permanente.

§ 1º - A limitação ao uso da vegetação da área sob regime de servidão florestal deve ser, no mínimo, a mesma estabelecida para a Reserva Legal.

§ 2º - A servidão florestal deve ser averbada à margem da inscrição de matrícula do imóvel, no registro de imóveis competente, após anuência do órgão ambiental estadual competente, sendo vedada, durante o prazo de sua vigência, a alteração da destinação da área, nos casos de transmissão a qualquer título, de desmembramento ou de retificação dos limites da propriedade.

**Art. 44º-B** - Fica instituída a Cota de Reserva Florestal - CRF, título representativo de vegetação nativa sob regime de servidão florestal, de Reserva Particular do Patrimônio Natural ou reserva legal instituída voluntariamente sobre a vegetação que exceder os percentuais estabelecidos no Art. 16 deste Código.

Parágrafo único. A regulamentação deste Código disporá sobre as características, natureza e prazo de validade do título de que trata este artigo, assim como os mecanismos que assegurem ao seu adquirente a existência e a conservação da vegetação objeto do título.

**Art. 44º-C** - O proprietário ou possuidor que, a partir da vigência da Medida Provisória nº 1.736-31, de 14 de dezembro de 1998, suprimiu, total ou parcialmente florestas ou demais formas de vegetação nativa, situadas no interior de sua propriedade ou posse, sem as devidas autorizações exigidas por Lei, não pode fazer uso dos benefícios previstos no inciso III do Art. 44.

**Art. 45º** - Ficam obrigados ao registro no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA os estabelecimentos comerciais responsáveis pela comercialização de moto-serras, bem como aqueles que adquirirem este equipamento.

§ 1º - A licença para o porte e uso de moto-serras será renovada a cada 2(dois) anos perante o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

§ 2º - Os fabricantes de moto-serras ficam obrigados, a partir de 180 (cento e oitenta) dias da publicação desta Lei, a imprimir, em local visível deste equipamento,

numeração cuja seqüência será encaminhada ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA e constará das correspondentes notas fiscais.

§ 3º - A comercialização ou utilização de moto-serras sem a licença a que se refere este artigo constitui crime contra o meio ambiente, sujeito à pena de detenção de 1(um) a 3(três) meses e multa de 1(um) a 10(dez) salários mínimos de referência e apreensão da moto-serras, sem prejuízo da responsabilidade pela reparação dos danos causados.

**Art. 46º** - No caso de florestas plantadas, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, zelará para que seja preservada, em cada município, área destinada à produção de alimentos básicos e pastagens, visando ao abastecimento local.

**Art. 47º** - O Poder Executivo promoverá no prazo de 180 dias, a revisão de todos os contratos, convênios, acordos e concessões relacionados com a exploração florestal em geral, a fim de ajustá-las às normas adotadas por esta lei.

**Art. 48º** - Fica mantido o Conselho Florestal, com sede em Brasília, como órgão consultivo e normativo da política florestal brasileira.

Parágrafo Único. A composição e atribuições do Conselho Florestal Federal, integrado, no máximo, por 12 (doze) membros, serão estabelecidas por decreto do Poder Executivo.

**Art. 49º** - O Poder Executivo regulamentará a presente Lei, no que for julgado necessário à sua execução.

**Art. 50º** - Esta Lei entrará em vigor 120 (cento e vinte) dias após a data de sua publicação revogados o Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934 (Código Florestal), e demais disposições em contrário.

Brasília, 15 de setembro de 1965;  
144º da Independência e 77º da República.

## **ANEXO C.1**

### **LEI Nº 8.171, DE 17 DE JANEIRO DE 1991.**

Dispõe sobre a política agrícola.

**O PRESIDENTE DA REPÚBLICA**, faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

#### **CAPÍTULO I**

##### **Dos Princípios Fundamentais**

Art. 1º Esta lei fixa os fundamentos, define os objetivos e as competências institucionais, prevê os recursos e estabelece as ações e instrumentos da política agrícola, relativamente às atividades agropecuárias, agroindustriais e de planejamento das atividades pesqueira e florestal.

Parágrafo único. Para os efeitos desta lei, entende-se por atividade agrícola a produção, o processamento e a comercialização dos produtos, subprodutos e derivados, serviços e insumos agrícolas, pecuários, pesqueiros e florestais.

Art. 2º A política fundamenta-se nos seguintes pressupostos:

I - a atividade agrícola compreende processos físicos, químicos e biológicos, onde os recursos naturais envolvidos devem ser utilizados e gerenciados, subordinando-se às normas e princípios de interesse público, de forma que seja cumprida a função social e econômica da propriedade;

II - o setor agrícola é constituído por segmentos como: produção, insumos, agroindústria, comércio, abastecimento e afins, os quais respondem diferenciadamente às políticas públicas e às forças de mercado;

III - como atividade econômica, a agricultura deve proporcionar, aos que a ela se dediquem, rentabilidade compatível com a de outros setores da economia;

IV - o adequado abastecimento alimentar é condição básica para garantir a tranqüilidade social, a ordem pública e o processo de desenvolvimento econômico-social;

V - a produção agrícola ocorre em estabelecimentos rurais heterogêneos quanto à estrutura fundiária, condições edafoclimáticas, disponibilidade de infra-

estrutura, capacidade empresarial, níveis tecnológicos e condições sociais, econômicas e culturais;

VI - o processo de desenvolvimento agrícola deve proporcionar ao homem do campo o acesso aos serviços essenciais: saúde, educação, segurança pública, transporte, eletrificação, comunicação, habitação, saneamento, lazer e outros benefícios sociais.

Art. 3º São objetivos da política agrícola:

I - na forma como dispõe o art. 174 da Constituição, o Estado exercerá função de planejamento, que será determinante para o setor público e indicativo para o setor privado, destinado a promover, regular, fiscalizar, controlar, avaliar atividade e suprir necessidades, visando assegurar o incremento da produção e da produtividade agrícolas, a regularidade do abastecimento interno, especialmente alimentar, e a redução das disparidades regionais;

II - sistematizar a atuação do Estado para que os diversos segmentos intervenientes da agricultura possam planejar suas ações e investimentos numa perspectiva de médio e longo prazos, reduzindo as incertezas do setor;

III - eliminar as distorções que afetam o desempenho das funções econômica e social da agricultura;

IV - proteger o meio ambiente, garantir o seu uso racional e estimular a recuperação dos recursos naturais;

V - (Vetado);

VI - promover a descentralização da execução dos serviços públicos de apoio ao setor rural, visando a complementariedade de ações com Estados, Distrito Federal, Territórios e Municípios, cabendo a estes assumir suas responsabilidades na execução da política agrícola, adequando os diversos instrumentos às suas necessidades e realidades;

VII - compatibilizar as ações da política agrícola com as de reforma agrária, assegurando aos beneficiários o apoio à sua integração ao sistema produtivo;

VIII - promover e estimular o desenvolvimento da ciência e da tecnologia agrícola pública e privada, em especial aquelas voltadas para a utilização dos fatores de produção internos;

IX - possibilitar a participação efetiva de todos os segmentos atuantes no setor rural, na definição dos rumos da agricultura brasileira;

X - prestar apoio institucional ao produtor rural, com prioridade de atendimento ao pequeno produtor e sua família;

XI - estimular o processo de agroindustrialização junto às respectivas áreas de produção;

XII - (Vetado);

XIII – promover a saúde animal e a sanidade vegetal;**(Inciso incluído pela Lei nº 10.298, de 30.10.2001)**

XIV – promover a idoneidade dos insumos e serviços empregados na agricultura;**(Inciso incluído pela Lei nº 10.298, de 30.10.2001)**

XV – assegurar a qualidade dos produtos de origem agropecuária, seus derivados e resíduos de valor econômico;**(Inciso incluído pela Lei nº 10.298, de 30.10.2001)**

XVI – promover a concorrência leal entre os agentes que atuam nos setores e a proteção destes em relação a práticas desleais e a riscos de doenças e pragas exóticas no País;**(Inciso incluído pela Lei nº 10.298, de 30.10.2001)**

XVII – melhorar a renda e a qualidade de vida no meio rural.**(Inciso incluído pela Lei nº 10.298, de 30.10.2001)**

Art. 4º As ações e instrumentos de política agrícola referem-se a:

I - planejamento agrícola;

II - pesquisa agrícola tecnológica;

III - assistência técnica e extensão rural;

IV - proteção do meio ambiente, conservação e recuperação dos recursos naturais;

V - defesa da agropecuária;

VI - informação agrícola;

VII - produção, comercialização, abastecimento e armazenagem;

VIII - associativismo e cooperativismo;

IX - formação profissional e educação rural;

X - investimentos públicos e privados;

- XI - crédito rural;
- XII - garantia da atividade agropecuária;
- XIII - seguro agrícola;
- XIV - tributação e incentivos fiscais;
- XV - irrigação e drenagem;
- XVI - habitação rural;
- XVII - eletrificação rural;
- XVIII - mecanização agrícola;
- XIX - crédito fundiário.

Parágrafo único. Os instrumentos de política agrícola deverão orientar-se pelos planos plurianuais. **(Parágrafo incluído pela Lei nº 10.246, de 2 de julho de 2001)**

## CAPÍTULO II

### Da Organização Institucional

Art. 5º É instituído o Conselho Nacional de Política Agrícola (CNPA), vinculado ao Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Mara), com as seguintes atribuições:

- I - (Vetado);
- II - (Vetado);
- III - orientar a elaboração do Plano de Safra;
- IV - propor ajustamentos ou alterações na política agrícola;
- V - (Vetado);
- VI - manter sistema de análise e informação sobre a conjuntura econômica e social da atividade agrícola.

§ 1º O Conselho Nacional da Política Agrícola (CNPA) será constituído pelos seguintes membros:

- I - um do Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento;
- II - um do Banco do Brasil S.A.;
- III - dois da Confederação Nacional da Agricultura;
- IV - dois representantes da Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag);

V - dois da Organização das Cooperativas Brasileiras, ligados ao setor agropecuário;

VI - um do Departamento Nacional da Defesa do Consumidor;

VII - um da Secretaria do Meio Ambiente;

VIII - um da Secretaria do Desenvolvimento Regional;

IX - três do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Mara);

X - um do Ministério da Infra-Estrutura;

XI - dois representantes de setores econômicos privados abrangidos pela Lei Agrícola, de livre nomeação do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Mara);

XII - (Vetado);

§ 2º (Vetado).

§ 3º O Conselho Nacional da Política Agrícola (CNPA) contará com uma Secretaria Executiva e sua estrutura funcional será integrada por Câmaras Setoriais, especializadas em produtos, insumos, comercialização, armazenamento, transporte, crédito, seguro e demais componentes da atividade rural.

§ 4º As Câmaras Setoriais serão instaladas por ato e a critério do Ministro da Agricultura e Reforma Agrária, devendo o regimento interno do Conselho Nacional de Política Agrícola (CNPA) fixar o número de seus membros e respectivas atribuições .

§ 5º O regimento interno do Conselho Nacional de Política Agrícola (CNPA) será elaborado pelo Ministro da Agricultura e Reforma Agrária e submetido a aprovação do seu plenário.

§ 6º O Conselho Nacional de Política Agrícola (CNPA) coordenará a organização de Conselhos Estaduais e Municipais de Política Agrícola, com as mesmas finalidades, no âmbito de suas competências.

§ 7º (Vetado).

§ 8º (Vetado).

Art. 6º A ação governamental para o setor agrícola é organizada pela União, Estados, Distrito Federal, Territórios e Municípios, cabendo:

I - (Vetado);

II – ao Governo Federal a orientação normativa, as diretrizes nacionais e a execução das atividades estabelecidas em lei. **(Inciso incluído pela Lei nº 10.327, de 12.12.2001)**

III - às entidades de administração direta e indireta dos Estados, do Distrito Federal e dos Territórios o planejamento, a execução, o acompanhamento, o controle e a avaliação de atividades específicas. **(Inciso renumerado pela Lei nº 10.327, de 12.12.2001)**

Art. 7º A ação governamental para o setor agrícola desenvolvida pela União, pelos Estados, Distrito Federal, Territórios e Municípios, respeitada a autonomia constitucional, é exercida em sintonia, evitando-se superposições e paralelismos, conforme dispuser lei complementar prevista no parágrafo único do art. 23 da Constituição.

### CAPÍTULO III

#### Do Planejamento Agrícola

Art. 8º O planejamento agrícola será feito em consonância com o que dispõe o art. 174 da Constituição, de forma democrática e participativa, através de planos nacionais de desenvolvimento agrícola plurianuais, planos de safras e planos operativos anuais, observadas as definições constantes desta lei.

§ 1º (Vetado).

§ 2º (Vetado).

~~§ 3º Os planos de safra e planos plurianuais considerarão as especificidades regionais e estaduais, de acordo com a vocação agrícola e as necessidades diferenciadas de abastecimento, formação de estoque e exportação.~~

§ 3º Os planos de safra e os planos plurianuais, elaborados de acordo com os instrumentos gerais de planejamento, considerarão o tipo de produto, fatores e ecossistemas homogêneos, o planejamento das ações dos órgãos e entidades da administração federal direta e indireta, as especificidades regionais e estaduais, de acordo com a vocação agrícola e as necessidades diferenciadas de abastecimento, formação de estoque e exportação. **(Redação dada pela Lei nº 10.246, de 2 de julho de 2001)**

§ 4º Os planos deverão prever a integração das atividades de produção e de transformação do setor agrícola, e deste com os demais setores da economia.

Art. 9º O Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Mara) coordenará, a nível nacional, as atividades de planejamento agrícola, em articulação com os Estados, o Distrito Federal, os Territórios e os Municípios.

Art. 10. O Poder Público deverá:

I - proporcionar a integração dos instrumentos de planejamento agrícola com os demais setores da economia;

II - desenvolver e manter atualizada uma base de indicadores sobre o desempenho do setor agrícola, a eficácia da ação governamental e os efeitos e impactos dos programas dos planos plurianuais.

#### CAPÍTULO IV

##### Da Pesquisa Agrícola

Art. 11. (Vetado).

Parágrafo único. É o Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Mara) autorizado a instituir o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), sob a coordenação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e em convênio com os Estados, o Distrito Federal, os Territórios, os Municípios, entidades públicas e privadas, universidades, cooperativas, sindicatos, fundações e associações.

Art. 12. A pesquisa agrícola deverá:

I - estar integrada à assistência técnica e extensão rural, aos produtores, comunidades e agroindústrias, devendo ser gerada ou adaptada a partir do conhecimento biológico da integração dos diversos ecossistemas, observando as condições econômicas e culturais dos segmentos sociais do setor produtivo;

II - dar prioridade ao melhoramento dos materiais genéticos produzidos pelo ambiente natural dos ecossistemas, objetivando o aumento de sua produtividade, preservando ao máximo a heterogeneidade genética;

III - dar prioridade à geração e à adaptação de tecnologias agrícolas destinadas ao desenvolvimento dos pequenos agricultores, enfatizando os alimentos básicos, equipamentos e implementos agrícolas voltados para esse público;

IV - observar as características regionais e gerar tecnologias voltadas para a sanidade animal e vegetal, respeitando a preservação da saúde e do meio ambiente.

Art. 13. É autorizada a importação de material genético para a agricultura desde que não haja proibição legal.

Art. 14. Os programas de desenvolvimento científico e tecnológico, tendo em vista a geração de tecnologia de ponta, merecerão nível de prioridade que garanta a independência e os parâmetros de competitividade internacional à agricultura brasileira.

## CAPÍTULO V

### Da Assistência Técnica e Extensão Rural

Art. 15. (Vetado).

Art. 16. A assistência técnica e extensão rural buscarão viabilizar, com o produtor rural, proprietário ou não, suas famílias e organizações, soluções adequadas a seus problemas de produção, gerência, beneficiamento, armazenamento, comercialização, industrialização, eletrificação, consumo, bem-estar e preservação do meio ambiente.

Art. 17. O Poder Público manterá serviço oficial de assistência técnica e extensão rural, sem paralelismo na área governamental ou privada, de caráter educativo, garantindo atendimento gratuito aos pequenos produtores e suas formas associativas, visando:

I - difundir tecnologias necessárias ao aprimoramento da economia agrícola, à conservação dos recursos naturais e à melhoria das condições de vida do meio rural;

II - estimular e apoiar a participação e a organização da população rural, respeitando a organização da unidade familiar bem como as entidades de representação dos produtores rurais;

III - identificar tecnologias alternativas juntamente com instituições de pesquisa e produtores rurais;

IV - disseminar informações conjunturais nas áreas de produção agrícola, comercialização, abastecimento e agroindústria.

Art. 18. A ação de assistência técnica e extensão rural deverá estar integrada à pesquisa agrícola, aos produtores rurais e suas entidades representativas e às comunidades rurais.

## CAPÍTULO VI

## Da Proteção ao Meio Ambiente e da Conservação dos Recursos Naturais

Art. 19. O Poder Público deverá:

I - integrar, a nível de Governo Federal, os Estados, o Distrito Federal, os Territórios, os Municípios e as comunidades na preservação do meio ambiente e conservação dos recursos naturais;

II - disciplinar e fiscalizar o uso racional do solo, da água, da fauna e da flora;

III - realizar zoneamentos agroecológicos que permitam estabelecer critérios para o disciplinamento e o ordenamento da ocupação espacial pelas diversas atividades produtivas, bem como para a instalação de novas hidrelétricas;

IV - promover e/ou estimular a recuperação das áreas em processo de desertificação;

V - desenvolver programas de educação ambiental, a nível formal e informal, dirigidos à população;

VI - fomentar a produção de sementes e mudas de essências nativas;

VII - coordenar programas de estímulo e incentivo à preservação das nascentes dos cursos d'água e do meio ambiente, bem como o aproveitamento de dejetos animais para conversão em fertilizantes.

Parágrafo único. A fiscalização e o uso racional dos recursos naturais do meio ambiente é também de responsabilidade dos proprietários de direito, dos beneficiários da reforma agrária e dos ocupantes temporários dos imóveis rurais.

Art. 20. As bacias hidrográficas constituem-se em unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e da recuperação dos recursos naturais.

Art. 21. (Vetado).

Art. 21-A. O Poder Público procederá à identificação, em todo o território nacional, das áreas desertificadas, as quais somente poderão ser exploradas mediante a adoção de adequado plano de manejo, com o emprego de tecnologias capazes de interromper o processo de desertificação e de promover a recuperação dessas áreas. **(Artigo incluído pela Lei nº 10.228, de 29.5.2001)**

§ 1º O Poder Público estabelecerá cadastros das áreas sujeitas a processos de desertificação, em âmbito estadual ou municipal. **(Parágrafo incluído pela Lei nº 10.228, de 29.5.2001)**

§ 2º O Poder Público, por intermédio dos órgãos competentes, promoverá a pesquisa, a geração e a difusão de tecnologias capazes de suprir as condições expressas neste artigo. **Parágrafo incluído pela Lei nº 10.228, de 29.5.2001**

Art. 22. A prestação de serviços e aplicações de recursos pelo Poder Público em atividades agrícolas devem ter por premissa básica o uso tecnicamente indicado, o manejo racional dos recursos naturais e a preservação do meio ambiente.

Art. 23. As empresas que exploram economicamente águas represadas e as concessionárias de energia elétrica serão responsáveis pelas alterações ambientais por elas provocadas e obrigadas a recuperação do meio ambiente, na área de abrangência de suas respectivas bacias hidrográficas.

Art. 24. (Vetado).

Art. 25. O Poder Público implementará programas de estímulo às atividades criatórias de peixes e outros produtos de vida fluvial, lacustre e marinha de interesse econômico, visando ao incremento da oferta de alimentos e a preservação das espécies.

Art. 26. A proteção do meio ambiente e dos recursos naturais terá programas plurianuais e planos operativos anuais elaborados pelos órgãos competentes, mantidos ou não pelo Poder Público, sob a coordenação da União e das Unidades da Federação.

## CAPÍTULO VII

### Da Defesa Agropecuária

Art. 27. (Vetado).

Art. 27-A. São objetivos da defesa agropecuária assegurar: **(Artigo incluído pela Lei nº 9.712, de 20.11.1998)**

I – a sanidade das populações vegetais;

II – a saúde dos rebanhos animais;

III – a idoneidade dos insumos e dos serviços utilizados na agropecuária;

IV – a identidade e a segurança higiênico-sanitária e tecnológica dos produtos agropecuários finais destinados aos consumidores.

§ 1º Na busca do atingimento dos objetivos referidos no *caput*, o Poder Público desenvolverá, permanentemente, as seguintes atividades:

I – vigilância e defesa sanitária vegetal;

II – vigilância e defesa sanitária animal;

III – inspeção e classificação de produtos de origem vegetal, seus derivados, subprodutos e resíduos de valor econômico;

IV – inspeção e classificação de produtos de origem animal, seus derivados, subprodutos e resíduos de valor econômico;

V – fiscalização dos insumos e dos serviços usados nas atividades agropecuárias.

§ 2º As atividades constantes do parágrafo anterior serão organizadas de forma a garantir o cumprimento das legislações vigentes que tratem da defesa agropecuária e dos compromissos internacionais firmados pela União.

Art. 28. (Vetado).

Art. 28-A. Visando à promoção da saúde, as ações de vigilância e defesa sanitária dos animais e dos vegetais serão organizadas, sob a coordenação do Poder Público nas várias instâncias federativas e no âmbito de sua competência, em um Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária, articulado, no que for atinente à saúde pública, com o Sistema Único de Saúde de que trata a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, do qual participarão: **(Artigo incluído pela Lei nº 9.712, de 20.11.1998)**

I – serviços e instituições oficiais;

II – produtores e trabalhadores rurais, suas associações e técnicos que lhes prestam assistência;

III – órgãos de fiscalização das categorias profissionais diretamente vinculadas à sanidade agropecuária;

IV – entidades gestoras de fundos organizados pelo setor privado para complementar as ações públicas no campo da defesa agropecuária.

§ 1º A área municipal será considerada unidade geográfica básica para a organização e o funcionamento dos serviços oficiais de sanidade agropecuária.

§ 2º A instância local do sistema unificado de atenção à sanidade agropecuária dará, na sua jurisdição, plena atenção à sanidade, com a participação da comunidade organizada, tratando especialmente das seguintes atividades:

I – cadastro das propriedades;

- II – inventário das populações animais e vegetais;
- III – controle de trânsito de animais e plantas;
- IV – cadastro dos profissionais de sanidade atuantes;
- V – cadastro das casas de comércio de produtos de uso agrônômico e veterinário;
- VI – cadastro dos laboratórios de diagnósticos de doenças;
- VII – inventário das doenças diagnosticadas;
- VIII – execução de campanhas de controle de doenças;
- IX – educação e vigilância sanitária;
- X – participação em projetos de erradicação de doenças e pragas.

§ 3º Às instâncias intermediárias do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária competem as seguintes atividades:

- I – vigilância do trânsito interestadual de plantas e animais;
- II – coordenação das campanhas de controle e erradicação de pragas e doenças;
- III – manutenção dos informes nosográficos;
- IV – coordenação das ações de epidemiologia;
- V – coordenação das ações de educação sanitária;
- VI – controle de rede de diagnóstico e dos profissionais de sanidade credenciados.

§ 4º À instância central e superior do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária compete:

- I – a vigilância de portos, aeroportos e postos de fronteira internacionais;
- II – a fixação de normas referentes a campanhas de controle e erradicação de pragas e doenças;
- III – a aprovação dos métodos de diagnóstico e dos produtos de uso veterinário e agrônômico;
- IV – a manutenção do sistema de informações epidemiológicas;
- V – a avaliação das ações desenvolvidas nas instâncias locais e intermediárias do sistema unificado de atenção à sanidade agropecuária;

VI – a representação do País nos fóruns internacionais que tratam da defesa agropecuária;

VII – a realização de estudos de epidemiologia e de apoio ao desenvolvimento do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária;

VIII – a cooperação técnica às outras instâncias do Sistema Unificado;

IX – o aprimoramento do Sistema Unificado;

X – a coordenação do Sistema Unificado;

XI – a manutenção do Código de Defesa Agropecuária.

§ 5º Integrarão o Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária instituições gestoras de fundos organizados por entidades privadas para complementar as ações públicas no campo da defesa agropecuária.

§ 6º As estratégias e políticas de promoção à sanidade e de vigilância serão ecossistêmicas e descentralizadas, por tipo de problema sanitário, visando ao alcance de áreas livres de pragas e doenças, conforme previsto em acordos e tratados internacionais subscritos pelo País.

§ 7º Sempre que recomendado epidemiologicamente é prioritária a erradicação das doenças e pragas, na estratégia de áreas livres.

Art. 29. (Vetado).

Art. 29-A. A inspeção industrial e sanitária de produtos de origem vegetal e animal, bem como a dos insumos agropecuários, será gerida de maneira que os procedimentos e a organização da inspeção se faça por métodos universalizados e aplicados eqüitativamente em todos os estabelecimentos inspecionados. **(Artigo incluído pela Lei nº 9.712, de 20.11.1998)**

§ 1º Na inspeção poderá ser adotado o método de análise de riscos e pontos críticos de controle.

§ 2º Como parte do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária, serão constituídos um sistema brasileiro de inspeção de produtos de origem vegetal e um sistema brasileiro de inspeção de produtos de origem animal, bem como sistemas específicos de inspeção para insumos usados na agropecuária.

## CAPÍTULO VIII

### Da Informação Agrícola

Art. 30. O Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Mara), integrado com os Estados, o Distrito Federal, os Territórios e os Municípios, manterá um sistema de informação agrícola ampla para divulgação de:

I - previsão de safras por Estado, Distrito Federal e Território, incluindo estimativas de área cultivada ou colhida, produção e produtividade;

II - preços recebidos e pagos pelo produtor, com a composição dos primeiros até os mercados atacadistas e varejistas, por Estado, Distrito Federal e Território;

III - valores e preços de exportação FOB, com a decomposição dos preços até o interior, a nível de produtor, destacando as taxas e impostos cobrados;

IV - valores e preços de importação CIF, com a decomposição dos preços dos mercados internacionais até a colocação do produto em portos brasileiros, destacando, taxas e impostos cobrados;

V - cadastro, cartografia e solo das propriedades rurais: ***(Redação dada pela Lei nº 9.272, de 03/05/96)***

VI - volume dos estoques públicos e privados, reguladores e estratégicos, discriminados por produtos, tipos e localização; ***(Redação dada pela Lei nº 9.272, de 03/05/96)***

VII - (Vetado);

VIII - (Vetado);

IX - dados de meteorologia e climatologia agrícolas;

X - (Vetado);

XI - (Vetado);

XII - (Vetado);

XIII - pesquisas em andamento e os resultados daquelas já concluídas.

XIV - informações sobre doenças e pragas; ***(Redação dada pela Lei nº 9.272, de 03/05/96)***

XV - indústria de produtos de origem vegetal e animal e de insumos; ***(Incluído pela Lei nº 9.272, de 03/05/96)***

XVI - classificação de produtos agropecuários; ***(Incluído pela Lei nº 9.272, de 03/05/96)***

XVII - inspeção de produtos e insumos; *(Incluído pela Lei nº 9.272, de 03/05/96)*

XVIII - infratores das várias legislações relativas à agropecuária. *(Incluído pela Lei nº 9.272, de 03/05/96)*

Parágrafo único. O Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Mara) coordenará a realização de estudos e análises detalhadas do comportamento dos mercados interno e externo dos produtos agrícolas e agroindustriais, informando sua apropriação e divulgação para o pleno e imediato conhecimento dos produtores rurais e demais agentes do mercado.

## CAPÍTULO IX

### Da Produção, da Comercialização, do Abastecimento e da Armazenagem

Art. 31. O Poder Público formará, localizará adequadamente e manterá estoques reguladores e estratégicos, visando garantir a compra do produtor, na forma da lei, assegurar o abastecimento e regular o preço do mercado interno.

§ 1º Os estoques reguladores devem contemplar, prioritariamente, os produtos básicos.

§ 2º (Vetado).

§ 3º Os estoques reguladores devem ser adquiridos preferencialmente de organizações associativas de pequenos e médios produtores.

§ 4º (Vetado).

§ 5º A formação e a liberação destes estoques obedecerão regras pautadas no princípio da menor interferência na livre comercialização privada, observando-se prazos e procedimentos pré-estabelecidos e de amplo conhecimento público, sem ferir a margem mínima do ganho real do produtor rural, assentada em custos de produção atualizados e produtividades médias históricas.

Art. 32. (Vetado).

Art. 33. (Vetado).

§ 1º (Vetado).

§ 2º A garantia de preços mínimos far-se-á através de financiamento da comercialização e da aquisição dos produtos agrícolas amparados.

§ 3º Os alimentos considerados básicos terão tratamento privilegiado para efeito de preço mínimo.

Art. 34. (Vetado).

Art. 35. As vendas dos estoques públicos serão realizadas através de leilões em bolsas de mercadorias, ou diretamente, mediante licitação pública.

Art. 36. O Poder Público criará estímulos para a melhoria das condições de armazenagem, processamento, embalagem e redução de perdas em nível de estabelecimento rural, inclusive comunitário.

~~Art. 37. É mantida, no território nacional, a exigência de padronização, fiscalização e classificação de produtos vegetais e animais, subprodutos e derivados e seus resíduos de valores econômico, bem como dos produtos agrícolas destinados ao consumo e à industrialização para o mercado interno e externo.~~

Art. 37. É mantida, no território nacional, a exigência de padronização, fiscalização e classificação de produtos animais, subprodutos e derivados e seus resíduos de valor econômico, bem como dos produtos de origem animal destinados ao consumo e à industrialização para o mercado interno e externo. **(Redação dada pela Lei nº 9.972, de 25.5.2000)**

Parágrafo único. (Vetado) .

Art. 38. (Vetado}.

Art. 39. (Vetado}.

Art. 40. (Vetado).

Art. 41. (Vetado).

Art. 42. É estabelecido, em caráter obrigatório, o cadastro nacional de unidades armazenadoras de produtos agrícolas.

## CAPÍTULO X

### Do Produtor Rural, da Propriedade Rural e sua Função Social

Art. 43. (Vetado).

Art. 44. (Vetado).

## CAPÍTULO XI

### Do Associativismo e do Cooperativismo

Art. 45. O Poder Público apoiará e estimulará os produtores rurais a se organizarem nas suas diferentes formas de associações, cooperativas, sindicatos, condomínios e outras, através de:

I - inclusão, nos currículos de 1º e 2º graus, de matérias voltadas para o associativismo e cooperativismo;

II - promoção de atividades relativas à motivação, organização, legislação e educação associativista e cooperativista para o público do meio rural;

III - promoção das diversas formas de associativismo como alternativa e opção para ampliar a oferta de emprego e de integração do trabalhador rural com o trabalhador urbano;

IV - integração entre os segmentos cooperativistas de produção, consumo, comercialização, crédito e de trabalho;

V - a implantação de agroindústrias.

Parágrafo único. O apoio do Poder Público será extensivo aos grupos indígenas, pescadores artesanais e àqueles que se dedicam às atividades de extrativismo vegetal não predatório.

Art. 46. (Vetado)

## CAPÍTULO XII

### Dos Investimentos Públicos

Art. 47. O Poder Público deverá implantar obras que tenham como objetivo o bem-estar social de comunidades rurais, compreendendo, entre outras:

a) barragens, açudes, perfuração de poços, diques e comportas para projetos de irrigação, retificação de cursos de água e drenagens de áreas alagadiças;

b) armazéns comunitários;

c) mercados de produtor;

d) estradas;

e) escolas e postos de saúde rurais;

f) energia;

g) comunicação;

h) saneamento básico;

i) lazer.

## CAPÍTULO XIII

### Do Crédito Rural

Art. 48. O crédito rural, instrumento de financiamento da atividade rural, será suprido por todos os agentes financeiros sem discriminação entre eles, mediante aplicação compulsória, recursos próprios livres, dotações das operações oficiais de crédito, fundos e quaisquer outros recursos, com os seguintes objetivos:

I - estimular os investimentos rurais para produção, extrativismo não predatório, armazenamento, beneficiamento e instalação de agroindústria, sendo esta quando realizada por produtor rural ou suas formas associativas;

II - favorecer o custeio oportuno e adequado da produção, do extrativismo não predatório e da comercialização de produtos agropecuários;

III - incentivar a introdução de métodos racionais no sistema de produção, visando ao aumento da produtividade, à melhoria do padrão de vida das populações rurais e à adequada conservação do solo e preservação do meio ambiente;

IV - (Vetado)

V - propiciar, através de modalidade de crédito fundiário, a aquisição e regularização de terras pelos pequenos produtores, posseiros e arrendatários e trabalhadores rurais;

VI - desenvolver atividades florestais e pesqueiras.

Art. 49. O crédito rural terá como beneficiários produtores rurais extrativistas não predatórios e indígenas, assistidos por instituições competentes, pessoas físicas ou jurídicas que, embora não conceituadas como produtores rurais, se dediquem às seguintes atividades vinculadas ao setor:

I - produção de mudas ou sementes básicas, fiscalizadas ou certificadas;

II - produção de sêmen para inseminação artificial e embriões;

III - atividades de pesca artesanal e aquicultura para fins comerciais;

IV - atividades florestais e pesqueiras.

Art. 50. A concessão de crédito rural observará os seguintes preceitos básicos:

I - idoneidade do tomador;

II - fiscalização pelo financiador;

III - liberação do crédito diretamente aos agricultores ou por intermédio de suas associações formais ou informais, ou organizações cooperativas;

IV - liberação do crédito em função do ciclo da produção e da capacidade de ampliação do financiamento;

V - prazos e épocas de reembolso ajustados à natureza e especificidade das operações rurais, bem como à capacidade de pagamento e às épocas normais de comercialização dos bens produzidos pelas atividades financeiras.

§ 1º (Vetado)

§ 2º Poderá exigir-se dos demais produtores rurais contrapartida de recursos próprios, em percentuais diferenciados, tendo em conta a natureza e o interesse da exploração agrícola.

§ 3º A aprovação do crédito rural levará sempre em conta o zoneamento agroecológico.

Art. 51. (Vetado)

Art. 52. O Poder Público assegurará crédito rural especial e diferenciado aos produtores rurais assentados em áreas de reforma agrária.

Art. 53. (Vetado)

Art. 54. (Vetado)

#### CAPÍTULO XIV

##### Do Crédito Fundiário

Art. 55. (Vetado)

#### CAPÍTULO XV

##### Do Seguro Agrícola

Art. 56. É instituído o seguro agrícola destinado a:

I - cobrir prejuízos decorrentes de sinistros que atinjam bens fixos e semifixos ou semoventes;

II - cobrir prejuízos decorrentes de fenômenos naturais, pragas, doenças e outros que atinjam plantações.

Parágrafo único. As atividades florestais e pesqueiras serão amparadas pelo seguro agrícola previsto nesta lei.

Art. 57. (Vetado)

Art. 58. A apólice de seguro agrícola poderá constituir garantia nas operações de crédito rural.

## CAPÍTULO XVI

### Da Garantia da Atividade Agropecuária

Art. 59. O Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), instrumento de política agrícola instituído pela Lei nº 5.969, de 11 de dezembro de 1973, será regido pelas disposições desta lei e assegurará ao produtor rural:

I - a exoneração de obrigações financeiras relativas a operação de crédito rural de custeio, cuja liquidação seja dificultada pela ocorrência de fenômenos naturais, pragas e doenças que atinjam bens, rebanhos e plantações;

II - a indenização de recursos próprios utilizados pelo produtor em custeio rural, quando ocorrer perdas em virtude dos eventos citados no inciso anterior.

Art. 60. O Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) será custeado:

I - por recursos provenientes da participação dos produtores rurais;

II - por outros recursos que vierem a ser alocados ao programa;

III - pelas receitas auferidas da aplicação dos recursos dos incisos anteriores.

Art. 61. (Vetado)

Art. 62. (Vetado)

Art. 63. (Vetado)

Art. 64. (Vetado)

Art. 65. O Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) cobrirá integral ou parcialmente:

I - os financiamentos de custeio rural;

II - os recursos próprios aplicados pelo produtor em custeio rural, vinculados ou não a financiamentos rurais.

Parágrafo único. Não serão cobertos os prejuízos relativos a exploração rural conduzida sem a observância da legislação e normas do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro).

Art. 66. Competirá à Comissão Especial de Recursos (CER) decidir, em única instância administrativa, sobre recursos relativos à apuração de prejuízos e

respectivas indenizações no âmbito do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) .

## CAPÍTULO XVII

### Da Tributação e dos Incentivos Fiscais

Art. 67. (Vetado)

Art. 68. (Vetado)

Art. 69. (Vetado)

Art. 70. (Vetado)

Art. 71. (Vetado)

Art. 72. (Vetado)

Art. 73. (Vetado)

Art. 74. (Vetado)

Art. 75. (Vetado)

Art. 76. (Vetado)

## CAPÍTULO XVIII

### Do Fundo Nacional de Desenvolvimento Rural

Art. 77. (Vetado)

Art. 78. (Vetado)

Art. 79. (Vetado)

Art. 80. (Vetado)

Art. 81. São fontes de recursos financeiros para o crédito rural:

I - (Vetado)

II - programas oficiais de fomento;

III - caderneta de poupança rural operadas por instituições públicas e privadas;

IV - recursos financeiros de origem externa, decorrentes de empréstimos, acordos ou convênios, especialmente reservados para aplicações em crédito rural;

V - recursos captados pelas cooperativas de crédito rural;

VI - multas aplicadas a instituições do sistema financeiro pelo descumprimento de leis e normas de crédito rural;

VII - (Vetado)

VIII - recursos orçamentários da União;

IX - (Vetado)

X - outros recursos que venham a ser alocados pelo Poder Público.

Art. 82. São fontes de recursos financeiros para o seguro agrícola:

I - os recursos provenientes da participação dos produtores rurais, pessoa física e jurídica, de suas cooperativas e associações;

II - (Vetado)

III - (Vetado)

IV - multas aplicadas a instituições seguradoras pelo descumprimento de leis e normas do seguro rural;

V - os recursos previstos no art. 17 do Decreto-Lei nº 73, de 21 de novembro de 1966;

VI - dotações orçamentárias e outros recursos alocados pela União; e

VII - (Vetado)

Art. 83. (Vetado)

§ 1º (Vetado)

§ 2º (Vetado)

## CAPÍTULO XIX

### Da Irrigação e Drenagem

Art. 84. A política de irrigação e drenagem será executada em todo o território nacional, de acordo com a Constituição e com prioridade para áreas de comprovada aptidão para irrigação, áreas de reforma agrária ou de colonização e projetos públicos de irrigação.

Art. 85. Compete ao Poder Público:

I - estabelecer as diretrizes da política nacional de irrigação e drenagem, ouvido o Conselho Nacional de Política Agrícola (CNPA);

II - coordenar e executar o programa nacional de irrigação;

III - baixar normas objetivando o aproveitamento racional dos recursos hídricos destinados à irrigação, promovendo a integração das ações dos órgãos federais, estaduais, municipais e entidades públicas, ouvido o Conselho Nacional de Política Agrícola (CNPA);

IV - apoiar estudos para a execução de obras de infra-estrutura e outras referentes ao aproveitamento das bacias hidrográficas, áreas de rios perenizados ou vales irrigáveis, com vistas a melhor e mais racional utilização das águas para irrigação;

V - instituir linhas de financiamento ou incentivos, prevendo encargos e prazos, bem como modalidades de garantia compatíveis com as características da agricultura irrigada, ouvido o Conselho Nacional de Política Agrícola (CNPA).

Art. 86. (Vetado)

## CAPÍTULO XX

### Da Habitação Rural

Art. 87. É criada a política de habitação rural, cabendo à União destinar recursos financeiros para a construção e/ou recuperação da habitação rural.

§ 1º Parcela dos depósitos da Caderneta de Poupança Rural será destinada ao financiamento da habitação rural.

§ 2º (Vetado)

Art. 88. (Vetado)

Art. 89. O Poder Público estabelecerá incentivos fiscais para a empresa rural ou para o produtor rural, nos casos em que sejam aplicados recursos próprios na habitação para o produtor rural.

Art. 90. (Vetado)

Art. 91. (Vetado)

Art. 92. (Vetado)

## CAPÍTULO XXI

### Da Eletrificação Rural

Art. 93. Compete ao Poder Público implementar a política de eletrificação rural, com a participação dos produtores rurais, cooperativas e outras entidades associativas.

§ 1º A política de energização rural e agroenergia engloba a eletrificação rural, qualquer que seja sua fonte de geração, o reflorestamento energético e a produção de combustíveis, a partir de culturas, da biomassa e dos resíduos agrícolas.

§ 2º Entende-se por energização rural e agroenergia a produção e utilização de insumos energéticos relevantes à produção e produtividade agrícola e ao bem-estar social dos agricultores e trabalhadores rurais.

Art. 94. O Poder Público incentivará prioritariamente:

I - atividades de eletrificação rural e cooperativas rurais, através de financiamentos das instituições de crédito oficiais, assistência técnica na implantação de projetos e tarifas de compra e venda de energia elétrica, compatíveis com os custos de prestação de serviços;

II - a construção de pequenas centrais hidrelétricas e termoelétricas de aproveitamento de resíduos agrícolas, que objetivem a eletrificação rural por cooperativas rurais e outras formas associativas;

III - os programas de florestamento energético e manejo florestal, em conformidade com a legislação ambiental, nas propriedades rurais;

IV - o estabelecimento de tarifas diferenciadas horzonais.

Art. 95. As empresas concessionárias de energia elétrica deverão promover a capacitação de mão-de-obra a ser empregada nas pequenas centrais referidas no inciso II do artigo anterior.

## CAPÍTULO XXII

### Da Mecanização Agrícola

Art. 96. Compete ao Poder Público implementar um conjunto de ações no âmbito da mecanização agrícola, para que, com recursos humanos, materiais e financeiros, alcance:

I - preservar e incrementar o parque nacional de máquinas agrícolas, evitando-se o sucateamento e obsolescência, proporcionando sua evolução tecnológica;

II - incentivar a formação de empresas públicas ou privadas com o objetivo de prestação de serviços mecanizados à agricultura, diretamente aos produtores e através de associações ou cooperativas;

III - fortalecer a pesquisa nas universidades e institutos de pesquisa e desenvolvimento na área de máquinas agrícolas assim como os serviços de extensão rural e treinamento em mecanização;

IV - aprimorar os centros de ensaios e testes para o desenvolvimento de máquinas agrícolas;

V - (Vetado)

VI - divulgar e estimular as práticas de mecanização que promovam a conservação do solo e do meio ambiente.

## CAPÍTULO XXIII

### Das Disposições Finais

Art. 97. No prazo de noventa dias da promulgação desta lei, o Poder Executivo encaminhará ao Congresso Nacional projeto de lei dispondo sobre: produção, comercialização e uso de produtos biológicos de uso em imunologia e de uso veterinário, corretivos, fertilizantes e inoculantes, sementes e mudas, alimentos de origem animal e vegetal, código e uso de solo e da água, e reformulando a legislação que regula as atividades dos armazéns gerais.

Art. 98. É o Poder Executivo autorizado a outorgar concessões remuneradas de uso pelo prazo máximo de até vinte e cinco anos, sobre as faixas de domínio das rodovias federais, para fins exclusivos de implantação de reflorestamentos.

Parágrafo único. As concessões de que trata este artigo deverão obedecer às normas específicas sobre a utilização de bens públicos e móveis, constantes da legislação pertinente.

Art. 99. A partir do ano seguinte ao de promulgação desta lei, obriga-se o proprietário rural, quando for o caso, a recompor em sua propriedade a Reserva Florestal Legal, prevista na Lei nº 4.771, de 1965, com a nova redação dada pela Lei nº 7.803, de 1989, mediante o plantio, em cada ano, de pelo menos um trinta avos da área total para complementar a referida Reserva Florestal Legal (RFL).

§ 1º (Vetado)

§ 2º O reflorestamento de que trata o caput deste artigo será efetuado mediante normas que serão aprovadas pelo órgão gestor da matéria.

Art. 100. (Vetado)

Art. 101. (Vetado)

Art. 102. O solo deve ser respeitado como patrimônio natural do País.

Parágrafo único. A erosão dos solos deve ser combatida pelo Poder Público e pelos proprietários rurais.

Art. 103. O Poder Público, através dos órgãos competentes, concederá incentivos especiais ao proprietário rural que:

I - preservar e conservar a cobertura florestal nativa existente na propriedade;

II - recuperar com espécies nativas ou ecologicamente adaptadas as áreas já devastadas de sua propriedade;

III - sofrer limitação ou restrição no uso de recursos naturais existentes na sua propriedade, para fins de proteção dos ecossistemas, mediante ato do órgão competente, federal ou estadual.

Parágrafo único. Para os efeitos desta lei, consideram-se incentivos:

I - a prioridade na obtenção de apoio financeiro oficial, através da concessão de crédito rural e outros tipos de financiamentos, bem como a cobertura do seguro agrícola concedidos pelo Poder Público.

II - a prioridade na concessão de benefícios associados a programas de infraestrutura rural, notadamente de energização, irrigação, armazenagem, telefonia e habitação;

III - a preferência na prestação de serviços oficiais de assistência técnica e de fomento, através dos órgãos competentes;

IV - o fornecimento de mudas de espécies nativas e/ou ecologicamente adaptadas produzidas com a finalidade de recompor a cobertura florestal; e

V - o apoio técnico-educativo no desenvolvimento de projetos de preservação, conservação e recuperação ambiental.

Art. 104. São isentas de tributação e do pagamento do Imposto Territorial Rural as áreas dos imóveis rurais consideradas de preservação permanente e de reserva legal, previstas na Lei nº 4.771, de 1965, com a nova redação dada pela Lei nº 7.803, de 1989.

Parágrafo único. A isenção do Imposto Territorial Rural (ITR) estende-se às áreas da propriedade rural de interesse ecológico para a proteção dos ecossistemas, assim declarados por ato do órgão competente federal ou estadual e que ampliam as restrições de uso previstas no caput deste artigo.

Art. 105. (Vetado)

Art. 106. É o Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Mara) autorizado a firmar convênios ou ajustes com os Estados, o Distrito Federal, os Territórios, os Municípios, entidades e órgãos públicos e privados, cooperativas, sindicatos, universidades, fundações e associações, visando ao desenvolvimento das

atividades agropecuárias, agroindustriais, pesqueiras e florestais, dentro de todas as ações, instrumentos, objetivos e atividades previstas nesta lei.

Art. 107. Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 108. Revogam-se as disposições em contrário.

Brasília, 17 de janeiro de 1991; 170° da Independência e 103° da República.

FERNANDO COLLOR

*Antonio Cabrera Mano Filho*

*Este texto não substitui o publicado no D.O.U. de 18.1.199*