

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
(MESTRADO)

DANIELE CRISLEI CZUY MANOSSO

**A DEGRADAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS
LATOSSOLOS VERMELHOS DISTRÓFICOS EM
DECORRÊNCIA DOS DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS
EM FLORAÍ - PR**

Maringá
2006

DANIELE CRISLEI CZUY MANOSSO

**A DEGRADAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS
LATOSSOLOS VERMELHOS DISTRÓFICOS EM
DECORRÊNCIA DOS DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS
EM FLORAÍ - PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação (Mestrado em Geografia), Área de concentração: Análise Regional e Ambiental do Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof Dr Nelson Vicente Gasparetto

Co-orientador: Prof Dr Paulo Nakashima

Maringá
2006

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M285d Manosso, Daniele Crislei Czuy
A degradação das propriedades físicas dos latossolos vermelhos distróficos em decorrência dos diferentes usos agrícolas em Florai-Pr / Daniele Crislei Czuy Manosso. -- Maringá : [s.n.], 2006.
107 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador : Profº. Drº. Nelson Vicente Gasparetto.
Co-orientador : Profº. Drº. Paulo Nakashima.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Geografia, 2006.

1. Latossolo vermelho distrófico - Propriedades físicas - Avaliação - Florai,Pr. 2. Latossolo vermelho distrófico - Degradação - Florai,Pr. 3. I. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Geografia. II. Título.

CDD 21.ed. 631.43

Aos meus pais e meu marido, dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida;

Aos meus pais Dirlei e Iracema pelo grande esforço e incentivos;

Ao meu marido Fernando César Manosso pela força, carinho, paciência e ajudas no decorrer do trabalho;

Aos professores Drs Paulo Nakashima e Nelson Gasparetto pela constante e importante orientação;

A Universidade Estadual de Maringá, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia e ao Departamento de Geografia por todo o apoio material, institucional e educacional;

Aos professores Hélio Silveira e Maria Teresa de Nóbrega pelas contribuições e sugestões;

A Ivaldete do Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia e à Maria do grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), pelo auxílio nas análises laboratoriais;

Ao Cipriano e ao Prof. Belincanta do Laboratório de Mecânica dos Solos (Engenharia Civil-UEM) pela ajuda prestada;

Ao colega José Antonio (EMATER Floraí) pelos dados fornecidos e contribuições no trabalho de campo;

A direção e professores do Colégio Santa Maria Goretti pela compreensão durante o período de realização do trabalho;

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização dessa pesquisa.

RESUMO

Nas últimas décadas os processos que degradam a cobertura pedológica têm sido intensificados a partir do desenvolvimento e aplicação de tecnologias agrícolas muitas vezes inadequadas. A falta de conservação e destruição da cobertura vegetal que protege o solo, bem como a aplicação de altas taxas de produtos químicos favorecem para uma maior degradação de suas propriedades físicas. No município de Florai (PR) esses processos também estão presentes e são favorecidos pelos diferentes usos agrícolas aliados aos tipos de solos existentes, oriundos da alteração do basalto da Formação Serra Geral e do arenito da Formação Caiuá, os quais apresentam características texturais diferenciadas e requerem cuidados especiais. O presente trabalho visa avaliar a degradação das propriedades físicas do Latossolo Vermelho distrófico, proveniente do arenito, quando submetido a diferentes usos, como soja, café, pastagem e laranja, comparando-o com o mesmo latossolo sob uma área de mata nativa, que apresenta características morfológicas consideradas ideais. Para alcançar tal objetivo, recorreu-se à aplicação do método do Perfil Cultural (Hénin, 1976 *in* Tavares et al, 1999) e à análises laboratoriais. Constatou-se que o cultivo da laranja é a prática agrícola que mais degrada as propriedades físicas da cobertura pedológica, seguido pela pastagem, café e soja, respectivamente.

ABSTRACT

In the last decades the processes that degrade the pedological layer have been intensified from the development and application of agriculture techniques most of them inadequate. The lack of conservation and the destruction of the vegetal cover that protects the soil, as well as the application of high concentrations of chemical products favor the greater degradation of its physical properties. In the city of Florai (PR) these process area also present and are favored by the different agriculture practices together with the existing soil types, deriving from the Formação Serra Geral basalt alteration and the sandstone of Formação Caiuá, which present differentiated texture characteristics and require special care. The present work aims to evaluate the degradation of the red dystrophic latosol physical properties, proceeding from the sandstone when submitted to different uses as soy, coffee, orange and pasture, comparing it with the same latosol in one native vegetation area which presents morphological characteristics considered ideal. To reach this objective it was appealed to the Cultural Profile method (Hénin, 1976) and to laboratory analysis. It was evidenced that the orange culture is the agriculturist practice that most degrades the pedological layer, followed by the culture of soy, coffee and pasture respectively.

SUMÁRIO

	Pág.
INTRODUÇÃO	1
1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDOS	2
1.1 Geologia regional	4
1.2 Relevô	5
1.3 Cobertura pedológica	7
1.4 Clima	11
1.5 Vegetação e uso do solo	17
1.6 Aspectos históricos	20
1.7 Aspectos populacionais	20
1.8 A economia de Florai	22
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 O uso, manejo do solo e a degradação de suas propriedades	23
2.1.1 Principais propriedades físicas dos solos.....	24
2.1.2 As práticas agrícolas e a modificação da estrutura do solo.....	28
2.1.2.1 <i>Efeitos das máquinas agrícolas sobre o solo</i>	31
2.1.2.2 <i>A Atividade pastoril</i>	32
2.2 Principais conseqüências da degradação do solo	34
2.2.1 Compactação.....	34
2.2.2 Erosão.....	38
2.3 A Erosão no noroeste do estado do Paraná	40
2.4 O Papel da vegetação na conservação dos solos	45
2.5 Caracterização do método do perfil cultural	47
2.5.1 Exemplos de aplicações.....	51
3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	54
3.1 Métodos e técnicas	55
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	62
4.1 Descrição dos Perfis Culturais	62
4.2 Análises Laboratoriais	79

4.2.1 Granulometria	79
4.2.2 Densidade de partículas	82
4.2.3 Densidade do solo	83
4.2.4 Porosidade total	86
4.2.5 Argila natural	88
4.2.6 Estabilidade dos agregados por via seca	91
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
6. REFERÊNCIAS	99
7, ANEXOS	105

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Localização da área de estudos.....	3
Figura 2: Paisagem sobre o arenito da Formação Caiuá	6
Figura 3: Paisagem do setor mais rebaixado sobre os solos da Formação Serra Geral.....	7
Figura 4: Solo oriundo da Formação Serra Geral	8
Figura 5: Solo oriundo do Arenito Caiuá	9
Figura 6: Média mensal da série de dados de precipitação e temperatura dos anos de 1975 a 2004 da Estação Meteorológica de Paranavaí, PR.....	13
Figura 7: Extrato do balanço hídrico de Paranavaí entre os anos de 1982 a 1983 (El Niño)	15
Figura 8: Balanço hídrico do ano de 1985 (La Niña) para Paranavaí.	16
Figura 9: Uso e ocupação do solo em Floraí – Imagem Landsat ETM (2000)	18
Figura 10: Vista parcial da área de mata nativa em Latossolo Vermelho distrófico	63
Figura 11: Perfil cultural realizado sob mata nativa	64
Figura 12: Vista da área de pastagem	65
Figura 13: Trincheira aberta no cultivo da pastagem.....	66
Figura 14: Perfil cultural sob pastagem em Latossolo Vermelho distrófico.....	67
Figura 15: Vista parcial da área de café.....	69

Figura 16: Perfil cultural realizado sob café em Latossolo Vermelho distrófico..	70
Figura 17: Vista da área destinada ao cultivo da soja	73
Figura 18: Perfil cultural sob soja em Latossolo Vermelho distrófico	74
Figura 19: Área de cultivo da laranja.....	76
Figura 20: Perfil cultural sob laranja em Latossolo Vermelho distrófico.....	77
Figura 21: Distribuição granulométrica por uso de solo em Florai - PR.....	81
Figura 22: Diâmetro médio ponderado da mata nativa	96
Figura 23: Diâmetro médio ponderado do cultivo do café	96
Figura 24: Diâmetro médio ponderado do cultivo da soja	96
Figura 25: Diâmetro médio ponderado da pastagem	96
Figura 26: Diâmetro médio ponderado do cultivo da laranja	96

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1: Porcentagens de uso e ocupação do solo no município de Florai.....	19
Tabela 2: População urbana e rural do município de Florai (1970-2000).....	21
Tabela 3: Distribuição das atividades econômicas (Número de estabelecimentos sujeitos ao recolhimento do ICMS, por setor)	23
Tabela 4: Densidade real das partículas	83
Tabela 5: Densidade dos solos	84
Tabela 6: Porosidade total do solo	87
Tabela 7: Porcentagem de argila dispersa por uso do solo	89

LISTA DE QUADROS

	Pág.
Quadro 1. Classes texturais do solo	25
Quadro 2: Modos de organização do perfil de solo.....	49
Quadro 3: Estado interno dos torrões presentes nos diferentes modos de organização do volume de solo antropizado.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMUSEP	Associação dos Municípios do Setentrião Paranaense
CMNP	Companhia de Melhoramentos Norte do Paraná
DERAL	Departamento de Economia Rural
EMATER	Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEMA	Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente
IAPAR	Instituto Agrônomo do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
SEAB	Secretaria do Estado de Agricultura e Abastecimento
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Estado do Paraná
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento

LISTA DE SÍMBOLOS

NAM	Volume de solo visualmente não alterado pelo manejo
AM	Volume de solo visualmente alterado pelo manejo
μ	Agregados não compactados
Δ	Agregados compactados
$\mu \Delta$	Agregados em processo de compactação, porém, preservando características do estado não compacto
$\Delta \mu$	Agregados bem compactos, mas preservando características do estado não compactado
ϕ	Agregados em estado compactado fissurado

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Tabela de distribuição granulométrica por uso do solo.....	105
Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Mata Nativa	106
Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Café	106
Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Soja	106
Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Pastagem.....	106
Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Laranja.	107
Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, todos os usos	107

INTRODUÇÃO

O processo de degradação dos solos, provocado por práticas agropecuárias intensivas e inadequadas, tem se tornado um problema cada vez mais crescente na sociedade atual, sobretudo em regiões onde a economia está baseada na agricultura.

No norte-noroeste paranaense esse processo teve início, principalmente, com a expansão da cultura cafeeira, a partir da década de 1920, a qual foi responsável pelo desenvolvimento da região, uma vez que atraiu um elevado contingente populacional.

Como consequência desse desenvolvimento iniciou-se a degradação dos recursos naturais. Santos et al (1991), afirmam que em poucas décadas as frentes de colonização, em razão da implantação da cultura cafeeira, desmataram a Floresta Latifoliada nativa reduzindo-a a pequenas manchas de alguns hectares da área florestada original, expondo, assim, grandes parcelas do solo aos agentes erosivos e promovendo o carregamento de centenas de toneladas de solo fértil para os cursos de água.

Desde a década de 1960, a região Noroeste do Paraná já mostrava uma variedade na produção agrícola, destacando-se o algodão, o milho, o arroz, o amendoim, o café, a cana-de-açúcar. Parte destas culturas eram plantadas paralelamente à cultura do café, auxiliando os produtores na capitalização de recursos econômicos, à parte à economia cafeeira (SANTOS et al, 1991).

Na década de 1970, os baixos preços do mercado externo ocasionaram uma crise na produção do café havendo a necessidade de se diversificar o cultivo agrícola, mas exigindo dos agricultores maiores investimentos e ampliação de seus limites. Aliou-se ao café culturas temporárias (trigo, milho, soja) e pastagens plantadas com mais intensidade. Essa dinâmica vai se destacando e mudando as características do município de Floraí e a lavoura moderna passa então a dominar a região, dependendo cada vez mais de investimentos econômicos.

Dessa forma, o solo passa a ser visto como um recurso a ser explorado economicamente, sem a preocupação com a conservação de suas propriedades. A adoção de maquinários, insumos e implementos agrícolas possibilitam o cultivo em áreas antes impróprias a determinadas atividades, como é o caso da expansão do

cultivo da soja em solos derivados do Arenito Caiuá, os quais, por natureza, necessitam de cuidados especiais. Como consequência surge a degradação das propriedades do solo, originando a compactação e a erosão.

Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo avaliar as alterações do Latossolo Vermelho distrófico em decorrência de seu uso e manejo em Florai – PR. Para tanto, foram escolhidas quatro áreas onde são cultivados soja, café, pastagem e laranja, culturas amplamente utilizadas dentro do município.

As propriedades morfológicas dos solos sob esses usos foram comparadas com aquelas de um solo de mata nativa, o qual preserva as características físico-edáficas, visando avaliar o grau de degradação das propriedades morfológicas imposta por cada cultura.

1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Florai (Figura 1) está localizado na região Noroeste do estado do Paraná, na unidade geomorfológica conhecida como Terceiro Planalto Paranaense (Maack, 2002). Situado entre a latitude 23° 19' 00'' S e longitude 52° 17' 00'' W. Apresenta uma área de 189,91 km² (IBGE, 2000). Limita-se ao norte com Nova Esperança, a nordeste com Presidente Castelo Branco, a sudeste com São Jorge do Ivaí, a oeste com São Carlos do Ivaí e a noroeste com Tamboara.

A distribuição hidrográfica no interior do município de Florai (Figura 1), obedece a um padrão retangular, sendo que na parte nordeste da área, setor mais elevado, os pequenos tributários deságuam perpendicularmente nos rios principais (ribeirão Paranhos e ribeirão da Esperança), formando assim um conjunto de cursos d'água que avançam do esporão principal em direção aos rios que limitam o município.

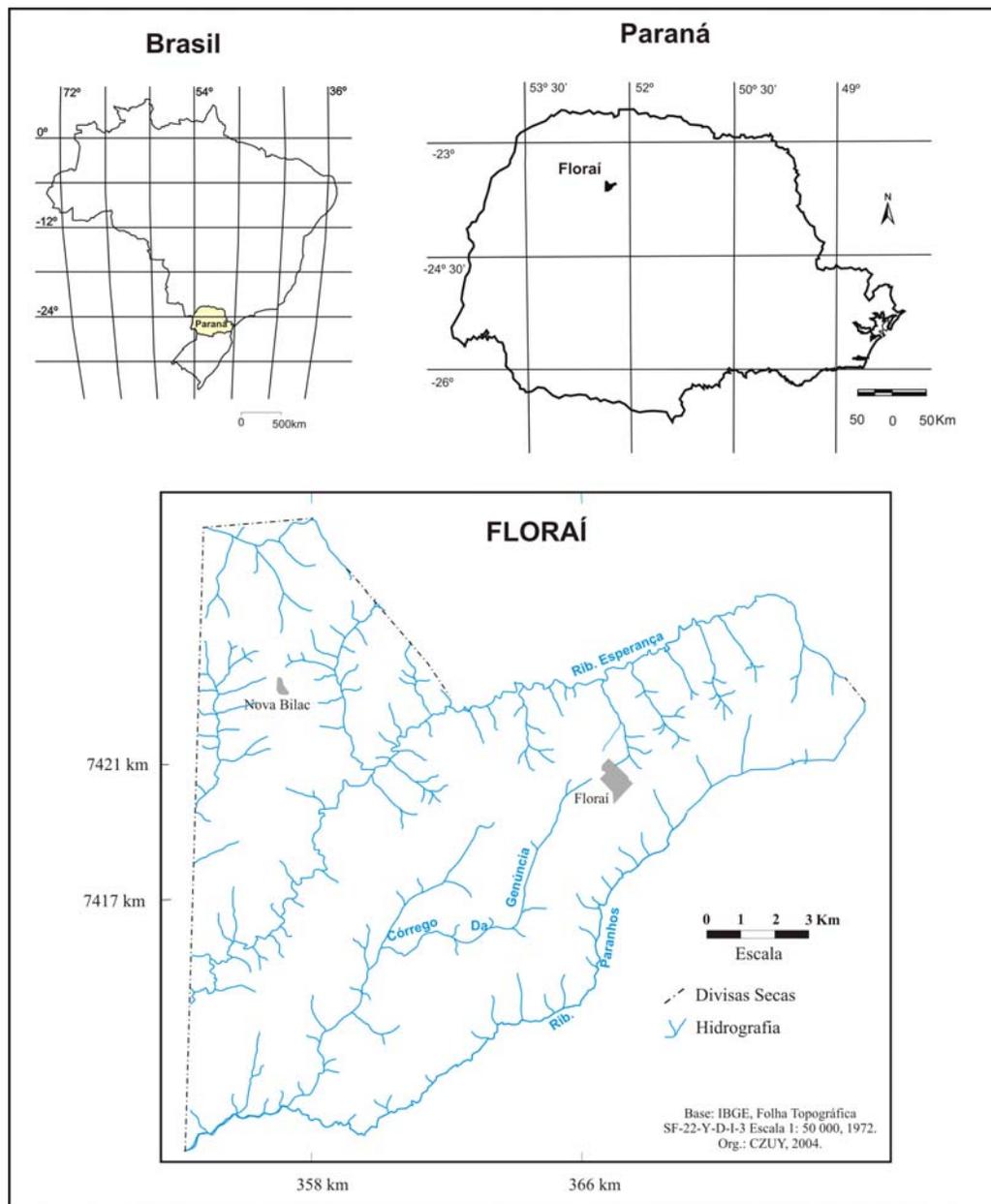


Figura 1: Localização da área de estudo

Nas outras áreas os rios distribuem-se de forma mais recortada, obedecendo a um padrão dendrítico, com vários tributários que fluem em sentido NE – SO em sua maioria.

É importante ressaltar que todo o sistema hidrográfico existente em Florai faz parte da bacia hidrográfica do rio Ivaí.

1.1 Geologia regional

A região Noroeste do estado do Paraná é geologicamente caracterizada pela presença dos derrames vulcânicos cretáceos da Formação Serra Geral capeados pelas rochas sedimentares pertencentes à Formação Caiuá (GASPARETTO e SOUZA, 2003).

De acordo com Pinese e Nardy (2003), a Formação Serra Geral é resultado de um dos mais extensos derrames vulcânicos globais de natureza fissural, ocorridos há cerca de 132 M.a, e que recobriu aproximadamente 75% da superfície da bacia Sedimentar do Paraná, originando rochas vulcânicas extrusivas.

São rochas de natureza ácidas e básicas, separadas por rochas intermediárias. As lavas básicas são constituídas pelos basaltos, e ocorrem na parte basal, conferindo uma paisagem composta por relevo suavemente ondulado, com topos arredondados, vertentes longas e declives suaves, enquanto que as lavas ácidas (riolitos e riodacitos) são encontradas nos setores superiores da seqüência vulcânica, definindo elevados platôs que se destacam no relevo (PINESE e NARDY, 2003).

Esses mesmos autores caracterizam os basaltos como constituídos de plagioclásios e augitas, predominantemente, além de olivinas e acessórios onde se incluem a magnetita, ilmenita e apatita. Estão dispostos em corpos tabulares, com intercalações de outros materiais como siltitos e arenitos e, ainda, cortados por diques de diabásio.

A camada de Arenito Caiuá se desenvolveu a partir dos últimos derrames de lava e caracteriza-se por representar a continuidade do processo de sedimentação eólica terrestre iniciada no período rético ou Triássico Superior, com a deposição do Arenito Botucatu no deserto mesozóico, que perdurou até o período neo-cretáceo (MAACK, 2002).

Essa formação é composta por arenitos finos a médios, com frações muito finas e grossas subordinadas, com pouca matriz argilosa, de cor marrom-arroxeadado a avermelhado. Constitui-se essencialmente de quartzo, feldspatos e calcedônia. Os grãos são, em geral, sub-arredondados a arredondados, foscos e encobertos por películas de óxido de ferro (FERNANDES, 1992).

Segundo Nakashima e Nóbrega (2003), as rochas sedimentares, representadas pelo Arenito Caiuá, ocupam uma área, dentro do Terceiro Planalto Paranaense, de aproximadamente 25.000 km².

Para Fernandes (1992), o contato entre os Arenitos Caiuá e o substrato basáltico é freqüentemente marcado pela presença de depósitos texturalmente imaturos, com brechas basálticas sustentadas por matriz areno-argilosa ou bancos arenosos maciços, sugestivas de hiato deposicional entre as unidades.

O município de Florai localiza-se na área de contato entre estas duas litologias, sendo que os arenitos afloram nos setores mais elevados da área, principalmente nos setores nordeste e noroeste do município, ocupando aproximadamente 25% do total do território municipal, enquanto que o basalto se estende pelos setores mais rebaixados, geralmente abaixo da cota altimétrica de 400 metros. Além disso, é visível a presença de depósitos recentes (arenosos, siltosos e argilosos, inconsolidados) associados à rede de drenagem em alguns pontos isolados do município.

1.2 Relevô

O relevô da região está diretamente ligado às condições litológicas existentes na área. Maack (2002), considera que o Terceiro Planalto Paranaense representa o plano de declive que forma a encosta da escarpa da Serra Geral do Paraná, a qual é constituída por estratos de arenito São Bento Inferior ou Botucatu, com espessos derrames de lavas básicas muito compactas do *Trapp* do Paraná, que na testa da escarpa apresentam espessuras de 50 a 200 metros, atingindo, porém, à oeste 1.100 a 1.750 metros.

Nakashima (1999), afirma que, principalmente na área de ocorrência do arenito da Formação Caiuá, o relevô apresenta-se, de modo geral, uniforme e monótono. As altitudes variam de 600 metros nas áreas próximas ao contato com a Formação Serra Geral até 300 metros nas margens do rio Paranapanema e 250 metros nas margens do rio Paraná.

O relevo sustentado pelos arenitos nas proximidades do contato com a Formação Serra Geral é representado predominantemente por colinas médias alongadas com topos planos e convexos e vertentes convexas. Apresenta-se diferenciado em muitas áreas, principalmente pela existência de pequenas escarpas e vales assimétricos (NAKASHIMA, 1999).

Em geral, a maior parte da região noroeste do estado apresenta uma geomorfologia pouco movimentada, caracterizada por uma paisagem composta por relevo uniforme, variando de plano a suavemente ondulado, com raríssimas elevações, formado por colinas amplas, com topos extensos e arredondados, separadas entre si por vales mais ou menos profundos, pouco sinuosos a quase retilíneos.

As vertentes são geralmente convexas e de baixa declividade nas áreas de ocorrência do Arenito Caiuá, enquanto que nas áreas ocupadas pelo derrame do *Trapp* do Paraná o relevo caracteriza-se como plano até fortemente ondulado podendo chegar a montanhoso em alguns setores (Figuras 2; 3).



Figura 2: Paisagem sobre o arenito da Formação Caiuá



Figura 3: Paisagem do setor mais rebaixado sobre os solos da Formação Serra Geral

Nakashima e Nóbrega (2003) afirmam que nas áreas onde a rede de drenagem é mais densa aparecem colinas médias e curtas, com declividades mais acentuadas, que geralmente ocorrem próximo às nascentes dos principais afluentes e subafluentes.

O município de Florai apresenta altitudes que variam de 520 metros no topo (nordeste do município) a 280 metros nas áreas mais baixas, no setor sudoeste próximos aos ribeirões Esperança e Paranhos. Caracteriza-se por apresentar um relevo suavemente ondulado de vertentes alongadas e convexas, com raras rupturas de forte declividade.

Andrade (2005) afirma que o município de Florai apresenta duas áreas elevadas, uma no setor nordeste, onde se encontra a sede do município, e outra no setor noroeste, onde se localiza o distrito de Nova Bilac.

1.3 Cobertura Pedológica

Por se tratar de uma área de transição entre rochas basálticas da Formação Serra Geral e arenitos da Formação Caiuá, os solos de Florai apresentam

características físicas, químicas e mineralógicas diferenciadas, bem como se distribuem de forma irregular pelo município.

Os solos derivados da alteração das rochas da Formação Serra Geral são profundos, permeáveis, bem drenados e ocorrem sobre topografia plana a ondulada, apresentam alta capacidade de absorção de água e boas características físicas para o desenvolvimento dos vegetais, enquanto que os oriundos do arenito apresentam textura que varia de arenosa à média, com elevado teor de areia e baixa porcentagem de argila, que aparece nos setores mais elevados do município (Figuras 4; 5).



Figura 4: Solo oriundo da Formação Serra Geral



Figura 5: Solo oriundo do Arenito Caiuá

Em geral, no município de Florai predominam basicamente cinco classes de solos distribuídas ao longo das vertentes e que refletem a relação existente entre o substrato geológico, o relevo e os fatores climáticos locais. Ao longo de uma vertente ocorrem seqüências de Latossolos Vermelho eutrofêrricos e distrofêrricos nos topos e altas vertentes, Nitossolos Vermelho eutrofêrrico nas médias e baixas vertentes e Gleysolos próximos ao sopé das vertentes, nas áreas onde prevalece o basalto. Nas maiores altitudes, onde predomina o arenito, ocorrem os Latossolos Vermelho nos topos e altas vertentes, Argissolos Vermelho-Amarelo eutrófico e distrófico nas médias e baixas vertentes, Neossolos Quartzarênicos nas baixas vertentes e Gleysolos nos sopés, diferenciados e definidos neste trabalho a partir das análises realizadas pela EMBRAPA (1999).

Os Latossolos se caracterizam por apresentar avançado estágio de intemperização, são muito evoluídos, resultantes de enérgicas transformações no material original. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram alguns com drenagem moderada ou mesmo imperfeitamente drenados. São normalmente muito profundos, com seqüência de horizontes A, Bw, C, apresentando pouca diferenciação e com transições difusas ou graduais, são fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou álicos.

Em geral, são solos típicos de regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, como é o caso de Florai, estão distribuídos por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevo plano e suave ondulado, embora possam ocorrer em áreas mais acidentadas.

Os Latossolos formados a partir de rochas eruptivas básicas abrangem os setores com elevação de até 440m e, segundo Andrade (2005), são muito comuns nas bacias dos ribeirões Mandaguari e Genúncia. Enquanto que os Latossolos com textura média são proveniente da alteração do Arenito Caiuá e estão concentrados, principalmente, nas áreas próximas aos municípios de Castelo Branco e Nova Esperança.

Nas áreas onde o relevo apresenta fraca declividade, próximo ao distrito de Nova Bilac principalmente, ocorre o Latossolo Vermelho eutrófico, resultado de uma mistura de resíduos intemperizados do Arenito Caiuá associados a resíduos das rochas eruptivas básicas (ANDRADE, 2005).

Os Nitossolos Vermelhos são constituídos por material mineral, com horizonte B nítico de argila com atividade baixa, textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos subangulares, angulares ou prismática moderada ou forte, com superfície dos agregados reluzente, relacionada a cerosidade e/ou superfície de compressão. Apresentam horizonte B bem espesso em termos de desenvolvimento de estrutura e cerosidade, mas com inexpressivo gradiente textural. Em geral, são moderadamente ácidos a ácidos, com saturação por bases baixa a alta, às vezes álicos, com composição caulínica e, por conseguinte com argila de atividade baixa.

Na vertente, já próximo ao sopé do vale, principalmente nas margens dos ribeirões Esperança e Paranhos ocorrem os Nitossolos Vermelho, tendo o basalto como rocha matriz (ANDRADE, 2005).

Os Argissolos constituem-se por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B nítico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial. A transição entre os horizontes A e B nítico é usualmente clara, abrupta ou gradual. Apresentam profundidade variável, podendo ser forte a imperfeitamente drenados. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito

argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila do horizonte A para o horizonte B.

Nas bacias hidrográficas dos rios Paulo Felipe e no distrito de Nova Bilac aparecem os Argissolos Vermelho-Amarelo eutrófico, originados a partir da decomposição do Arenito Caiuá (ANDRADE, 2005). Enquanto que, associados às bacias do córrego da Esperança, no setor nordeste do município e a oeste de Nova Bilac, ocorrem os Argissolos Vermelho-Amarelo distrófico, também resultantes da decomposição do arenito da Formação Caiuá.

Os Neossolos Quartzarênicos, apesar de não ser possível mapeá-los na escala utilizada, são constituídos por material mineral pouco espesso a espesso. São originados a partir da intemperização dos arenitos da Formação Caiuá e caracterizam-se, portanto, pela composição granulométrica predominantemente arenosa. São solos muito susceptíveis à erosão, pois apresentam baixo teor de matéria orgânica e baixa capacidade de agregação das partículas. Ocupam as áreas mais baixas do município e estão associados à rede de drenagem, principalmente nas cabeceiras de nascentes (ANDRADE, 2005).

Os Gleysolos compreendem solos hidromórficos, permanentemente ou periodicamente saturados por água. Geralmente ocorrem nas áreas próximas às várzeas, principalmente ao longo das margens dos rios, onde o relevo é praticamente plano. Apresentam forte gleização, devido ao regime de umidade, que se processa em meio anaeróbico, com muita deficiência ou mesmo ausência de oxigênio, devido ao encharcamento do solo por longo período ou durante todo o ano.

1.4 Clima

O clima exerce um papel de extrema importância na organização espacial. É o responsável pela determinação da cobertura pedológica e do tipo de vegetação de uma região, refletindo, portanto, na forma de utilização do solo.

Para caracterizar o clima de um local é necessário que se considere a ação de uma série de fatores determinantes como a latitude, altitude, continentalidade, maritimidade, correntes marítimas e massas de ar. Assim sendo, a posição geográfica

do noroeste do estado do Paraná, com boa parte de suas terras cortadas pela linha do Trópico de Capricórnio, lhe confere elevadas temperaturas nos meses de verão e temperaturas amenas nos meses de inverno. Aliado a isso, a região apresenta baixas quotas altimétricas, o que possibilita a entrada de massas de ar tropicais e extratropicais, contribuindo assim para a definição de suas médias climáticas.

O município de Floraí não conta com um local específico para registro desses dados atmosféricos, sendo necessária a utilização das informações existentes na estação mais próxima, neste caso, o município de Paranavaí. No entanto, a proximidade destes dois municípios, com características físicas semelhantes entre si, possibilita uma análise confiável dos dados disponíveis.

De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da região, é definido como sub-tropical úmido mesotérmico, com verões quentes, onde a temperatura média do mês mais quente (janeiro) é superior a 22°C e a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C. A probabilidade de geadas é de 10 a 20%, possuindo uma frequência média de 3,5 geadas por ano.

Apresenta chuvas com tendência a uma concentração nos meses de novembro, dezembro e janeiro, épocas em que as temperaturas também possuem médias mais elevadas. Já os meses de julho e agosto representam um período de estiagem, com precipitações variando entre 0 a 60 milímetros em média (Figura 6).

Em geral, anos mais chuvosos são os menos quentes e os mais secos apresentam maior temperatura. Isto se deve porque nos meses mais chuvosos ocorre maior nebulosidade diminuindo o número de horas de brilho solar.

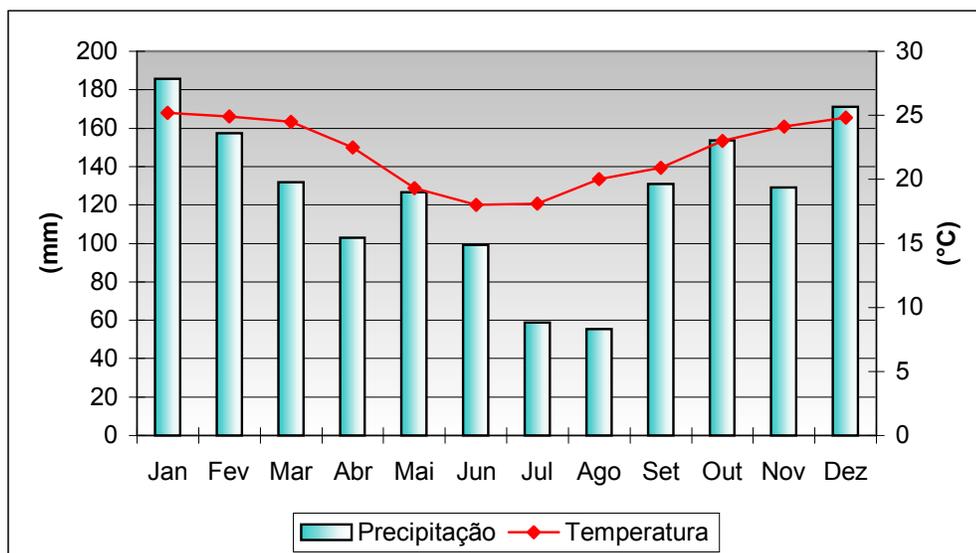


Figura 6: Média Mensal da Série de Dados de Precipitação e Temperatura dos anos de 1975 a 2004 da Estação Meteorológica de Paranaíba, PR

Fonte: Estação Meteorológica Iapar – Simepar, Paranaíba, PR

Ayoade (1986), considera a temperatura e a precipitação pluviométrica os elementos mais importantes em uma definição climática, visto que são fatores que afetam diretamente a vegetação e a produção agrícola local. Porém, é importante ressaltar que ocorrem variações climáticas em ritmos e intensidades diferentes de ano para ano, o que requer cerca de 30 a 40 anos de observações meteorológicas para se obter uma boa caracterização climática.

1.4.1 Relação clima e agricultura em Floraí

As características climáticas de um local são determinantes para o sucesso ou fracasso de uma produção agrícola. São fatores presentes em todo processo produtivo, desde o preparo da terra, semeadura, crescimento dos cultivos, colheita, armazenagem, transporte até à comercialização.

Dentro dessa dinâmica, a temperatura e a precipitação são fatores limitantes aos cultivos, uma vez que as espécies vegetais se distribuem de acordo com o limite térmico e pluviométrico tolerado por cada uma. Ou seja, existem espécies vegetais típicas de ambientes quentes que não irão se desenvolver em regiões onde ocorrem

geadas anuais, o mesmo acontece com culturas que necessitam de um regime pluviométrico maior e são cultivadas em locais onde a seca é prolongada.

Caramori (2003), cita como exemplo dessa questão o plantio de café na região Sul do estado do Paraná inviabilizado devido ao regime severo de geadas nessa área que, no passado, causou grandes prejuízos aos agricultores.

Para Ayoade (1986), as altas temperaturas não são tão destrutivas para as plantas como as baixas temperaturas, desde que as espécies estejam adaptadas a essa condição climática e consigam armazenar a umidade necessária para evitar o murchamento.

Os elementos climáticos passam por variações diárias, sazonais e anuais de seus valores, interferindo no crescimento, desenvolvimento e na produtividade dos vegetais cultivados. Diante disso, Sant'Anna Neto e Zavatine (2000), afirmam que essas variações quando não adequadas às necessidades do cultivo poderão causar adversidades agroclimáticas que irão repercutir em oscilações nas safras e, conseqüentemente, na economia de uma região.

Em regiões como Floraí, onde a economia é baseada principalmente na agricultura, as condições climáticas são de extrema importância para o seu desenvolvimento, por isso há a necessidade de se aliar às condições climáticas com a produtividade local, considerando, também, as possibilidades das adversidades climáticas, como é o caso das conseqüências dos fenômenos El Niño e La Niña.

As alterações climáticas causadas pelo El Niño envolvem mudanças radicais no comportamento das chuvas e das temperaturas, refletindo na questão econômica e social.

O aumento da temperatura das águas oceânicas do Pacífico faz aumentar a evaporação, provocando a formação de nuvens e alterando o sistema global de circulação de ar. Assim, chove mais que o normal em alguns lugares e há secas prolongadas em outros.

Nery (2003) afirma que o fenômeno El Niño de 1982-1983 foi o mais significativo das últimas décadas, responsável por chuvas intensas em todo estado do Paraná, que causaram grandes prejuízos aos agricultores. Já o fenômeno La Niña, ocorrido no ano de 1985, caracterizado por ser o oposto do El Niño, causou seca em regiões onde predominava maior pluviosidade.

Em Florai, nesse período de ocorrência do El Niño, foi possível verificar um excedente hídrico na maioria dos meses, sendo mais elevado nos meses de junho, a maior média registrada com 230mm, março, onde atingiu cerca de 110mm, e novembro com 120mm (Figura 7).

É importante ressaltar que o mês de março corresponde ao período de colheita de alguns produtos, como a soja, por exemplo, no qual é intenso o tráfego de máquinas agrícolas sobre o solo, que, se trabalhado em condições de muita umidade, certamente terá suas propriedades físicas alteradas.

Além disso, durante o período de germinação e floração, que ocorrem no final dos meses de outubro e novembro, as plantas necessitam de condições ideais para se desenvolver, sem excesso e nem carência de umidade.

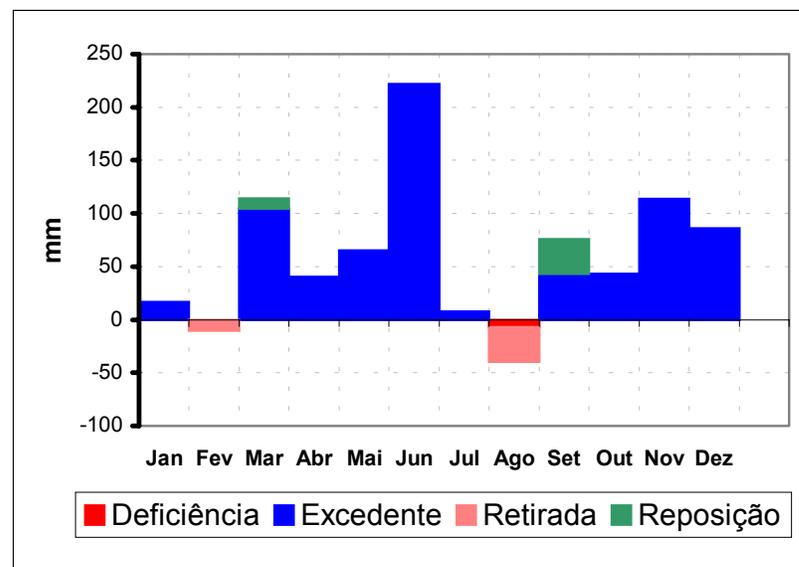


Figura 7: Extrato do balanço hídrico de Paranavaí entre os anos de 1982 a 1983 (El Niño)

O período que compreende o final do mês de agosto e início do mês de setembro caracterizou-se por ser uma época de deficiência e retirada hídrica, o que, para o agricultor, representou a possibilidade de uma boa colheita do trigo, cultura típica de inverno.

Já no ano de 1985 quando ocorreu o fenômeno La Niña é possível perceber, ao analisar a Figura 8, que os meses de janeiro, novembro e dezembro foram os que apresentaram deficiência hídrica, sendo dezembro o mês mais crítico com déficit

hídrico apontando cerca de 90mm. O período de reposição ocorreu nos meses de fevereiro, com cerca de 80mm, e março, com aproximadamente 20mm ao mês. Conseqüentemente aos meses de reposição ocorreu um período de excedente hídrico nos meses de abril e maio.

Vale lembrar que o cultivo do café necessita de disponibilidade hídrica no solo durante todo período de frutificação, que vai de setembro a maio, mas sem ultrapassar o limite tolerado pela planta. Possivelmente no ano de 1985, teve sua produtividade afetada, uma vez que nos meses de abril e maio houve uma fase de excedente hídrico.

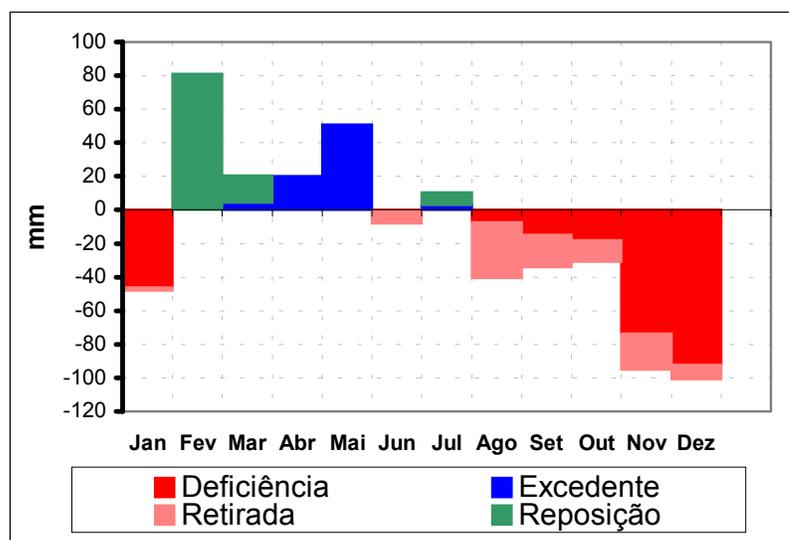


Figura 8: Balanço Hídrico do ano de 1985 (La Niña) para Paranavaí

No período de deficiência hídrica a produção agrícola estava concentrada na produção da soja, que provavelmente sofreu quedas de produtividade devido à falta de chuva, desde a época de desenvolvimento inicial da planta até o desenvolvimento intermediário.

Além disso, o café provavelmente também foi afetado, uma vez que durante sua fase de frutificação (setembro a maio), época em que necessita de uma boa disponibilidade hídrica, houve um período de deficiência e retirada hídrica.

Portanto, é possível perceber que além dos fatores pedológicos, os elementos climáticos também estão diretamente ligados com a produção agrícola, visto que

interferem no ciclo vegetativo de todas as espécies agrícolas, garantindo um bom ou mal resultado na produtividade.

1.5 Vegetação e uso do solo

Originalmente a região Noroeste do Paraná era composta pela Floresta Estacional Semidecidual, ou Ombrófila Mista (Maack, 2002), caracterizada por espécies vegetais ricas em epífitas e palmáceas, principalmente nos vales dos rios Tibagi, Pirapó e Ivaí, além de contar com perobas, cedros, lauráceas, e inúmeras outras espécies distribuídas ao longo de todo Terceiro Planalto Paranaense.

Para Maack (2002), essa formação vegetal está associada ao teor de umidade proveniente da distribuição das precipitações por todos os meses do ano e das elevadas temperaturas da região.

Nas áreas de ocorrência do Arenito Caiuá é notável a presença de uma vegetação menos exuberante, podendo aparecer áreas de cerradão sobre os solos com características mais arenosas.

De um modo geral, a região apresenta uma floresta tropical como revestimento primário que, a partir de 1935, com a expansão da cultura cafeeira e o rápido processo de ocupação, foi substituída por lavouras. Atualmente, raros resquícios ainda resistem em algumas margens de rios ou em áreas particulares. Segundo a EMATER – Florai (1991), resta no município apenas 1% da área de mata nativa.

A crise da economia cafeeira é marcada pela substituição do café por outros produtos agrícolas. De acordo com Andrade (2005), a soja substituiu o café nas áreas do município onde os solos são oriundos do basalto e que por natureza são mais férteis, enquanto que, nas áreas ocupadas com solos originados do arenito a cafeicultura foi sendo substituída por diversas outras atividades, como a bovinocultura de leite e corte, a sericicultura, a suinocultura, a avicultura de postura e corte, o plantio de algodão, milho, mandioca e algumas atividades de subsistência como o arroz e o feijão (Figura 9).

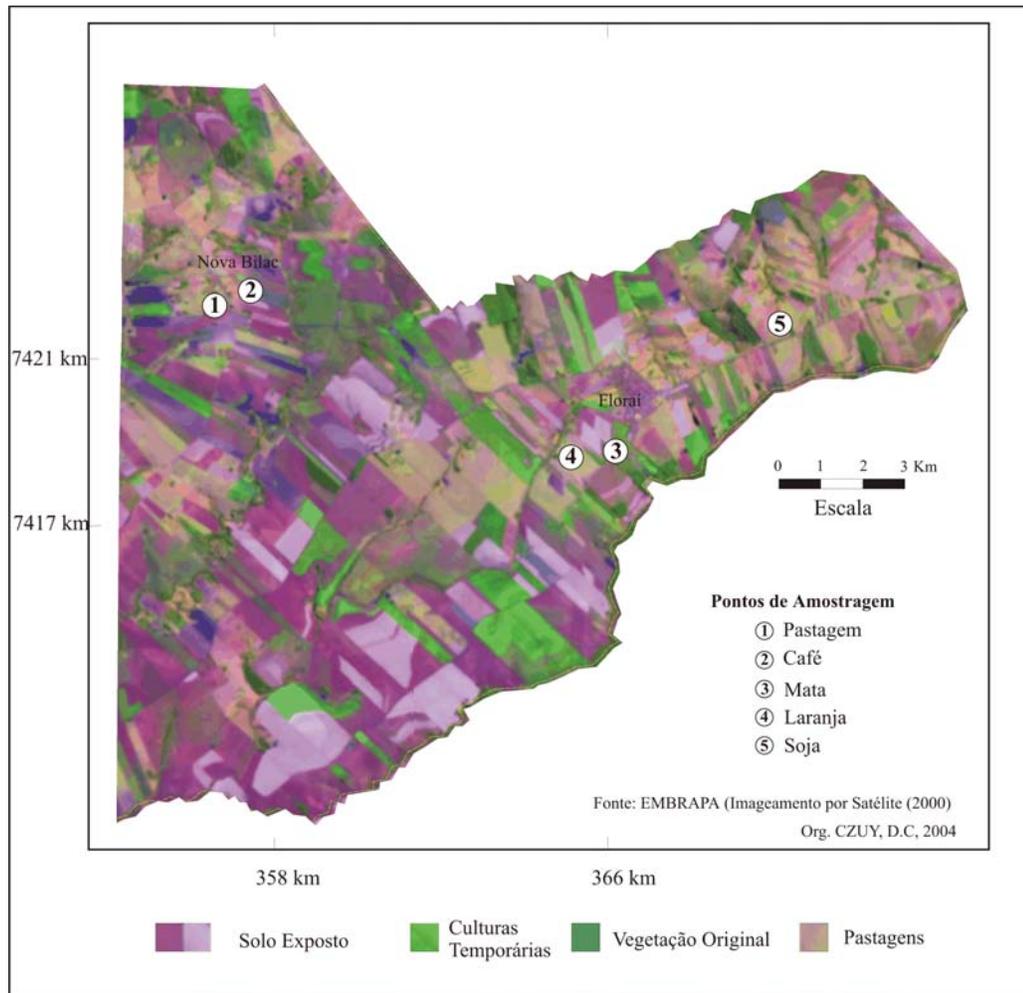


Figura 9: Uso e ocupação do solo em Florai – Imagem Landsat ETM (2000)

De acordo com Andrade (2005), a maior parte do município (64%) é ocupada com lavouras anuais e o restante abriga as lavouras permanentes, pastagens, áreas de reflorestamento, matas naturais, área urbana, rodovias, estradas, propriedades e cursos d'água (Tabela 1).

Tabela 1: Porcentagens de uso e ocupação do solo no município de Florai

PRODUTO	%
Lavouras anuais	64,0
Lavouras permanentes	9,0
Pastagem	15,7
Reflorestamento	0,3
Matas naturais	0,8
Área urbana	0,8
Outros	8,9

Fonte: ANDRADE, 2005

Além disso, a modernização da agricultura exigiu que os produtores rurais investissem em maquinários, insumos e implementos modernos, incorporassem pequenas às grandes propriedades agrícolas, para atender à nova configuração produtiva, originando, assim, um processo de concentração fundiária, bem como uma ocupação desordenada do solo.

Outro fator a ser considerado é que atualmente, é visível no município, a expansão do cultivo da soja em solos provenientes do arenito, os quais, devido à suas características naturais, são pouco propícios para a produção agrícola, porém, devido às pesquisas das cooperativas locais foi possível adotar uma produtividade baseada na implantação de novas e modernas tecnologias, e que estão apresentando resultados produtivos satisfatórios.

A EMATER (2004) afirma que nos anos agrícolas de 2003/2004 a prática da cultura da soja atingiu, no município, uma área de 12.000 hectares, o que corresponde a um incremento de 29,16 % em relação à área plantada em 1998/99, período em que o espaço ocupado com plantio de soja no município estava estabilizado em 8.500 hectares.

Essa intensa utilização do solo requer atenção especial, uma vez que, em grande parte da área, o planejamento inadequado das atividades agrícolas tem propiciado e evidenciado uma série de danos à cobertura pedológica e ao meio ambiente em geral.

1.6 Aspectos históricos

O município de Floraí, assim como a maioria das demais cidades da região Norte e Noroeste paranaense, é fruto da comercialização das terras adquiridas pela Companhia de Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), criada em 1925, e que adquiriu do governo estadual cinco glebas de terras contínuas, situadas entre os rios Tibagi, Paranapanema e o médio Ivaí (AMUSEP, 1999).

A partir do ano de 1946 as primeiras terras pertencentes ao município de Floraí passam a ser comercializadas. Sergio Cardoso de Almeida, Antenor Martins e José de Lucca foram os pioneiros na aquisição de lotes nessa área (Prefeitura Municipal de Floraí, 1983). Em 1947 surge a primeira fazenda, denominada Santa Flor, pertencente a José de Lucca, que, por volta de 1949, instala-se com sua família nas proximidades de uma nascente, residindo em barracas de lonas. A chegada de novas famílias e o início da derrubada da floresta pluvial tropical original marca o princípio da construção de Floraí (ANDRADE, 2005).

Nessa mesma época, inicia-se a formação de uma estrada que ligaria a Fazenda Santa Flor (atual Floraí) até Yroi (atual município de Castelo Branco), sendo delimitada uma área para a formação do patrimônio que se chamaria “Genúncia”. Porém, em virtude de aparecerem no solo, após as queimadas, variedades de cipós rasteiros com belíssimas flores, as quais as admiravam os moradores que exclamavam: “Olha Flor Ai!”, o local passou a ser denominado Floraí (Sfordi, 2003).

1.7 Aspectos populacionais

Percorrendo principalmente os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, corretores se encarregavam de informar aos agricultores sobre as possibilidades existentes no norte do Paraná, onde as terras eram férteis e fáceis de adquirir. Dessa forma, atraídos pela esperança de uma nova vida, no final dos anos de 1940, grande contingente de migrantes chegava à região (ANDRADE, 2005).

A partir da década de 1950 o auge da economia cafeeira confere um grande desenvolvimento local, visto que, nesse período Florai recebeu seu maior fluxo migratório. Porém, sua paisagem passou por grandes transformações uma vez que grande parte da mata nativa passa a ser retirada para dar lugar a monocultura cafeeira.

Dessa forma, o município passa a crescer junto com o café, chegando a ter na década de 1970, 11.022 habitantes nas zonas rural e urbana. Com o ciclo cafeeiro ameaçado, os produtores rurais passam a se preparar para a cultura mecanizada, o que fez com que grande número de famílias saíssem do campo em busca de novas oportunidades nas grandes cidades. Assim, em 1980, a população passa a declinar consideravelmente contando com 6.638 habitantes, em 1990 com 5.478 habitantes e em 2000 com 5.285 habitantes, sendo que deste total apenas 775 habitantes ocupam as áreas rurais (Tabela 2).

Tabela 2: População urbana e rural do município de Florai (1970-2000)

ANO	POPULAÇÃO RURAL	POPULAÇÃO URBANA	TOTAL
1970	*	*	11.022
1980	2.754	3.884	6.638
1990	1.355	4.209	5.564
2000	775	4.505	5.280

Fonte: IBGE (2000)

Segundo o censo realizado pelo IBGE em 2000, no período compreendido entre 1991 à 2000 a taxa de crescimento populacional decaiu cerca de 5,32% ao ano na zona rural, enquanto que na zona urbana houve um acréscimo de 0,70% ao ano, o que demonstra claramente a evasão populacional da área rural ocorrida em Florai.

De acordo com Sfordi (2003), São Paulo foi o estado da região sudeste que mais recebeu florienses, que, na maioria das vezes, tornaram-se mão-de-obra barata nos grandes centros.

1.8 A economia de Florai

Desde o processo de colonização, Florai conta com uma economia baseada essencialmente na agricultura. A partir da década de 1950 a monocultura cafeeira passa a comandar os processos produtivos locais visando atender a grande demanda do mercado. Dessa forma, os agricultores investem toda sua economia na aquisição de lotes destinados ao cultivo desse produto.

No entanto, as dificuldades em comercializar com o exterior, aliada à grande concorrência com outros mercados internacionais, bem como a super safra e as geadas freqüentes, conferiu profundas transformações econômicas à região. As culturas temporárias começam a se expandir e a soja passa a ser o principal produto agrícola.

Atualmente, a economia de Florai ainda é baseada na agricultura o que reflete em uma utilização do solo muito diversificada voltada a culturas anuais, como mandioca, cana-de-açúcar, trigo, milho, sericultura, soja, entre outros, totalizando mais de 120 atividades diferenciadas distribuídas ao longo do município (SEAB, 2004).

Nos anos de 1997/1998, 23% da produção de Florai estava voltada ao cultivo da soja safra normal, conferindo ao município um montante de R\$ 6.333.309. Nos anos seguintes essa produção aumentou, atingindo 40% e garantindo cerca de R\$ 16.065.537.

É importante ressaltar que o avanço da soja em Florai, área com solos derivados do arenito, está relacionada ao apoio fornecido pelas cooperativas atuantes no município - Integrada e Cocamar – que incentivam a adoção de uma agricultura tecnificada baseada na utilização de insumos e implementos químicos que garantem ao solo uma maior capacidade de suporte do cultivo desse produto.

O Produto Interno Bruto (Pib) de Florai fica em torno de US\$ 13.113.255,2% o que corresponde a um valor *per capita* de US\$ 2.371,72%. O setor de serviços ocupa o primeiro lugar no PIB municipal, com 50,73% de participação, em seguida surgem as atividades agropecuárias, com 36,81% de participação e, por fim, as atividades industriais, com 12,47% (PARANACIDADE, 2004).

Com relação à distribuição das atividades econômicas no município, é possível constatar que dos noventa estabelecimentos existentes em Floráí que estão sujeitos ao recolhimento do ICMS, cinquenta e um fazem parte do comércio varejista, dezenove da indústria, dezesseis da prestação de serviços e apenas quatro do comércio atacadista. É importante considerar que desses noventa estabelecimentos somente o comércio varejista e a indústria contribuem com 0,01% em relação à associação (Tabela 3).

Tabela 3: Distribuição das atividades econômicas (Número de estabelecimentos sujeitos ao recolhimento do ICMS, por setor)

Setor	Nº Total de Estabelecimentos no Município	Participação % em relação à associação
Indústria	19	0.01
Comércio Varejista	51	0.01
Comércio Atacadista	04	0.00
Serviços	16	0.00

Fonte: AMUSEP, 2005

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

2.1 O uso, manejo do solo e a degradação de suas propriedades

Diante de uma nova perspectiva econômica, baseada principalmente na obtenção e acumulação de capital, a sociedade humana vem explorando a terra para atender as suas necessidades básicas. O solo passa a ser usado não somente com intuito de moradia e subsistência, como era há tempos atrás. Atualmente, a nova tendência mundial exige amplas áreas de produção agropecuária e induz o homem a aderir às novas tecnologias disponíveis e a investir nas produções e criações extensivas e intensivas, muitas vezes voltadas para o modelo agro-exportador.

Dentro desse processo, a cobertura pedológica passa a abrigar práticas inadequadas que irão repercutir na destruição de sua estrutura original.

As unidades de solos apresentam limitações relacionadas ao seu uso e manejo, como à suscetibilidade à erosão, impedimentos à mecanização, compactação, deficiência de fertilidade, entre outras e que na maioria das vezes estão sendo utilizados sem respeitar sua real aptidão agrícola ou em sistemas de manejo não apropriados às suas características.

O manejo do solo agrícola consiste em um conjunto de técnicas que, quando usadas de forma racional, permitem uma alta produtividade das culturas (MAZUCHOWSKI e DERPSCH, 1984).

Barcelos et al (1999), afirmam que o sistema convencional do solo visando a sua conservação é chamado de preparo conservacionista. Para Bertoni e Lombardi (1999), esse processo compreende “*um conjunto de princípios ou práticas tendentes a manter ou recuperar sua fertilidade ou integridade, encarando basicamente os problemas da erosão, esgotamento e degradação das terras (...)*”. Trata-se da utilização racional e prudente do solo, buscando a manutenção de uma agricultura suportada por um solo fértil e apoiada em princípios e métodos de manutenção das propriedades originais dos solos.

Os solos constituem uma das maiores riquezas renováveis que se dispõe. Uma vez degradados, sua recuperação é extremamente onerosa. A natureza necessita de tempo bastante longo para formar um perfil de solo, muitas dezenas ou mesmo centenas de anos. O homem, ao empregar tecnologias não adaptadas à conservação do meio ambiente, pode destruir um solo bem desenvolvido em apenas poucos anos de cultivo (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985).

2.1.1 Principais propriedades físicas dos solos

A EMBRAPA (1999), define o solo como “*uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados por natureza, onde ocorrem*”.

As características físicas dos solos, associadas ao ambiente onde estão localizadas, como relevo e clima principalmente, irão determinar a forma, intensidade e qualidade de uma exploração agrícola e, conseqüentemente, uma maior ou menor produtividade. Dentre essas características principais, é possível destacar:

a) *Textura*: vai depender das características herdadas do material originário e dos agentes responsáveis pela formação dos solos. É considerada a mais importante propriedade física, pois influi na capacidade do solo em segurar e infiltrar água, na aeração, além de afetar diretamente a capacidade de retenção de nutrientes no solo (MAZUCHOWSKI e DERPSCH, 1984).

Segundo a EMBRAPA (1986) o termo textura refere-se à proporção relativa das frações areia, silte e argila, podendo um solo ser constituído por mais de uma fração granulométrica. Para tanto, surgem classes de textura procurando definir as diferentes combinações desses três elementos, sendo da seguinte forma agrupados (Quadro 1):

Quadro 1: Classes texturais do solo.

Textura arenosa	Classes texturais areia e areia fraca;
Textura média	Classes texturais tendo na composição granulométrica menos de 35 % de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes texturais areia e areia fraca;
Textura argilosa	Classes texturais tendo na composição granulométrica de 35 a 60% de argila;
Textura muito argilosa	Classe textural muito argilosa, com mais de 60% de argila;
Textura siltosa	Parte das classes texturais que tenham silte maior que 50%, areia menor que 15 % e argila menor que 35%.

Fonte: EMBRAPA, 1996

Bertoni e Lombardi (1999), complementam afirmando que nenhum solo é composto exclusivamente de uma única fração, há sempre uma mistura das três, sendo as porcentagens das diversas frações que irão diferenciar os tipos de textura. Como exemplo citam as seguintes denominações: arenosa, arenosa-francosa, franco-arenosa, franco-siltosa, entre outras.

A fração argilosa confere ao solo uma boa capacidade de retenção de água, plasticidade e coesão, enquanto que as areias são materiais muito permeáveis, não coerentes e de baixa capacidade de retenção de água (HÉNIN, 1976).

Para Mazuchowski e Derpsch (1984), os solos que apresentam textura arenosa possuem drenagem excessiva com baixa capacidade de retenção de água. Além disso, apresentam baixos teores de matéria orgânica, são muito sensíveis à erosão e necessitam de cuidados especiais relacionados ao seu manejo. Os solos com textura média possuem uma porcentagem relativa de areia, argila e limo em sua composição, sendo propícios para todas as culturas, enquanto que os solos de textura argilosa podem, às vezes, ser impermeáveis e de difícil mecanização, apesar de serem mais resistentes à erosão.

Segundo Bertoni e Lombardi (1999), a textura é um fator essencial na determinação do uso do solo, onde as práticas agrícolas devem estar a ela associadas, visto que o teor de argila ou areia indicará a possibilidade ou não do solo ser trabalhado a úmido e a seco.

Hénin (1976), assegura que as propriedades de certos solos podem tornar mais ou menos difícil a sua preparação, tendo em vista uma cultura dada. Afirma ainda que, com técnicas culturais apropriadas, escolha de um sistema de rotação conveniente, é possível obter, com qualquer planta, rendimentos elevados, em terras de textura extremamente variada.

b) *Estrutura*: é caracterizada como o arranjo ou agregação das partículas dos solos em unidades compostas, as quais apresentam formatos e tamanhos variados, estando separadas umas das outras por superfícies de fraqueza. Sua classificação é baseada em três características: forma, tamanho e grau de desenvolvimento (EMBRAPA, 1986).

De acordo com Bertoni e Lombardi (1999), a estrutura irá determinar a maior ou menor facilidade de trabalho do solo, a permeabilidade, a resistência à erosão e as condições para que as plantas se desenvolvam.

Carpenedo (1994), afirma que a estrutura original do solo apresenta características definidas pelo material de origem, processos pedogenéticos, vegetação, posição na paisagem e clima. Nos horizontes superficiais dos solos agrícolas, ela está sujeita a alterações pela ação de fatores externos, principalmente, pelos sistemas de manejo de solos e mecanização. Assim, o sistema de manejo modifica as condições originais de um solo, com tendência divergente da situação

natural, estabelecendo um novo tipo, classe, e grau de estrutura, que pode ser adequada ou não ao desenvolvimento das plantas.

Em solos muito arenosos as partículas de areia permanecem de forma individualizada, não formando agregados, além disso, poderão apresentar uma estrutura fraca com estabilidade muito pequena.

Para Primavesi (1988), a destruição dos agregados dos solos poderá ocorrer devido ao pouco planejamento das práticas agrícolas, visto que o solo sofre a ação da pressão mecânica das máquinas e implementos, da aração profunda, a qual expõe o solo tornando-o instável e sensível aos efeitos intempéricos, e do constante pisoteio de animais sobre sua superfície.

c) *Porosidade*: é caracterizada pelo volume do solo ocupado pela água e pelo ar, ela depende, principalmente, da textura e da estrutura dos solos (KIEHL, 1979).

Bertoni e Lombardi (1999), afirmam que, em geral, os solos com textura mais fina apresentam maior porosidade, porém, necessitam de maiores cuidados na manutenção da aeração, enquanto que, os solos arenosos possuem menor porcentagem de porosidade e uma aeração quase constante. Consideram ainda, que os solos cultivados apresentam uma menor porosidade do que os solos sem cultivos.

Os fatores relacionados à perda da porosidade estão associados à redução da matéria orgânica, à compactação e ao efeito do impacto das gotas das chuvas, uma vez que esses fatores diminuem o tamanho dos agregados reduzindo, assim, o tamanho dos poros.

A porosidade é dividida em macroporos e microporos, sendo a macroporosidade correspondente aos poros mais grossos e que serão utilizados para a circulação da água e do ar, enquanto que a microporosidade refere-se ao volume dos poros mais finos e que serão utilizados para a armazenagem da água (HÉNIN, 1976).

Azevedo e Dalmolin (2004), afirmam que os solos arenosos apresentam maior quantidade de macroporos e, portanto, elevada permeabilidade com baixa capacidade de retenção de água, enquanto que, nos solos argilosos geralmente ocorre um equilíbrio entre a distribuição de macro e microporos. Consideram também que, em geral, a movimentação de gases e água nos solos argilosos é mais lenta que em solos arenosos, podendo variar de acordo com as características de cada solo.

Na agricultura, a porosidade é responsável por regular as relações existentes entre as fases sólida, líquida e gasosa dos solos.

Quando um solo recebe uma pressão externa, seja por maquinários ou mesmo por animais, os espaços vazios entre suas partículas (poros), destinados à aeração e à circulação da água, são ocupados por outras partículas, visto que a tensão exercida sobre o solo faz com que ocorra uma diminuição entre esses espaços vazios.

A destruição da estrutura do solo, com o emprego de práticas agropecuárias incorretas, influi no crescimento e desenvolvimento dos vegetais, visto que as raízes são impedidas de penetrar no solo devido à redução na distribuição e tamanho dos poros.

d) *Permeabilidade*: trata-se da capacidade que o solo tem de deixar passar água e ar através de seu perfil. Está relacionada com o tamanho, volume e distribuição dos poros, podendo variar nos diferentes horizontes dos solos. A permeabilidade é maior nos solos arenosos, uma vez que apresentam uma grande quantidade de poros grandes, e menor nos solos argilosos, onde há redução na quantidade e tamanho dos poros (BERTONI e LOMBARDI,1999).

Seixas (1988)¹, considera a infiltração da água a característica do solo que melhor indica a ocorrência de um processo de degradação de suas propriedades físicas. Quando a estabilidade dos agregados e a permeabilidade são afetadas, devido ao processo de compactação, o escoamento superficial terá aumentado favorecendo, então, a erosão.

2.1.2 As práticas agrícolas e a modificação da estrutura do solo

Com o desenvolvimento da agricultura moderna e o aprimoramento das técnicas de cultivo iniciou-se um período de grande utilização de fertilizantes, agrotóxicos, irrigação e máquinas pesadas sobre o solo, com o intuito de ampliar a produção, reduzindo sua vida útil e provocando efeitos devastadores sobre todo ecossistema.

¹ Seixas, 1988. In Fernandes, C. F. e Souza, A.P.

Existe uma nítida relação entre o manejo do solo agrícola e as características físicas locais, visto que as condições climáticas, o substrato geológico, a geomorfologia e a cobertura pedológica de uma região, são particularidades que poderão facilitar ou mesmo dificultar certas práticas de preparo do solo. Dessa forma, em áreas onde o clima é mais frio e seco não poderão ser empregadas as mesmas técnicas e nem cultivados os mesmos produtos agrícolas aptos a serem praticados em locais onde o clima é quente e úmido.

Após a retirada de uma colheita a cobertura pedológica se encontra num certo estado que necessita de cuidados especiais afim de prepará-la para ser submetida à cultura seguinte. Durante esse período, se pode contar com a ação dos fatores naturais e com as diversas técnicas de trabalho do solo que poderão conferir uma estrutura favorável ou mesmo modificar profundamente a própria natureza do solo (HÉNIN, 1976).

Mazuchowski e Derpsch (1984), consideram como objetivos do preparo do solo agrícola os seguintes itens:

- eliminar plantas indesejáveis, diminuindo a concorrência com a cultura implantada;
- obter condições favoráveis para a colocação de sementes ou partes de plantas no solo, permitindo a sua boa germinação e um bom desenvolvimento;
- manter a fertilidade e a produtividade ao longo do tempo, preservando a matéria orgânica no solo e evitando a ocorrência de erosão.

É importante ressaltar que para se atingir a todos esses objetivos, a prática de preparo do solo deve ser realizada com o menor número possível de operações sobre o terreno, visando sempre à conservação dos solos. Além disso, a forma de preparo do solo a ser adotada em determinada área depende da situação real da propriedade, podendo variar de região para região.

Existem basicamente três formas principais de preparo do solo (MAZUCHOWSKI e DERPSCH, 1984):

- preparo primário: cujas operações são mais profundas e grosseiras e visam eliminar ou enterrar as ervas daninhas e os restos de culturas, além de soltar a camada superficial do solo;

- preparo secundário: todas as operações superficiais feitas após o preparo primário e que visam o nivelamento do terreno, o destorroamento, a incorporação de herbicidas, a eliminação de ervas daninhas no início de seu desenvolvimento, ou permitam a fácil colocação de sementes no solo e a cobertura desta com terra;
- preparo do solo após plantio: são todas as manipulações do solo feitas após a cultura ter sido implantada, visando eliminar ervas daninhas, crostas superficiais, melhorar a infiltração de água e conservar a umidade.

De acordo com Brasil (1972), a exploração agrícola dos solos normalmente inicia com grandes e fartas colheitas, pois se baseia na fertilidade natural dos mesmos. Entretanto, a degradação de sua constituição física, seguida pelo fenômeno da erosão, independentemente da topografia regional ou tipo de solo, fazem com que a produtividade entre em processo de redução. O rápido esgotamento dos recursos naturais dos solos torna-os inférteis e possivelmente abandonados.

Primavesi (1990), afirma que a decadência da maioria dos solos cultivados deve-se aos seguintes fatores:

- aração profunda, revolvendo o solo instável à água da superfície;
- retorno deficiente de matéria orgânica ou sua incorporação profunda;
- exposição da superfície do solo ao sol e impacto das chuvas;
- deficiência de cálcio e fósforo, mas também de outros nutrientes;
- monocultura, pela uniformização da microvida e das excreções radiculares.

De acordo com Hénin (1976), as ações mecânicas sobre os solos podem provocar um rearranjo dos elementos estruturais preexistentes ou que se tenham formado no próprio decorrer da operação. O resultado desses efeitos é uma variação do volume aparente da camada da terra trabalhada. Essas variações intervêm no sentido vertical expandindo ou “amassando” o solo.

Todo solo agrícola possui um conjunto de características que determinam o limite da intensidade de exploração racional e econômica, sem que o mesmo venha sofrer uma acentuada redução de sua capacidade produtiva. Estas dependem da textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, relevo, pedregosidade, profundidade efetiva, fertilidade, drenagem interna, capacidade de infiltração e armazenamento de

água, além de outras características físicas e químicas, que podem ser rapidamente destruídas na agricultura tradicional (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1972).

Atualmente o agricultor dispõe de uma infinidade de meios para melhorar o estado físico dos solos e, conseqüentemente, garantir uma maior produtividade. No entanto, a pouca preocupação com a manutenção das características pedológicas originais reflete numa degradação cada vez maior dos solos brasileiros.

Para Corrêa (2001), o uso adequado dos solos parte do princípio da utilização racional dos elementos da biosfera visando produzir o maior benefício para a população atual, porém, mantendo sempre as suas potencialidades, tendo em vista a satisfação das necessidades e as aspirações das gerações futuras.

2.1.2.1 Efeitos das máquinas agrícolas sobre o solo

A substituição do trabalho braçal humano pelos modernos maquinários agrícolas marca uma fase de grandes transformações nos processos produtivos rurais. A necessidade de atender ao mercado agrícola mundial, que exige amplas áreas produtivas em espaços de tempo cada vez menores, fez com que o produtor passasse a aderir aos novos recursos tecnológicos investindo cada vez mais na mecanização do campo.

De acordo com Amaral (1939), ante esta expectativa tecnológica, o país se defronta por um lado com os benefícios auspiciosos de uma agricultura moderna e avançada e, por outro, com a mecanização intensiva dos solos.

A cobertura pedológica torna-se, então, mais vulnerável à ação dos agentes climáticos que atuam nas mais diversas formas, ocorrendo a perda de grandes quantidades de solo fértil na camada arável, onde se encontram os elementos nutritivos necessários ao normal desenvolvimento dos vegetais.

A mecanização da lavoura permite que a terra seja lavrada e gradeada em épocas do ano em que o solo, em outros tempos estaria muito úmido e pesado para trabalhar. A utilização destes grandes maquinários agrícolas que, de uma só vez, executam toda a operação de cultivo, desde aplainar o solo até fertilizar e colher a

produção, são responsáveis pelo empobrecimento do solo, pois grande parte da camada fértil é removida pelo arado das máquinas.

Além disso, o peso das mesmas e o movimento repetitivo sobre a superfície causam a compactação do solo agrícola. Em geral, as máquinas empregadas nos processos de plantio e colheita são muito pesadas e exercem grande pressão no solo.

Silva et al (2003), ao analisarem a ação do tráfego de máquinas agrícolas nas propriedades de um Latossolo Vermelho distrófico na região dos Cerrados, constataram que a intensidade de tráfego do rodado e a ação da soleira dos implementos alteraram a compressibilidade, a densidade, a porosidade e a condutividade hidráulica do solo.

Esse processo se deve, principalmente, ao fato de que as cargas das máquinas e implementos aplicadas na superfície produzem tensões que provocam a compactação das diferentes camadas do solo. Silva et al (2003), ainda afirmam que o aumento progressivo das cargas externas, combinado com a isuflagem inadequada dos rodados, acarreta a degradação das propriedades físicas em profundidade, visto que o deslizamento causado pelas partículas superficiais do solo resultaram em um novo rearranjo e, conseqüentemente, em alterações na estrutura do solo.

Para Primavesi (1988), todas as técnicas de cultivo do campo que têm por objetivo mobilizar o solo, tais como lavração profunda, adubação verde, adubação nitrogenada de terras húmusas, calagem forte, drenagem e irrigação, quando feitas em presença de temperaturas elevadas do solo, contribuem para destruição mais rápida da estabilidade da bioestrutura, exigindo uma remoção mais freqüente de matéria orgânica. Dessa forma, a produção tende a diminuir e o solo a se degradar cada vez mais, possibilitando também o avanço do processo erosivo.

2.1.2.2 Atividade pastoril

A criação de animais na maioria das propriedades rurais têm sido um recurso amplamente disseminado, seja para fins comerciais ou para subsistência. Imensas áreas são destinadas à pastagens, muitas vezes sem considerar a capacidade do solo em suportar esta prática. Bertoni e Lombardi (1999), afirmam que muitas de nossas

pastagens têm sido bastante danificadas pelo excessivo pastoreio, e a revegetação natural é bastante lenta, especialmente quando nesses campos ainda permanece o gado.

Além do excessivo pastoreio, pode-se acrescentar, como mau manejo de pastagem, a sua utilização muito cedo ou tardia, e a má distribuição dos animais na área. O pastoreio excessivo também faz aparecer áreas descobertas de vegetação, acelerando a erosão laminar, a superfície do solo é então, arrasada pela erosão, tornando a área, progressivamente, menos fértil (BERTONI e LOMBARDI, 1999).

O impacto nos solos resultantes do pisoteio inicia-se com a destruição de horizontes orgânicos e por compactação. Estes impactos vão alterar as características básicas dos solos como o arejamento, a temperatura, a infiltração de água e a concentração de nutrientes, tendo conseqüências na vida que se apóia no solo. O próprio solo será alvo da diminuição de organismos vivos que lhe possibilitariam uma melhor estrutura (LEITÃO, 2002).

Segundo Primavesi (1988), o pastoreio dos animais arreventa a relva, especialmente enquanto o solo estiver úmido, dando à chuva a possibilidade de cair em solo desnudo.

A passagem constante do gado resulta na destruição da vegetação e da parte superficial do solo, com rebaixamento da superfície e formação de sulcos e ravinas nas trilhas paralelas à maior declividade da vertente e ainda o surgimento de trilhas de pisoteio (MODENESI e JORDÃO, 1992).

De acordo com Fregonezi et al (2001), *“as pastagens representam uma forma racional de conservação das características e propriedades físicas do solo, desde que bem manejadas, com reposição de nutrientes e lotação adequada, porém, o que se observa com freqüência é a adoção de praticas de manejo que culminam com a degradação do solo”*.

Primavesi (1985), afirma que é necessária a realização de um manejo ecológico visando integrar as pastagens com os outros elementos do ambiente, respeitando suas inter-relações e conservando e recuperando seu equilíbrio, evitando, assim, a degradação do sistema.

2.2 Principais conseqüências da degradação dos solos

2.2.1 Compactação

O processo de compactação é basicamente a mudança de volume de uma massa de solo. É uma alteração na densidade global do solo, que se reflete na relação de vazios, ou na porosidade (JORGE, 1985).

Para Seixas et al (1998), a compactação é o ato ou ação de forçar a agregação das partículas do solo e, por sua vez, reduzir o volume por elas ocupado. Trata-se da tensão aplicada sobre o solo e as mudanças resultantes em termos de aumento da densidade, decréscimo no volume de macroporos, infiltração e movimento interno de água mais lentos e maior resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes.

A compactação do solo é provocada pela ação e pressão dos implementos de preparo do solo, especialmente quando estas operações são feitas em condições de solo úmido e continuamente na mesma profundidade, somadas ao tráfego intenso de máquinas agrícolas.

Diz-se que um solo está compactado quando a proporção do volume total de poros para os solos é inadequado ao bom desenvolvimento de uma cultura (CARPENEDO, 1994).

De acordo com Dias Junior e Estanislau (1999), nas culturas anuais a compactação do solo é causada pela intensa mobilização do solo durante as operações de cultivo, já nas pastagens o pisoteio excessivo do gado tem sido a causa da compactação na camada superficial, e nas áreas florestadas, as condições de corte em condições inadequadas de umidade têm sido responsáveis pelos processos de compactação dos solos.

Afirmam ainda que, indiferente do tipo de uso do solo, o processo de compactação tem alterado suas propriedades físicas, tais como: densidade do solo, porosidade total, tamanho e continuidade dos poros, infiltração, capacidade de armazenamento de água, aeração e índice de compressão.

Jorge (1985) considera que a movimentação constante de máquinas agrícolas e caminhões sobre áreas cultivadas é o fator mais importante na compactação do solo. A pressão exercida sobre a superfície do terreno, pelo uso da máquina, origina

uma força externa que causa uma reorganização das partículas do solo, que passam a ocupar menor volume, esta é a característica do fenômeno da compactação.

Tais situações têm contribuído para a formação de duas camadas distintas: uma camada superficial pulverizada e outra subsuperficial compactada (pé-de-arado ou pé-de-grade).

Primavesi (1990) considera que a compactação afeta primeiramente os macroporos e com isso a infiltração de água, sua drenagem e a circulação de ar no solo.

Solos com presença de camadas compactadas caracterizam-se por baixa infiltração de água, ocorrência de enxurrada, raízes deformadas, estrutura degradada, resistência à penetração dos implementos de preparo, exigindo maior potência do trator, e pelo aparecimento de sintomas de deficiência de água nas plantas, mesmo sob pequenos períodos de estiagens (EMBRAPA²).

A EMBRAPA³ define compactação como o aumento da densidade do solo em razão do arranjos das partículas primária (argila, silte e areia). Quando o solo é submetido a um esforço constante e/ou de pressão, há redução do espaço aéreo, aumentando sua densidade aparente. Normalmente, os solos formados por partículas pequenas, e de diferentes tamanhos, são mais facilmente compactados, porque as partículas pequenas podem ser encaixadas nos espaços formados entre partículas maiores, formando camadas de impedimento com baixa macroporosidade.

Em se tratando de solos argilosos, constituídos de partículas menores, com uma porosidade total maior, o efeito da pressão é mais severo, dando origem a maiores problemas de compactação do que nos solos arenosos. Quando uma carga ou pressão é aplicada sobre solos argilosos, as partículas finas de argila rolam para os espaços deixados pelas partículas grosseiras, como as areias, causando uma diminuição no seu volume, com conseqüente aumento na densidade global característica da compactação. Esse efeito nocivo é mais grave quando a pressão é exercida sobre solos úmidos. A compactação do solo, portanto, afeta diretamente a sua porosidade, isto é, os espaços vazios entre as partículas sólidas. Estes espaços estão, normalmente, cheios de ar e água. Quando o solo é compactado, os poros

² EMBRAPA. *Manejo do Solo*. Disponível no site <http://www.cnpso.embrapa.br/rectec/mansolo.htm>.

³ Idem.

diminuem de tamanho, podendo, em condições extremas, chegar a desaparecer (JORGE, 1985).

Esses conceitos conduzem a indicações de que os Latossolos Vermelhos com textura argilosa e os Nitossolos Vermelhos também com textura argilosa apresentam características que os tornam mais susceptíveis à compactação, devido aos elevados teores de argila. Essa condição é agravada quando os solos são preparados com número excessivo de operações de implementos e condições inadequadas de umidade. Essa prática, além de reduzir drasticamente a matéria orgânica, dificulta sua recuperação, mesmo com a incorporação de restos de culturas ao solo.

Segundo Jorge (1985), para entender o processo de compactação, é preciso ter em mente que o solo é formado por três fases: a fase sólida, composta de material mineral e orgânico, a fase líquida, representada pela água, e a fase gasosa, constituída pelo ar. Embora essas três fases mantenham certo equilíbrio, em determinado solo, ocorrem algumas variações temporárias, devido a fatores como a chuva, a seca, a movimentação de máquinas sobre o terreno. Um solo considerado ideal mantém um equilíbrio entre as fases sólida, líquida e gasosa.

Quando o solo está sujeito a uma pressão, como acontece quando um peso repousa sobre ele, ocorre uma deformação, com uma movimentação das partículas sólidas e da fase líquida, levando a uma diminuição no seu volume. Esse rearranjo ou movimentação das partículas depende das características de cada solo e ocorre de maneira que as fases sólida e líquida tomam parte do espaço destinado à fase gasosa.

De acordo com Primavesi (1988), em solos compactados a raiz não consegue aproveitar o adubo, não por falta, mas por causa das possibilidades da raiz poder explorar um espaço suficientemente grande do solo. Tendo as raízes o caminho barrado por camadas compactadas como uma sola-de-arado ou por adensamento por sedimentação, então a planta esgota os nutrientes do espaço limitando a sua disposição e sofre com a deficiência de nutrientes.

Jorge (1985) considera que as raízes das culturas apresentam pelo menos três sintomas bem típicos quando crescem em solos, ou camadas de solos, compactados. Em primeiro lugar, não conseguindo penetrar a camada compactada, as raízes se entortam, crescendo na horizontal; isto causa um desenvolvimento superficial e raso, prejudicial ao suprimento de água, de nutrientes e enfraquecendo a sustentação da

planta. Há casos em que uma rajada mais forte de vento causa o tombamento seguido da morte da planta.

Além de ocasionar um sistema radicular tortuoso e raso, a porção da raiz logo acima da zona compactada se apresenta engrossada e com numerosos pêlos radiculares. Estas anomalias verificadas no sistema radicular vão refletir negativamente no crescimento e produção das culturas (JORGE, 1985).

Embora o grau de compactação, por si só, não seja suficiente para diagnosticar o efeito das condições físicas do solo sobre a planta, é um indicador de prováveis limitações ao desenvolvimento das culturas, pois para um eficiente crescimento e desenvolvimento, as plantas necessitam de adequadas quantidades de água, oxigênio, dióxido de carbono, luz, nutrientes e temperatura. A mudança na estrutura devido a compactação provocada por operações agrícolas pode afetar o fluxo, ou a concentração de um ou mais destes agentes de crescimento, limitando o desenvolvimento das mesmas (CARPENEDO, 1994).

Os solos com problemas de compactação apresentam, segundo Jorge (1985), alguns sintomas:

- formação de crostas;
- trincas nos sulcos de rodagem dos tratores;
- zonas endurecidas abaixo da superfície;
- poças de água;
- erosão pluvial excessiva;
- necessidade de maior potencia nas máquinas de cultivo;
- presença de resíduos vegetais parcialmente decompostos, muitos meses após sua incorporação.

No campo, é fácil reconhecer os sintomas de compactação, pois aparecem tanto no próprio solo como nas plantas que se desenvolvem sobre ele.

Jorge (1985) também afirma que é possível confirmar a existência de problemas de compactação nas culturas, através:

- do baixo índice de emergência das plantas;
- da grande variação no tamanho das plantas;
- das folhas amareladas;
- do sistema radicular raso;

- das raízes tortas.

Porém, para analisar o estado de compactação do solo é necessário que sejam considerados outros fatores atuantes, como clima, solo, sistemas agrícolas, verificando o verdadeiro sentido em que atuam esses diferentes processos na compactação do solo.

2.2.2 Erosão

Segundo o Manual de Conservação do Solo e Água (1985), “*erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento*”. Constitui, uma das principais causas do esgotamento acelerado das terras. As enxurradas, provenientes das águas de chuva que não ficaram retidas sobre a superfície, ou não se infiltraram, transportam partículas de solo em suspensão e elementos nutritivos essenciais em dissolução. Outras vezes, esse transporte de partículas de solo se verifica, também, por ação do vento.

Os fenômenos erosivos que atingem os solos, ou mais precisamente o manto de intemperismo, agem de duas formas distintas. Numa delas, o ataque da água atinge o solo na superfície desagregando-o, a fim de facultar o transporte das partículas menores. Na outra, a ação verifica-se não só na superfície, como também, em subsuperfície, numa determinada porção do perfil, isto é, afetando uma massa de material consolidado (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985).

Para Primavesi (1990), a erosão instala-se onde tiver terra desnuda, quer seja pelo pisoteio animal num pastejo mal conduzido ou pela instalação deficiente de forrageiras em solos decaídos, em campos agrícolas mantidos “a limpo”, ou por aração profunda demais para as condições do solo, ou pela compactação da superfície do solo pelas máquinas.

Bertoni e Lombardi (1985), afirmam que o processo erosivo começa quando as gotas de chuva embatem a superfície do solo e destroem os agregados, e termina com as três etapas seguintes:

- as partículas do solo se soltam;
- o material desprendido é transportado;
- esse material é depositado.

O processo erosivo é um fenômeno complexo, ocorre de diversas formas e varia de acordo com as características do meio físico, tais como o clima, especialmente a pluviosidade, as características do solo, a forma e declividade do relevo e o substrato geológico. Pode se apresentar principalmente sob a forma hídrica ou sob a forma eólica.

a) Erosão hídrica

Existem formas de erosão hídrica laminar e linear (sulcos, ravinas e voçorocas) que podem ocorrer simultaneamente num mesmo local:

- erosão laminar: segundo Bertoni e Lombardi (1985), é a lavagem da superfície do solo nos terrenos arados, é a forma de erosão menos notada, e por isso é considerada a mais perigosa. Ela arrasta primeiro as partículas mais leves do solo, deixando expostas, após alguns anos, algumas raízes de vegetais, os solos, por sua ação, tomam coloração mais clara e a produtividade vai diminuindo progressivamente;
- erosão em sulcos: resulta de pequenas irregularidades na declividade do terreno que faz com que a enxurrada, concentrando-se em alguns pontos do terreno, atinja volume e velocidade suficientes para formar riscos mais ou menos profundos. Na sua fase inicial, os sulcos podem ser desfeitos com as operações normais de preparo do solo; em um estado mais avançado, porém, eles atingem tal profundidade que interrompem o trabalho de máquinas agrícolas;
- ravinas: entende-se como a erosão supostamente causada apenas pela concentração do escoamento superficial, com a linha de água apresentando grandes declives, canal profundo, estreito e longo, as quais, com a evolução do processo, podem se transformar em voçorocas (SALOMÃO, 1994);
- voçorocas: Salomão (1994), afirma que quando o sulco se forma e posteriormente se aprofunda, atingindo o lençol freático, ocorrem vários processos erosivos pela ação constante das águas superficiais e subsuperficiais, o que faz com que o ravinamento atinja grandes

dimensões, podendo tanto alongar-se quanto aprofundar-se. A esse estágio do processo erosivo denomina-se voçoroca.

Com a destruição da camada superficial, o desenvolvimento da erosão é rápido, progredindo na direção oposta ao fluxo da água e aprofundando até encontrar as camadas mais resistentes em maior profundidade. Esta é a primeira fase erosiva – resultando na formação de voçorocas estreitas com taludes quase verticais instáveis. O deslizamento destes taludes provoca o entupimento do fundo, desvio ou acumulação de fluxo de água que depois, com pressão e a velocidade maior ainda, erode o material deslizado (SUDESUL, 1972).

b) Erosão eólica

A erosão eólica é ocasionada pelos ventos e, de acordo com Bertoni e Lombardi (1985), ocorrem em geral em regiões planas, de pouca chuva, onde a vegetação natural é escassa e sopram ventos fortes. Constitui problema sério quando a vegetação natural é removida ou reduzida. As terras ficam sujeitas a erosão pelo vento quando deveriam estar com a vegetação natural e são colocadas em cultivo com um manejo inadequado.

Ou seja, a vegetação reduz a velocidade do vento na superfície do solo e diminui a força exercida por ele, impedindo que as partículas do solo sejam removidas e carregadas pelo vento.

As conseqüências da erosão eólicas sobre o solo são mudanças na estrutura, nas condições físicas e na fertilidade, pois o vento carrega as partículas mais finas, deixando apenas as mais grossas e menos produtivas, além disso, ocasiona a morte das plantas, prejudicando, também, as estradas e rodovias.

Bertoni e Lombardi (1985) consideram que algumas das causas do esgotamento de nossos solos pela erosão podem ser controladas, dentro das normas práticas pela aplicação das ações conservacionistas.

2.3 A Erosão no noroeste do estado do Paraná

A questão relacionada aos processos de degradação dos solos, especialmente a erosão, tem sido amplamente discutida dentro do estado do Paraná, principalmente

em regiões onde o solo apresenta características mais frágeis e, portanto, mais susceptíveis a esse dano, como é o caso do noroeste paranaense, formado, sobretudo, por solos oriundos da alteração do Arenito Caiuá.

Diversos estudos abordam essa problemática atualmente visando analisar a fragilidade do meio físico diante dos processos de uso e ocupação, uma vez que a maioria dos municípios dessa região tem suas economias baseadas principalmente nas atividades agro-pastoris (CUNHA, 1996; MARTINS, 2000; GASPARETTO, 1999, 2001; NÓBREGA, 1992; CALEGARI, 2000; SILVEIRA, 1998; NAKASHIMA, 1999; CZUY et al, 2004).

Diante disso, Nakashima (1999), realizou um estudo de detalhe dos sistemas pedológicos visando a compreensão da susceptibilidade erosiva dos solos do noroeste do Paraná e verificou a existência de seis sistemas pedológicos distribuídos na região, com características erosivas diferenciadas e variando conforme a disposição do relevo.

O sistema pedológico I, composto por Latossolo Vermelho-Escuro, Podzólico Vermelho-Escuro e Gley, localizado nos setores noroeste da região, próximo às margens do rio Ivaí, é caracterizado por apresentar poucos processos erosivos, principalmente devido à baixa declividade da vertente e à textura mais argilosa do solo.

Já o sistema pedológico II, que ocupa a maior parte da região, principalmente o setor noroeste do rio Ivaí, caracteriza-se por apresentar moderada ou alta suscetibilidade erosiva devido, principalmente, ao relevo de colinas amplas de baixa declividade e à predominância da cobertura latossólica.

Nos sistemas pedológicos III e IV, constituídos principalmente por Latossolo Vermelho distrófico, Argissolo Vermelho Amarelo e Gley pouco húmico ou Neossolos Quartzarênicos, os processos erosivos encontram-se bem diferenciados em razão da elevada declividade, extensão das vertentes e posição que estes ocupam nos interflúvios. São locais considerados impróprios à mecanização.

O sistema pedológico III é formado por colinas de tamanho médio, com topos convexizados, vertentes convexas ou retilíneas, declividade média, relevo fortemente dissecado e vales encaixados, enquanto que o sistema IV caracteriza-se por colinas amplas de topos levemente convexizados, vertentes longas levemente convexas,

declividades baixas nos médios e baixos cursos dos afluentes dos rios Ivaí e Paranapanema e declividades médias no alto curso desses afluentes.

No contato entre o arenito Caiuá com o basalto, setor leste da região de estudos, ocorre o sistema pedológico V, considerado de moderada a alta suscetibilidade erosiva, devido, principalmente, à existência de colinas médias, com vertentes convexas e declividades mais acentuadas.

Nas áreas de várzeas de inundação dos rios Paraná e Ivaí, onde o relevo encontra-se praticamente plano, o sistema pedológico VI caracteriza-se por não ser susceptível a erosão e, portanto, apta para o cultivo agrícola.

Nakashima (1999) afirma ainda que o desequilíbrio pedobioclimático desses sistemas está também relacionado à degradação da floresta primitiva e ao uso e manejo inadequado dos solos, propiciando dessa forma o avanço dos processos erosivos no Noroeste paranaense.

Com o intuito de analisar a degradação do solo pelo uso agrícola e registrar as áreas mais críticas quanto à erosão, Carvalho (1994)⁴, caracterizou e mapeou os solos derivados do Arenito Caiuá em dez municípios do noroeste do Paraná e constatou que nessa região o Latossolo Vermelho textura média, o Argissolo Vermelho textura média e o Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/média são os solos de maior expressão geográfica.

Este mesmo autor afirma que o aumento da susceptibilidade à erosão se dá em decorrência da posição ocupada pelo solo na paisagem, da variação do gradiente textural entre os horizontes A e B e a declividade do terreno que é maior na passagem do Latossolo Vermelho textura média para o Argissolo Vermelho textura média.

Com relação à erosão eólica, considera que é mais ativa nas áreas de solos com horizontes superficiais de textura arenosa, como é o caso dos Neossolos Quartzarênicos, dos Argissolos Vermelho abrupto textura arenosa/média e parte dos Latossolos Vermelho textura média.

Conclui assegurando que os problemas de degradação podem ser controlados caso os solos sejam utilizados de forma racional, respeitando sua aptidão agrícola e seus limites produtivos.

⁴ CARVALHO, A. P. *Solos do Arenito Caiuá*. In Pereira, et al., (1994).

A preocupação com a ampliação dos fenômenos erosivos possibilitou o surgimento do Projeto “Mapeamento Geológico-geotécnico de Umuarama – PR”, o qual seguiu uma metodologia baseada na Carta ZERMOS (Zonas Expostas aos Riscos de Movimentação dos Solos), que tem por objetivo fornecer informações sobre a ocorrência de riscos naturais para a ocupação do solo. Para tanto, os locais analisados foram hierarquizados em zona de instabilidade declarada, zona de estabilidade potencial, zona de estabilidade precária, zona de estabilidade com cobertura vegetal e zona estável (NÓBREGA et al, 1992).

A partir disso surgiu o “Mapeamento Geotécnico e Zonas de Risco da Região Noroeste”, abrangendo os municípios de Umuarama, Cianorte, Cidade Gaúcha, Paranavaí e Nova Esperança, que seguiu essa mesma metodologia de hierarquização do terreno (GASPARETTO et al, 1996).

Para Calegari (2000), ao utilizar a metodologia proposta pelo projeto, foi possível definir em Nova Esperança quatro zonas: zona de instabilidade declarada; de instabilidade potencial; de estabilidade precária e zonas estáveis, distribuídas ao longo do município.

Com o objetivo de determinar as perdas de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Ivaí, Santos et al (1999), constataram que cerca de 78-90% do total da área apresenta um potencial de perdas de solo variando entre muito baixo e baixo. Para tanto, consideraram o fator topográfico, o fator erodibilidade e o uso e manejo do solo, como principais responsáveis por uma maior ou menor degradação das propriedades dos solos.

Afirmam, como resultados das análises, que o processo de erodibilidade do solo, ou seja, a vulnerabilidade ou susceptibilidade à erosão, diminui de montante para jusante da bacia do rio Ivaí, com exceção dos Argissolos, os quais aparecem também no baixo curso, junto ao Arenito Caiuá, e que apresentam alta erodibilidade.

Com relação ao uso e manejo do solo destacaram que a região do alto curso está mais protegida dos processos erosivos, pois apresenta cobertura vegetal formada, em sua grande maioria, por floresta, reflorestamento, campos e capoeiras. A agricultura concentra-se no médio e baixo curso, sendo que as culturas que apresentam uma menor proteção ao solo estão localizadas nos municípios mais a jusante da bacia.

A agravante do processo erosivo não está restrita apenas à degradação do solo e à diminuição da produtividade agrícola, pois está aliada também ao êxodo rural em alguns municípios do Noroeste paranaense, onde o trabalhador do campo é obrigado a buscar melhores condições de vida em outras regiões, geralmente nos centros urbanos.

Considerando essa questão, Silveira (1998), analisou as modificações resultantes da ação antrópica no solo e seus reflexos no meio rural no município de Cidade Gaúcha. Constatou que o decréscimo da população rural entre os anos de 1960 a 1996 no município foi de 81 %, causada, em grande parte, pela atividade pecuária, a qual ocupa a maior parte da área e exige pouca mão-de-obra.

É importante considerar que a degradação dos solos e o avanço dos processos erosivos não estão limitados somente às áreas rurais do noroeste paranaense. A carência de planejamento das atividades urbanas e a forma do traçado das cidades causam danos irreversíveis ao ambiente, sobretudo aos sistemas pedológicos, sendo agravado pela inclusão de um maior número de pessoas diretamente com o problema.

Nesse mesmo município, Nóbrega et al (2003) e Gasparetto et al (1995), visando obter um mapeamento de zonas de riscos à erosão, constataram que os fenômenos erosivos geradores de sulcos, ravinas, voçorocas e movimentos em massa do solo são resultados do processo de ocupação e urbanização que ignorou a fragilidade do meio físico local, visto que o plano urbano do município ocupa cabeceiras dos cursos d'água e tributários dos córregos. Além disso, a impermeabilização das ruas e seus traçados irregulares promovem um aumento da concentração das águas pluviais refletindo em processos erosivos e de ravinamento.

Concluem afirmando que:

“controlar e prevenir a erosão são desafios extremamente necessários para que se possa garantir a expansão dos núcleos urbanos e das atividades econômicas da região. Assim, o conhecimento do meio físico, suas características e funcionamento são imprescindíveis tanto para o controle quanto para a prevenção dos fenômenos erosivos, permitindo uma ocupação mais adequada e segura”.

2.4 O Papel da vegetação na conservação dos solos

A vegetação é um elemento natural responsável por proteger o solo dos agentes intempéricos e garantir sua ampla conservação, regulação e produtividade, além de fornecer recursos e abrigos a espécies animais. A falta de conscientização de que a fertilidade desse recurso pode ser finita faz com que haja necessidade de um manejo adequado para sua manutenção.

Quando ainda protegidos pela cobertura vegetal primária, os solos são pouco afetados pela erosão. Na região do Arenito Caiuá, principalmente no município de Florai, com a retirada da floresta nativa a partir da segunda metade do século XX para a implantação de culturas, especialmente de café e algodão, verificou-se uma rápida degradação dos solos, tanto em termos de perdas da fertilidade química, incluindo diminuição dos níveis de matéria orgânica, como também em relação à erosão hídrica, responsável pela remoção parcial do horizonte A de alguns solos e pelo aparecimento de enormes voçorocas, e, em relação à erosão eólica, responsável pelo transporte das partículas finas (PEREIRA et al, 1994).

Segundo Bertoni e Lombardi (1999), o efeito da vegetação na preservação do solo pode ser assim enumerado:

- proteção direta contra os impactos das gotas de chuva;
- dispersão da água, interceptando-a e expondo-a antes que atinja o solo;
- decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água;
- melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção da água;
- diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

Além disso, a vegetação é responsável por fornecer matéria orgânica e húmus ao solo, o que lhe garante uma boa fertilidade química, melhora a porosidade e a capacidade de retenção da água.

Para Primavesi (1988), a matéria orgânica é responsável por fornecer ao solo:

- substâncias que agregam o solo, possibilitando uma estrutura grumosa e bioestrutura estável à ação das chuvas;

- ácidos orgânicos e álcoois, durante sua decomposição, e que servem de fonte de carbono aos microrganismos responsáveis pela fixação de nitrogênio;
- possibilidade de vida aos microrganismos, especialmente os fixadores de nitrogênio, que produzem substâncias de crescimento que favorecem o desenvolvimento vegetal;
- alimento aos organismos existentes e atuantes na decomposição, produzindo antibióticos que protegendo as plantas e contribuindo à sanidade vegetal;
- substâncias intermediárias produzida em sua decomposição, que, ao serem absorvidas pelas plantas, aumentarão o crescimento.

Com o intuito de garantir sua subsistência, o homem retira a maior parte do manto vegetal que cobre o terreno para, em seu lugar, realizar uma exploração expondo o solo à ação direta da água da chuva e/ou vento que, pela ação erosiva provoca o seu desgaste, portanto, a perda de nutrientes indispensáveis às culturas.

Quando se deposita em um terreno coberto com densa vegetação, a gota de chuva se divide em inúmeras gotículas, diminuindo também sua força de impacto. Em terreno descoberto, ela faz desprender e salpicar as partículas de solo, que são facilmente transportadas pela água (BERTONI e LOMABARDI, 1999).

De acordo com Pereira et al (1994), existem algumas estratégias técnicas e operacionais para enfrentar os problemas que envolvem o uso, o manejo e a conservação dos recursos naturais, com ações de enfoque global e abrangente, garantindo a utilização de tecnologias que combatam estes problemas em todas as fases, concentradas em quatro grandes linhas:

- aumento da cobertura vegetal do solo, visando reduzir a energia do impacto das gotas da chuva;
- aumento da infiltração da água no perfil do solo, visando reduzir o escoamento superficial e promover maior disponibilidade de água;
- controle do escoamento superficial, visando reduzir os efeitos erosivos da água, evitando o transporte do solo para os mananciais;
- controle da poluição, visando reduzir a contaminação dos mananciais por agroquímicos.

O aumento da cobertura do solo leva a uma proteção maior contra a desagregação das partículas, reduzindo os processos erosivos e contribuindo para aumentar a infiltração da água no solo. As práticas de recuperação das qualidades físicas do solo, tais como a descompactação da camada adensada, o preparo correto do solo, a adubação verde e orgânica, associadas às estruturas de infiltração forçada de água no solo, tais como os terraços e caixas de retenção, levam a uma taxa maior de infiltração da água no solo e menor escoamento superficial, o que também contribui para a regularização das vazões médias dos mananciais (PEREIRA et al, 1994).

A manutenção da cobertura vegetal significa a conservação de toda proteção existente e necessária ao solo contra os agentes atuantes que afetam e degradam suas estruturas.

2.5 Caracterização do Método do Perfil Cultural

Define-se Perfil Cultural como “*o conjunto constituído pela sucessão de camadas de terra individualizadas pela intervenção dos implementos de trabalho, pelo comportamento das raízes e pela influência dos fatores naturais (principalmente o clima)*”. Considera a ação humana direta, finalizada, limitada no tempo e muitas vezes repetida, para elaborar diagnósticos e prognósticos do sistema solo-planta (MANICHON e GAUTRONNEAU, 1996).

A metodologia do Perfil Cultural tem como objetivos evidenciar as características das diversas camadas constituintes do terreno, examinar a maneira pela qual essas são exploradas pelas raízes e avaliar, na medida do possível, as causas da sua diferenciação (HÉNIN, 1976).

Esta metodologia foi elaborada na França na década de 1960 por Hénin e, posteriormente, adotada e adaptada para aplicação em solos tropicais, por Tavares Filho et al (1999).

Manichon e Gautronneau (1996) afirmam que a importância da utilização do Perfil Cultural refere-se principalmente:

- como instrumento de avaliação de potencialidades agronômicas, ou seja, possibilita identificar rapidamente os principais problemas agronômicos referentes à dependência das operações de cultivo;
- como instrumento de ajuda para as decisões, considerando os efeitos observáveis ou previsíveis das operações de cultivo sobre o estado estrutural e, portanto, sobre o enraizamento, podendo, posteriormente, fazer recomendações relacionadas a implementos, arranjos ou ações de correção;
- como instrumento de diálogo com o agricultor, uma vez que possibilita um maior contato entre pesquisador-proprietário, permitindo, assim, detectar os possíveis problemas;
- como instrumento para os pesquisadores na aquisição de referências agronômicas, possibilitando concluir sobre os efeitos das ações sobre o solo e no desenvolvimento da vegetação;
- como instrumento de conselho para o trabalho do solo, pois resulta em um diagnóstico confiável, o qual permite elaborar uma recomendação de formas de trabalho do solo.

A descrição do Perfil Cultural é realizada a partir da abertura de trincheiras e da observação da organização e da morfologia das estruturas do solo nos diferentes horizontes do perfil (TAVARES FILHO et al, 1996). Para tanto, as trincheiras são abertas transversais ao sentido do trabalho do solo pelos implementos agrícolas, com vistas a detectar as modificações estruturais provocadas no solo. A terra é retirada de forma que se preservem totalmente a superfície e as laterais dos perfis a serem avaliados. Além disso, é necessário que as trincheiras sejam abertas sempre na mesma posição do relevo, quando possível, para que não sofra influência da característica física local, principalmente quando o objetivo do estudo é comparar sistemas.

O método consiste na delimitação dos volumes antropizados distintos, tanto em profundidade como lateralmente, a partir da descrição de critérios pedológicos, tais como: forma; tamanho e distribuição dos elementos estruturais; presença ou ausência de poros visíveis a olho nu e continuidade destes; forma e dureza de

agregados e torrões; umidade; textura; cor; raízes e sua distribuição; atividade biológica, etc.

É uma classificação piramidal realizada em dois níveis:

Na primeira etapa descreve-se o modo de organização do perfil considerado (Quadro 2) diferenciando-se os volumes de solo visualmente alterados pelo manejo agrícola (AM) do visualmente não alterado pelo manejo agrícola (NAM), para em seguida, descrever cada tipo de organização dos volumes (AM), com a maior riqueza de detalhes possível.

Quadro 2: Modos de organização do perfil de solo

Nível de Análise	Simbologia	Definição
I	AM	Volume de solo visivelmente alterado pelo manejo, isto é, pelo maquinário agrícola e pelas raízes.
	NAM	Volume de solo visualmente não alterado pelo manejo.
II	L	Volume de solo livre, solto, constituído por terra fina, solo pulverizado, agregados e torrões de tamanhos variados (0 a 10cm) sem nenhuma coesão. Comum na superfície dos solos trabalhados. Pode apresentar raízes em grandes quantidades, bem ramificadas, não achatadas e não tortuosas, orientadas em todas as direções. A estabilidade em água e a coesão a seco entre agregados desse volume de solo são nulas, mas a estabilidade e a coesão dos agregados podem ser altas. A porosidade a olho nu é importante.
	F	Volume de solo fissurado, em que a individualização de torrões é facilitada pela fissuração, sendo estes de tamanhos variados. Quando presentes nesse volume, as raízes se desenvolvem preferencialmente entre os torrões, nas fissuras existentes. Podem ser bem ramificadas e orientadas em todas as direções, mas normalmente apresentam aspecto achatado. A porosidade é essencialmente fissural.
(Somente para volume AM)	Z	Volume de solo formado essencialmente de estrutura laminar. As raízes quando presentes nesse volume são tortuosas e com desenvolvimento horizontal. Normalmente não são ramificadas e, além da tortuosidade, apresentam aspecto bem achatado.
	C	Volume do solo em que os elementos (agregados e terra fina) estão unidos, formando um volume bastante homogêneo, com aspecto de estrutura maciça, sendo impossível a individualização de torrões a olho nu. Pode apresentar raízes em grandes quantidades, bem ramificadas, não achatadas e não tortuosas, orientadas em todas as direções, quando o volume não for compacto, e, ou, não ramificadas, achatadas e tortuosas, orientadas horizontalmente, quando o volume for compacto. A porosidade é essencialmente de empilhamento de agregados, podendo apresentar cavidades arredondadas e, ou, poros tubulares.

Elaboração: Tavares Filho et al (1999)

Na segunda fase (Quadro 3), descreve-se o estado interno dos torrões presentes nos diferentes modos de organização do volume do solo mobilizado. Nessa descrição, considera-se a estrutura dos agregados, a porosidade, a estabilidade em água, a coesão a seco, as faces de ruptura e o enraizamento.

Quadro 3: Estado interno dos torrões presentes nos diferentes modos de organização do volume de solo antropizado

Nível de Análise	Simbologia	Definição
III	μ (Agregado não compacto)	Estado interno dos torrões caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura interna e externa porosa, fácil de ser observada a olho nu, com predominância de poros tipo amontoamento de agregados. Normalmente, apresenta intra e entre agregados, bem ramificadas, não achatadas, com orientação vertical não prejudicada pela compactação. As faces de ruptura são rugosas e a coesão a seco é pequena.
	Δ (Agregado compacto)	Estado interno de torrões compactados, caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura angulosa (poliédrica, cúbica ou prismática), devido à forte pressão externa, com uma porosidade visível a olho nu muito pouco desenvolvida, com predominância, quando existir, de poros tubulares e, ou, cavidades arredondadas, podendo existir fissuras. Quase não apresenta raízes e estas, quando presentes, possuem poucas ramificações. São achatadas, com orientação vertical prejudicada pela compactação. As faces de ruptura são principalmente lisas e a coesão a seco é muito elevada.
	$\mu\Delta / \Delta\mu$ (Agregado mais ou menos compacto)	Estado intermediário entre agregados compactos e não compactos, com duas possibilidades: 1) Estado ($\mu\Delta$): agregados que estão em processo de compactação, mas que ainda guardam predominantemente as características do estado não compacto μ sobre as características do estado compacto Δ (definidos acima); 2) Estado ($\Delta\mu$): agregados que estão bem compactos, mas que ainda guardam algumas características do estado não compacto μ (definido acima)

Elaboração: Tavares Filho et al (1999)

A interpretação dos perfis privilegia as técnicas culturais adotadas, objetivo da avaliação, e a relação que há entre a organização estrutural encontrada e o desenvolvimento das raízes da cultura.

2.5.1 Exemplos de aplicações

Por se tratar de uma metodologia recente no Brasil existem poucos trabalhos publicados que apontem os resultados da aplicação do método do Perfil Cultural. Porém, a escassa bibliografia não impede que alguns trabalhos que apresentam resultados plausíveis sejam aqui citados, uma vez que esse método tem se caracterizado como importante ferramenta para estudo dos processos de degradação dos solos.

De acordo com Blic (1989) a análise da organização macroestrutural do solo em seus diferentes níveis fornecida pelo Perfil Cultural, associada à estreita aproximação morfológica e medidas físicas, possibilita compreender as relações existentes entre técnicas culturais, funcionamento do solo e comportamento das espécies vegetais.

Com o intuito de testar o método, Tavares Filho et al (1999), realizaram estudos para verificar os efeitos dos implementos agrícolas aplicados em latossolos argilosos submetidos ao cultivo de citrus durante nove anos. Concluíram que na maior parte do solo analisado a estrutura tende à compactação, sendo que, em alguns pontos as estruturas encontram-se bem compactas, se comparadas à área de mata natural. Isso se deve, possivelmente, ao tráfego de máquinas agrícolas no local.

Segundo os autores esse método mostra-se eficiente no diagnóstico qualitativo do estado físico dos solos no campo, na orientação de amostragem de solos, nos estudos dos efeitos da antropização, na visualização das interações físicas, químicas e biológicas dos solos, nos estudos de mecânica do solo no campo e no estudo da organização estrutural de solos agrícolas, além de auxiliar na análise do sistema radicular.

Ralisch et al (1994)⁵, utilizaram o Perfil Cultural visando analisar os efeitos causados pela semeadura direta, pelo preparo convencional e pela gradagem pesada sobre as condições físicas e enraizamento de culturas, e concluíram que a eficiência do método aumenta se aliado a ele forem realizadas análises de amostras retiradas a partir das estruturas observadas no perfil, possibilitando assim, que se chegue a conclusões mais seguras.

⁵ In Tavares Filho, et al (1999).

No ano de 1995 Ralisch comparou a estrutura de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo com a de um sob floresta de pinus e observou que o processo de semeadura direta ocasionou compactação com até 50cm de profundidade, enquanto que o sistema de preparo com arado de aivéas proporcionou melhores condições para o enraizamento do trigo, uma vez que a camada do solo apresentava-se fissurada (TAVARES FILHO et al, 1999).

Em estudos realizados no Triângulo Mineiro visando avaliar as modificações morfológicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso sob pastagem, Fregonezi et al (2001), constataram que o método do Perfil Cultural permitiu identificar as diferenciações decorrentes do trabalho do solo, compreender os processos de compactação, relacionar a distribuição de raízes com o comportamento estrutural e identificar problemas de infiltração e de alimentação hídrica de plantas, sendo, portanto, recomendável a sua utilização em avaliações morfológicas de solos cultivados com pastagens.

Ao analisar o comportamento de dois latossolos (distrófico e eutrófico) submetidos ao sistema de semeadura direta e preparo com arado de aivéas, Tavares Filho et al (1999), demonstraram, com o auxílio do Perfil Cultural, que o tipo de preparo que fornece as melhores condições físicas ao solo pode ser diferente em razão do solo, uma vez que para o solo distrófico a semeadura direta forneceu as melhores condições de porosidade, enquanto que no eutrófico o arado de aivéas propiciou porosidade mais significativa.

Muller et al (2001), preocupados com a conversão de florestas em áreas agrícolas sem os devidos planejamentos e práticas de conservação do solo, realizaram estudos na Amazônia visando avaliar a relação entre a degradação de pastagens de colônia manejadas com queima, e as modificações das propriedades físicas e morfológicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo, tendo como referência uma reserva de mata nativa para análise comparativa.

Concluíram que o uso do método do Perfil Cultural foi eficiente, uma vez que permitiu verificar as modificações morfológicas do solo nas suas diversas camadas, indicando qual delas apresenta maior nível de degradação de sua estrutura, que nesse caso ocorreram somente na camada superficial (L), onde se verificou aumento da

densidade do solo e diminuição da porosidade total, aliada à diminuição do número de raízes no perfil e de uma concentração do sistema radicular próximo à superfície.

Em trabalho realizado no Distrito de Iguatemi (Maringá-PR), numa área de contato entre duas litologias diferenciadas (basalto da Formação Serra Geral e arenito da Formação Caiuá), Czuy et al (2004), aplicaram o método do Perfil Cultural na análise comparativa entre solos submetidos a diversos usos (mata nativa, reflorestamento, café, soja e milho) visando identificar qual cultura é responsável pelo maior índice de degradação das propriedades físicas do solo. Os autores constataram que a área de mata nativa encontra-se em equilíbrio pedológico, visto que suas estruturas não apresentam sinais de alteração desencadeada pelo manejo do solo. A compactação é inexistente e não há sinais de erosão no local.

Na área de reflorestamento, apesar do solo não apresentar sinais de compactação em sua estrutura, foi verificada a ocorrência de pequenos sulcos nas imediações à trincheira, bem como ausência da camada de folhas e material grosseiro na superfície do solo.

No perfil descrito sob pastagem foi possível perceber que o volume superficial (A) apresenta sinais de compactação, porém, não se encontra em estágio avançado, o que indica que o pisoteio de animais sobre a superfície não afeta profundamente a estrutura do solo como afirma a bibliografia, mas causa formação de erosão em sulcos no local. À medida que as culturas se modernizam e aderem aos novos implementos e maquinários agrícolas, a desestruturação dos solos vai se acentuando, o que é visível principalmente nas áreas destinadas ao cultivo de soja e milho.

Nestes locais o solo já apresenta estágio de compactação avançado, uma vez que os volumes B e C também apresentam sinais de desestruturação das partículas, não se restringindo apenas ao horizonte superficial, como aconteceu no perfil realizado sob pastagem. É visível, portanto, que o manejo é responsável por esta alteração, pois o local é constantemente submetido à mecanização agrícola, que além de compactar o solo contribui para a ação da erosão laminar e linear no local.

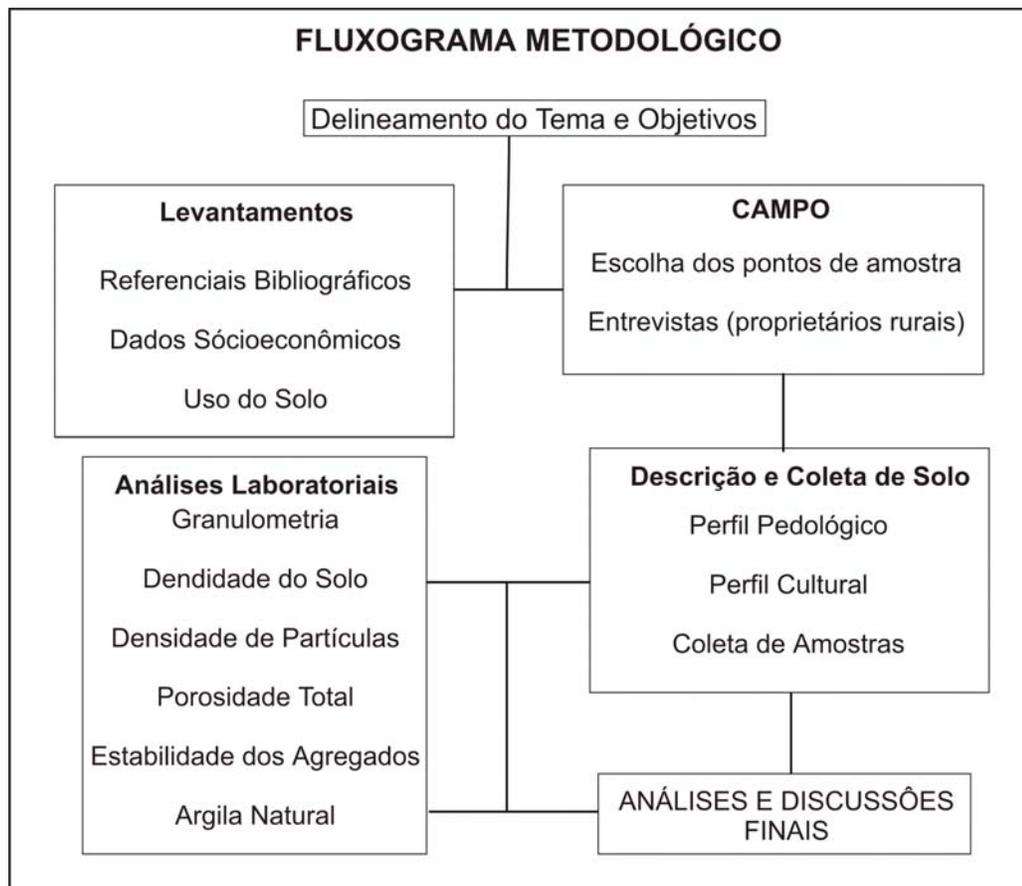
O cultivo de café, apesar de ser realizado em menor escala na Fazenda Experimental de Iguatemi e não contar com uso de máquinas pesadas sobre o solo apresenta indícios de degradação em sua estrutura, iniciando a partir do horizonte B,

visto que a camada superficial encontra-se removida, e mantendo-se nos demais horizontes, diminuindo o grau de compactação a partir do volume D.

Hénin (1976), afirma que “o exame do perfil cultural é uma análise imediata, que pode e deve ser completada por determinações tão precisas quanto possível. Estas poderão ser do domínio da física, da química, ou mesmo da mineralogia ou da biologia”.

Portanto, a partir da sintetização destes trabalhos, é possível constatar que a utilização do Método do Perfil Cultural em estudos para avaliar o comportamento das condições físicas da cobertura pedológica quando submetida a diversas culturas, possibilita bons resultados.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO



Após definir o tema da pesquisa, numa primeira etapa, foram estabelecidos os objetivos a serem seguidos, levantados os materiais bibliográficos sobre o assunto e obtidos dados socioeconômicos da área de estudo junto á órgãos específicos, como EMATER, IAPAR, IBGE, Prefeitura Municipal de Florai, entre outros, para construir, assim, um referencial de apoio, bem como adquirir novos conhecimentos relacionados ao tema.

Em seguida, com o intuito de realizar um diagnóstico preliminar da área, foram efetuadas saídas de campo aliadas à registros fotográficos para, posteriormente estar adaptando a base cartográfica.

Na terceira etapa foram eleitas as culturas a serem consideradas e os locais para descrição dos perfis culturais, priorizando o mesmo tipo de solo e a mesma posição na vertente.

A quarta fase refere-se ao período de descrição dos Perfis Culturais, o qual abrangeu varias saídas de campo onde, além da descrição das características físicas, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas dos solos para posterior análise laboratorial. Aliado a isso foram realizadas entrevistas com os proprietários das localidades onde estão situadas as trincheiras para, dessa forma, obter as informações necessárias para completar e enriquecer os estudos.

Enfim, numa última etapa, foram executadas as análises laboratoriais. Para tanto, utilizou-se o Laboratório de Pedologia do departamento de Geografia, o Laboratório do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) e o Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Estadual de Maringá.

3.1 Métodos e Técnicas

3.1.1 Construção da base cartográfica

A base cartográfica foi construída a partir da Folha Topográfica SF-22-Y-D-I-3 do IBGE (1972), escala 1: 50.000 e, posteriormente, atualizada com dados obtidos no campo. A partir dela, com o auxílio dos *softwares* AutoCAD Map 2000 e Corel Draw 10, foram elaborados os mapas de localização, hidrografia e uso do solo.

A carta de uso e ocupação do solo foi baseada na imagem de satélite Landsat (EMBRAPA,1999) e está dividida em cinco classes de usos: solo exposto no basalto, solo exposto no arenito, culturas temporárias, vegetação original e/ou alterada e pastagens.

3.1.2 Tratamento dos dados climáticos

Os dados referentes ao comportamento climático do município, principalmente a temperatura, foram obtidos a partir da Estação Climatológica do IAPAR – SIMEPAR em Paranaíba, visto que Florai possui somente uma estação pluviométrica pertencente à Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento (SUDERHSA). Considerou-se as séries históricas dos anos de 1975 a 2004, as quais foram utilizadas para a confecção do balanço hídrico climatológico (Método de Thornthwaite e Mather, 1995)⁶.

Além disso, foram eleitos os anos de 1982-1983 e 1985, considerados anos expressivos de El Niño e La Niña, para estar relacionando com a safra agrícola no município, visando verificar se as condições climáticas interferiram na produtividade local e, conseqüentemente nas propriedades físicas dos solos.

3.1.3 Descrição morfológica da cobertura pedológica

Os estudos pedológicos e as descrições dos perfis em diferentes usos tiveram como objetivo indicar as características morfológicas dos horizontes superficiais, bem como suas possíveis alterações. Para tanto, foram seguidas as normas contidas em Lemos e Santos (1996).

⁶ Método aplicado através da planilha no software Excel elaborada por Sentelhas, *et al* (1999).

3.1.4 Descrição do perfil cultural

A descrição dos perfis culturais obedeceu à metodologia proposta por Hénin (1976), adaptada por Tavares Filho et al (1999), baseada na análise visual, no estado interno dos torrões e no modo de organização externo dos volumes de solo.

Foram selecionadas cinco culturas diferentes, sendo que a mata nativa foi o parâmetro utilizado para as posteriores comparações com as demais culturas (café, soja, laranja e pastagem).

3.1.5 Dados socioeconômicos

Os dados referentes aos aspectos sociais e econômicos do município foram obtidos junto a órgãos especializados como IBGE, EMATER, SEAB, DERAL e Prefeitura Municipal de Florai.

3.1.6 Análises de laboratório

Um solo quando degradado apresenta características visuais que o diferenciam de uma cobertura pedológica preservada. Porém, para que esses dados tenham resultados plausíveis é necessário que, aliado ao estudo visual, sejam realizadas análises em laboratório, para estar assim comprovando os dados verificados no campo.

A fase correspondente às análises laboratoriais tem por objetivo confirmar se as propriedades físicas dos solos estão ou não sendo afetadas pelo manejo agrícola da mesma forma como é visto no campo.

3.1.6.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada em amostras coletadas nos horizontes A e B das trincheiras do perfil pedológico, e tem por objetivo quantificar a distribuição do tamanho de partículas numa amostra de solo (JORGE, 1985).

No laboratório, a determinação da composição granulométrica baseia-se no peneiramento da fração areia e na velocidade de sedimentação das partículas em água para determinação da argila.

O resultado dessa análise foi tabulado e transportado para o *software Grapher* para posterior representação da distribuição das frações granulométricas no perfil de cada uso do solo considerado.

3.1.6.2 Densidade do solo

Entende-se por densidade o peso seco de um volume determinado do solo, incluindo os espaços ocupados pelo ar e pela água. Jorge (1985) afirma que ela é variável e depende da estrutura e da compactação do solo. Assim, quanto menos estruturado e mais compactado é o solo, maior é sua massa específica aparente.

Azevedo e Dalmolim (2004), afirmam que a tendência é o aumento da densidade do solo nos pontos mais profundos do perfil, porque o peso dos horizontes de cima comprime os de baixo.

Para medir a densidade do solo foi cravado um anel de PVC (anel volumétrico) com volume de 100cm³ em cada volume do perfil cultural. Para tanto, foi usada uma ferramenta que se apóia nas bordas do anel onde se exerce uma força com o martelo para que o anel se aprofunde no solo (EMBRAPA, 1997). Depois, com o auxílio de uma faca, foi retirada a porção do solo que contém o anel, limpado o excesso de solo no seu exterior e, em seguida, a amostra foi acondicionada em um saco plástico próprio para ir direto à estufa, de modo a manter algumas características do volume coletado.

No laboratório a amostra foi pesada, colocada em uma estufa a 105° C por 24 horas e, depois, tomado o peso seco. Em seguida, foi descontado o peso do recipiente obtendo, então, a massa ou peso do solo seco. A densidade do solo foi calculada:

$$D_s = (MSS/VS)$$

MSS: corresponde à massa de solo seco;

VS: volume do solo, que é igual ao volume interno do anel (100cm³).

Foram realizadas duas repetições para cada amostra. Como a massa é medida em gramas e o volume em centímetros cúbicos, a densidade é fornecida em g/cm³.

3.1.6.3 Densidade de partículas

Corresponde à densidade da fase sólida do solo, portanto, não leva em conta a porosidade. Depende apenas da composição mineralógica do solo e da matéria orgânica presente.

O método utilizado para medir a densidade de partículas é o do balão volumétrico, também chamado de picnômetro (ABNT 6508, 1984). Assim, foram utilizadas 60 gramas de solo seco em estufa e colocado em um recipiente com água destilada em quantidade suficiente para completa imersão do material. Depois de 12 horas a amostra foi transferida para o copo de dispersão e acrescentou-se água destilada até cerca da metade do volume do copo, em seguida foi dispersada durante 15 minutos. Após esse tempo a amostra foi transferida para um picnômetro, completando com água destilada até a metade do seu volume, quando foi aplicado vácuo de 88 kPa, durante 15 minutos para, posteriormente, adicionar água destilada até 1cm abaixo da base do gargalo e aplicar nova pressão de vácuo durante o mesmo intervalo de tempo. No outro dia, foi adicionada água destilada no picnômetro até que a base do menisco coincidissem com a marca de referência. Depois, o conjunto picnômetro + solo + água foi pesado para, posteriormente, calcular a massa específica dos grãos.

Para calcular a densidade das partículas foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\delta = \frac{M_1 \times 100 / (100 + h)}{\{M_1 \times 100 / (100 + h)\} + M_3 - M_2} \times \delta_T$$

δ = massa específica dos grãos do solo, em g/cm^3 ;

M_1 = massa do solo úmido;

M_2 = massa do picnômetro + solo + água, na temperatura T de ensaio;

M_3 = massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência, na temperatura T de ensaio;

H = umidade inicial da amostra;

δ_T = massa específica da água, na amostra T de ensaio, obtida em tabela.

Vale lembrar que a massa específica dos grãos para a maioria dos solos está compreendida entre 2,6 a 2,8 g/cm^3 .

3.1.6.4 Porosidade do solo

Os poros do solo apresentam formas e tamanhos variados, é por eles que circulam o ar e a água. Assim, quanto mais compactado estiver o solo menor será a sua porosidade total.

A porosidade total do solo representa a porção do volume do solo não ocupada por partículas sólidas, e pode ser desdobrada em macro e micro porosidade.

É estimada a partir de um cálculo entre a densidade do solo e a densidade das partículas (EMBRAPA, 1997):

$$PT (\%) = 1 - (D_s/D_p) \times 100$$

Onde PT (%) corresponde à porosidade total em porcentagem do volume do solo; D_s significa a densidade do solo e D_p a densidade de partículas.

3.1.6.5 Estabilidade dos agregados por via seca

Visando uma caracterização mais completa do comportamento da estrutura do solo, foi realizada a análise da estabilidade dos agregados, considerando a grande importância em avaliar a maior ou menor resistência dos agregados às ações dos trabalhos desenvolvidos sobre os solos.

A determinação da porcentagem de agregados por via seca foi realizada a partir do Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997).

Para tanto, as amostras foram coletadas na profundidade de 0-15cm, uma vez que trata-se da análise do comportamento superficial dos agregados.

Foram utilizadas 100 gramas de amostra de solo seca ao ar e passada em peneira 8mm de malha, as quais foram postas na parte superior do jogo de peneiras de 2,0 – 1,0 – 0,59 – 0,250 e menor que 0,250mm de malha e de 20cm de diâmetro. Em seguida a amostra foi agitada por 10 minutos a 30 vibrações por minutos. Os agregados retidos em cada uma das peneiras foram transferidos para vasilhas numeradas e de peso conhecido, em seguida foram colocados na estufa por 12 horas para determinar o peso a seco a 105° C.

O cálculo do diâmetro médio ponderado de agregados, em porcentagem, foi obtido por peneiras.

$$\% \text{ de TFSA de agregados} = \frac{100 \times \text{peso dos agregados secos a } 105^{\circ} \text{ C}}{\text{peso da amostra seca a } 105^{\circ} \text{ C}}$$

Para calcular o diâmetro médio ponderado (DMP) foi utilizada a seguinte equação somatória:

$$\text{DMP} = \sum (\text{Cmm} \times \text{P})$$

Cmm = centro das classes de tamanho dos agregados

P = proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao peso da amostra.

Vale lembrar, que essa análise foi realizada por volume de cada uso do solo, sempre de 0-15cm, e o ensaio foi repetido três vezes para cada ponto coletado.

3.1.6.6 Argila natural

O objetivo dessa análise foi avaliar o teor de argila que pode ser mobilizado pela água. Para tanto, os procedimentos obedeceram a Camargo (1986), que propõe a utilização de 10 gramas de terra fina, a qual é colocada em um becker de 250ml com 100ml de água destilada e deixada em repouso durante uma noite.

Em seguida a amostra foi agitada durante 10 minutos, passada em peneira de 0,053mm de malha. As areias foram lavadas em provetas e o volume completado com água até atingir 1000ml, quando, então, a amostra foi agitada por um minuto para, depois, pipetar 10ml a 5cm de profundidade.

Para calcular a porcentagem de argila dispersa em água utilizou-se a seguinte fórmula:

Porcentagem de argila (%) = peso da argila x 1000.

É importante ressaltar que não foi possível realizar a análise do grau de floculação e nem do grau de dispersão, uma vez que o valor da argila total referiu-se apenas aos horizontes A e B das culturas, enquanto que a argila dispersa foi realizada para todos os volumes obtidos no perfil cultural, impossibilitando a correlação dos dados.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Descrição dos Perfis Culturais

As descrições morfológicas dos perfis culturais foram realizadas em áreas de topos e média-alta vertentes, locais de ocorrência dos Latossolos Vermelho distróficos, textura média, desenvolvidos sobre o arenito Caiuá.

Perfil 1: Mata Nativa

O perfil realizado sob a mata nativa (Figura 10), localiza-se próximo à área urbana de Florai, onde o relevo apresenta-se suavemente ondulado, vertente convexa-retilínea, posicionado na média-alta vertente, ao contrário dos demais perfis

que localizam-se no topo, numa altitude de 480m. Possui drenagem interna boa, permeabilidade boa e ausência de feições erosivas.

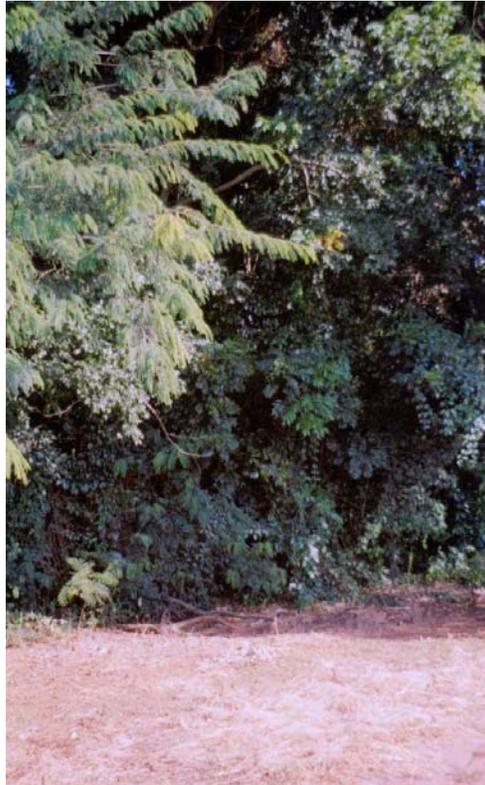


Figura 10: Vista parcial da área de mata nativa em Latossolo Vermelho Distrófico

O perfil representado pela Figura 11 apresenta 1 metro de largura por 50cm de profundidade e caracteriza-se por possuir três volumes diferenciados, porém, com características morfológicas semelhantes.

A camada O (0-5cm) é formada por restos de vegetais decompostos e semidecompostos, de cor escura e esbranquiçada, raízes e cascas abundantes, e grande quantidade de organismos vivos no contato com o volume 1.

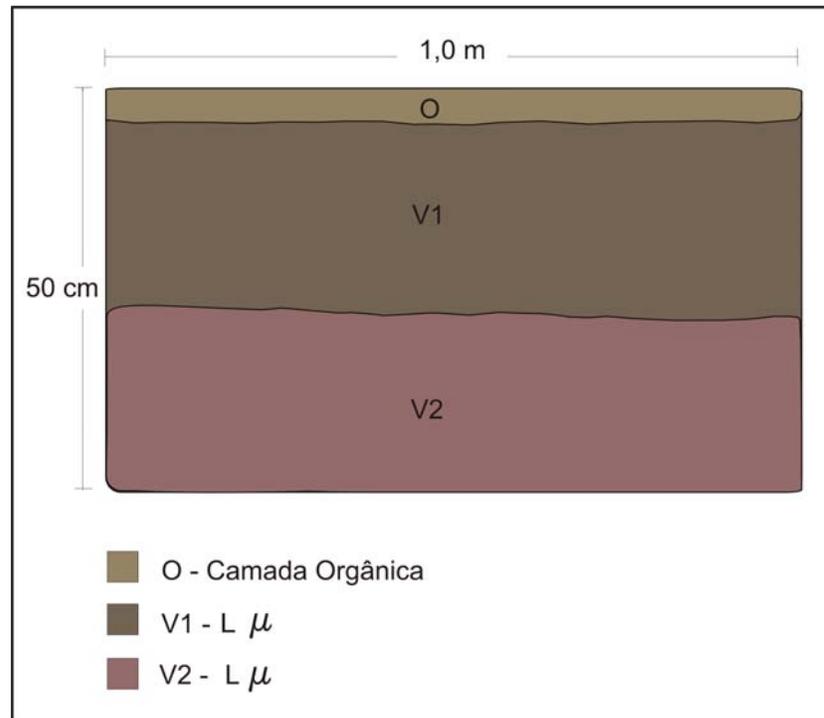


Figura 11: Perfil Cultural realizado Sob Mata Nativa

O volume V1 (0-24cm) apresenta cor bruno-avermelhado escura (2,5 YR 2,5/4); textura arenosa; estrutura em bloco granular, pequena, média, moderada; consistência não plástica e não pegajosa; porosidade abundante (mais de 30%) tipo tubular; atividade biológica e raízes abundantes.

O volume V2 (24-50cm +) apresenta coloração vermelho-escura (2,5 YR 3/6); textura areno-argilosa; estrutura em bloco microgranular que se desfaz em microagregado; consistência macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; porosidade tubular abundante com 2 a 3mm de diâmetro; atividade biológica abundante e raízes finas, médias, com até 5cm de diâmetro, principalmente pivotantes.

Trata-se de volumes visualmente não alterados pelo manejo (NAM) onde o solo encontra-se livre e solto, constituído por terra fina, agregados e torrões de tamanhos variados sem nenhuma coesão (L). O estado interno dos torrões é caracterizado por uma distribuição de agregados não compactos, com estrutura interna e externa porosa (μ).

Apesar de ter sido realizada em época de veranico, a descrição desse perfil mostrou que existe um equilíbrio entre a cobertura pedológica e seu uso, uma vez que é visível que a estrutura do solo não se encontra alterada e também não há sinais de erosão nas imediações à trincheira.

Perfil 2: Pastagem

O ponto escolhido para análise do solo sob o uso da pastagem (Figura 12) está localizado no distrito de Nova Bilac, a cerca de 15km de Florai. Apresenta relevo com colinas suavemente onduladas, topo plano e vertentes de perfil convexo.



Figura 12: Vista da área de pastagem

De acordo com o proprietário, a propriedade foi adquirida no ano de 1960 quando a família chegou do município de Lavínia no estado de São Paulo. A princípio, foram comprados 60 alqueires da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, onde já havia iniciado o cultivo do café no local. Nesse período, a propriedade contava com cerca de 80 funcionários.

Com a queda da economia cafeeira a família foi obrigada a diversificar a produção e diminuir o número de trabalhadores na área. A partir de 1990 o café passou a ser totalmente substituído pelo cultivo da soja, da amora e pela criação extensiva de gado.

Atualmente, a propriedade possui 20 alqueires que estão em processo de arrendamento e conta com o trabalho de apenas duas pessoas, que não moram no

local. A renda da família gira em torno de 3 a 5 salários mínimos obtidos com a venda da produção de cana-de-açúcar para as Cooperativas locais.

No local onde foi aberta a trincheira (Figura 13), a pastagem foi plantada à cerca de 15 anos e em nenhum período do ano o solo fica descoberto. Esse perfil apresentou o maior número de volumes com propriedades dos solos alteradas distribuídas verticalmente (Figura 14).



Figura. 13: Trincheira aberta no cultivo da pastagem

O volume V1 (0-15cm), apresenta coloração bruno avermelhado (2,5 YR 4/4), textura arenosa; estrutura em blocos granulares, pequena, fraca; consistência fraca, muito friável, não plástica, não pegajosa; porosidade comum, tubular; atividade biológica comum; raízes finas e fasciculadas. Trata-se de um volume de solo visualmente alterado pelo pisoteio constante do gado, no qual os agregados encontram-se fissurados (F), com estrutura em processo de compactação, porém, ainda preservando as características do estado não compacto ($\mu\Delta$).

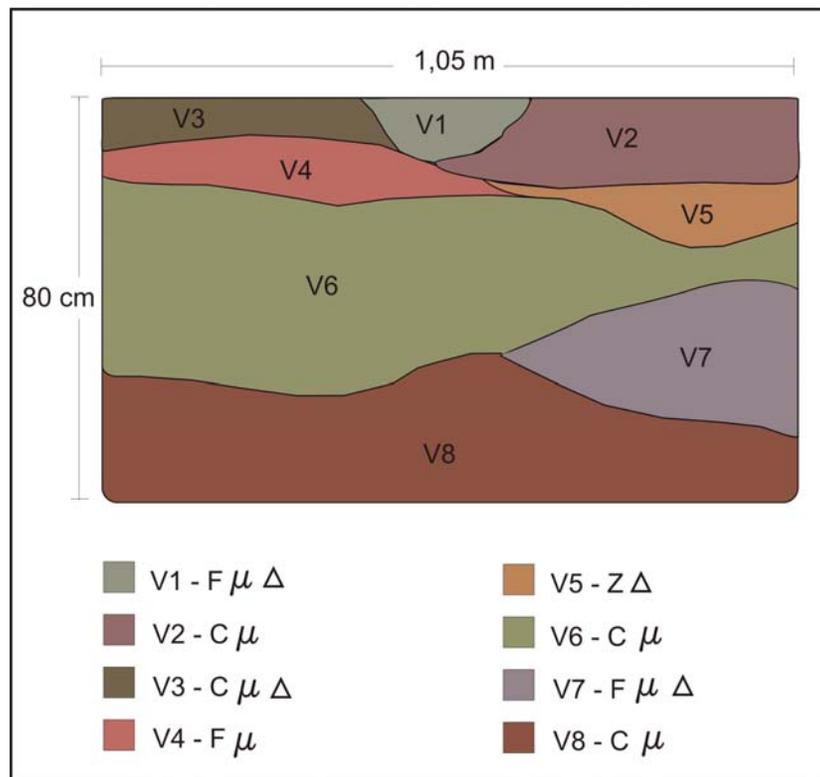


Figura 14: Perfil Cultural sob Pastagem em Latossolo Vermelho Distrófico

Já o V2 (0-18cm), apesar de apresentar a mesma coloração bruno avermelhada (2,5 YR 4/4) e a mesma textura arenosa, apresenta estrutura em blocos granulares a subangulares; consistência friável, não plástica e não pegajosa; porosidade comum, tipo tubular; atividade biológica comum; raízes abundantes finas e fasciculadas. O volume do solo encontra-se visualmente alterado pelo manejo, no qual os elementos (agregados e terra fina) estão unidos, formando um volume homogêneo, com aspecto de estrutura maciça, sendo impossível a individualização dos torrões a olho nu (C). Apresenta raízes em grande quantidade, bem ramificadas, não achatadas e não tortuosas, orientadas em todas as direções, indicando um volume de solo alterado pelas práticas de manejo, porém não compactado (μ).

O volume V3 (0-5cm), apresenta coloração vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); textura arenosa; estrutura em bloco granular, pequena, fraca a moderada; consistência friável, não plástica e não pegajosa; porosidade comum, tubular e fissural; atividade biológica comum com muita fauna; raízes abundantes, finas e fasciculadas. Esse volume, assim como os superiores, está visualmente alterado pelo

manejo, onde os agregados estão unidos, formando um volume bastante homogêneo, com aspecto de estrutura maciça, em processo de compactação, mas ainda preservando algumas características do estado não compacto sobre as características do estado compacto (C μ Δ).

O volume de solo V4 (5-15cm), apresenta coloração vermelho-escura (2,5 YR 3/6); textura arenosa, porém ligeiramente mais argilosos; estrutura em blocos granulares a subangulares, pequena, média, moderada; consistência friável, não plástica e não pegajosa; porosidade tubular, textural; atividade biológica comum; poucas raízes finas e fasciculadas. Trata-se de um volume com alterações visuais de suas propriedades, apresentando estado fissurado, em que a individualização dos torrões é facilitada pela fissuração, as raízes estão desenvolvidas entre os torrões, nas fissuras existentes, com aspecto achatado. O estado interno dos torrões está caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura interna e externa porosa, fácil de ser verificada a olho nu, com predominância de poros tipo amontoamento de agregados (F μ).

O V5 (18-30cm), apresenta coloração variando entre bruno avermelhado-escura (2,5 YR 3/4) e vermelho escuro (2,5 YR 3/6); textura arenosa; estrutura granular, pequena, média, fraca, moderada; consistência friável, não plástica e não pegajosa; pouca porosidade tubular e textural; atividade biológica comum; poucas raízes finas. Essa camada encontra-se visualmente alterada pelas práticas agropecuárias, visto que apresenta um volume de solo formado essencialmente por estrutura laminar, com estado interno dos torrões compactado, caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura angulosa devido à forte pressão externa (Z Δ).

Já o volume V6 (15-45cm), com coloração vermelha (2,5 YR 4/6); textura areno-argilosa; estrutura em blocos microgranulares; consistência friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular e textural; atividade biológica comum; poucas raízes finas, fasciculadas; apresenta um volume de solo com poucas alterações visuais de sua estrutura, onde os agregados e terra fina estão unidos, formando um volume homogêneo, com estado interno dos torrões caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura interna e externa porosa e sem sinais de compactação.

O volume V7 (45-63cm), exibe coloração vermelha (2,5 YR 4/8); textura areno-argilosa; estrutura em bloco subangular moderada; consistência friável, não plástica, não pegajosa, ligeiramente dura; porosidade tubular e fissural; atividade biológica comum; poucas raízes finas fasciculadas. Esse volume encontra-se com sinais visíveis de alterações desencadeadas pelo manejo, onde o solo se apresenta fissurado (F), cuja fissuração facilita a individualização dos torrões. Os agregados estão em processo de compactação, mas ainda mantém algumas características do estado não compacto e as raízes, apesar de poucas, apresentam aspecto achatado ($\mu \Delta$).

O V8 (63-80cm), apresenta coloração vermelha (2,5 YR 4/6); textura areno-argilosa; estrutura em blocos microgranulares; consistência friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular e textural; atividade biológica comum; poucas raízes finas, fasciculadas. Este volume encontra-se com agregado e terra fina unidos, com aspecto de estrutura maciça, mas visualmente sem alterações de suas propriedades desencadeadas pelo manejo e sem sinais de compactação ($C \mu$).

Perfil 3: Café

O Perfil cultural descrito sobre o café (Figura 15), está localizado no sítio Santo Antonio, distrito de Nova Bilac. Assim como os demais perfis, também está situado no topo da vertente convexa, de baixa declividade e altitude aproximada de 460 metros.



Figura 15: Vista parcial da área de café

A propriedade conta com aproximadamente 12,10 hectares, e foi adquirida no ano de 1952, quando a família chegou no interior do estado de São Paulo para cultivar o café, o qual permaneceu até a década de 1980, quando foi substituído pelas pastagens. No entanto, ao perceber que o café era mais rentável, a família voltou ao seu cultivo, a partir dos anos de 1998-99.

Atualmente, na propriedade vivem duas pessoas que obtêm sua renda (três a cinco salários mínimos) somente da agricultura, ao repassar o produto para a agroindústria.

Em épocas de colheita são empregadas cerca de oito pessoas para auxiliar na coleta manual do café, as quais são contratadas em regime temporário.

O proprietário pretende continuar com a plantação, embora enfrente alguns problemas relacionados ao alto custo da produção e aos baixos preços pagos pelo produto final.

Esse perfil evidenciou várias camadas de solos alterados e distribuídos em diferentes volumes (Figura16). O volume A (3-0cm) é composto por areia esbranquiçada solta com restos de folhas e fragmentos de galhos na superfície.

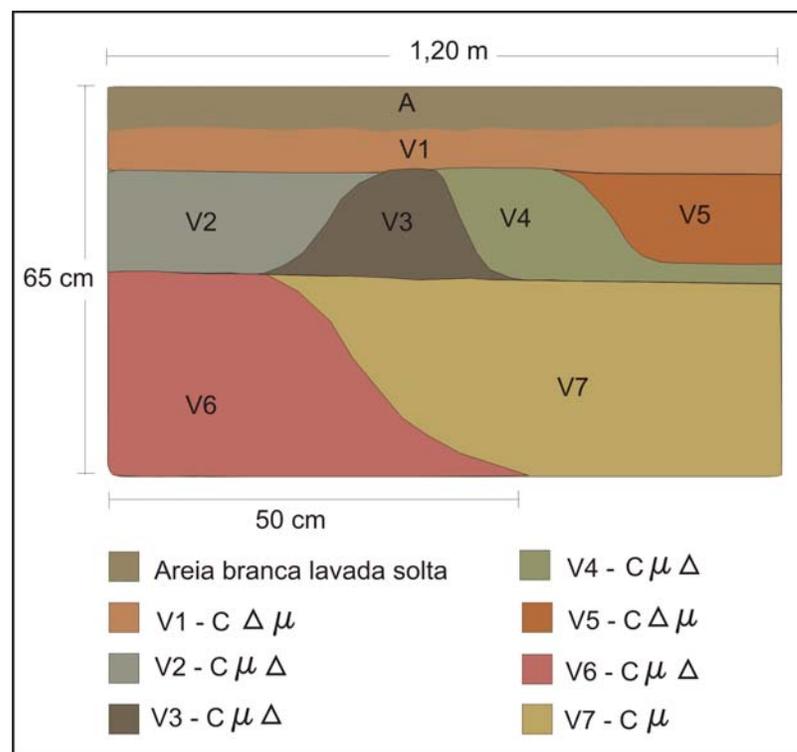


Figura 16: Perfil Cultural realizado sob café em Latossolo Vermelho Distrófico

O volume V1 (3-6cm) apresenta cor vermelho-amarelada (5 YR 4/6), textura arenosa; estrutura em blocos angulares, pequena, fraca; consistência dura, friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular (20-30%) e algumas fissural; manchas de areia lavada; atividade biológica comum e raízes ausentes. Ao realizar a análise visual dessa trincheira foi possível constatar que se trata de um volume de solo alterado pelas atividades de manejo onde os agregados encontram-se unidos, formando um volume bastante homogêneo, com aspecto de estrutura maciça, compactados, mas preservando ainda algumas características do estado não compactado (C Δ μ).

O V2 (6-21cm), de coloração vermelho-escura (2,5 YR 3/6), apresenta textura arenosa; estrutura em blocos angulares, pequena, fraca; consistência fraca, friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular, muito pouco textural, atividade biológica comum e raízes ausentes. Também se encontra alterado pelas práticas de manejo agrícola visto que é possível perceber que os agregado do solo estão unidos, com aspecto de estrutura maciça, refletindo o processo de compactação, uma vez que é inexistente a presença de raízes (C μ Δ).

No volume V3 (6-24cm), foi verificada uma camada de solo com a mesma coloração vermelho-escura encontrada no volume superior (2,5 YR 3/6), textura arenosa, mas com estrutura diferenciada, sendo granular, pequena, fraca; consistência fraca, friável, não plástica, não pegajosa; porosidade abundante (mais de 40 %), tipo tubular; atividade biológica comum e poucas raízes finas pivotantes. Também se trata de um volume de solo com sinais visíveis de alterações em sua estrutura, onde os agregados estão unidos, formando um volume homogêneo, com aspecto de estrutura maciça, ligeiramente compactados (C μ Δ), porém em menor intensidade, visto que nesse volume já consta a presença de algumas raízes.

O V4 (6-26cm) mostra quase as mesmas características presentes nos dois volumes anteriores. Apresenta coloração vermelho-escura (2,5 YR 3/6); textura arenosa; estrutura em blocos granulares a subangulares, pequena, fraca; consistência fraca, friável, não plástica, não pegajosa; porosidade comum tipo tubular (20 %); atividade biológica comum e poucas raízes finas pivotantes. Além disso, esse volume também está visivelmente alterado pelas praticas de manejo e com sinais de compactação de sua estrutura (AM μ Δ).

O volume V5 (6-24cm) apresenta coloração vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); textura arenosa; estrutura em blocos subangulares, pequena, fraca; consistência fraca, friável, não plástica, não pegajosa; pouca porosidade tipo tubular; atividade biológica comum e poucas raízes finas pivotantes. Nesse volume é visível que os agregados estão unidos e bem compactados, preservando, porém, alguns sinais das características não compactadas (C Δ μ). Isso se deve, principalmente, à forma como o solo é trabalhado para plantio, manutenção e colheita.

Na profundidade de 21 a 65cm (+) e cerca de 50cm de comprimento, foi constatada a presença de um volume V6 de cor vermelha (2,5 YR 4/8); textura areno-argilosa; estrutura em blocos subangulares, fraca, com tendência a microagregado, ligeiramente endurecida; consistência fraca, friável, não plástica, não pegajosa; pouca porosidade tipo tubular com algumas alterações; atividade biológica comum e poucas raízes finas pivotantes. Ao analisar esse volume foi possível verificar que não há sinais visíveis de alteração da estrutura do solo desencadeada pelo manejo agrícola, porém os agregados estão unidos, com aspecto de estrutura maciça em processo de compactação (C μ Δ), possivelmente pelo fato de tratar-se de um volume que apresenta textura um pouco mais argilosa, mas que ainda mantém resquícios das estruturas originais, o que indica que a compactação está diminuindo em profundidade.

O volume V7 (29-65cm +) apresenta cor vermelha (2,5 YR 4/6); textura areno-argilosa; estrutura em blocos microgranulares, típico de latossolos; consistência friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular com algumas alterações; atividade biológica comum e raízes ausentes. Não apresenta alterações de estrutura desencadeadas pelo manejo agrícola, uma vez que o estado interno dos torrões caracteriza-se por elementos unidos, formando um volume homogêneo e com uma distribuição dos agregados com estrutura interna e externa porosa, fácil de ser observada a olho nu (C μ).

Perfil 4: Soja

O perfil descrito sob o cultivo de soja (Figura17), está localizado próximo ao perímetro urbano de Florai, no topo da vertente em relevo suavemente ondulado,

com boa drenagem interna. No local é possível verificar algumas feições erosivas, principalmente em forma de erosão laminar e pequenos sulcos.



Figura 17: Vista da área destinada ao cultivo da soja

A propriedade possui 6 alqueires com culturas temporárias submetidas à ação de maquinários para plantio e colheita, e um alqueire com eucaliptos, totalizando 16,9 hectares, os quais, atualmente, estão arrendados. O fato de o proprietário e o arrendatário atual não residirem no município fez com que a entrevista fosse realizada junto à EMATER de Florai, uma vez que a instituição tem todos os dados relativos à área.

Assim, foi possível constatar que a primeira lavoura desenvolvida no local foi o café que, em 1975, foi substituído pelas pastagens, que perdurou até o ano de 1997, quando a produção passou a ser diversificada e a área arrendada. A partir do ano de 2003 a soja passou a ser a cultura predominante que perdura até os dias atuais. É importante considerar que nas épocas de inverno o local ora fica em pousio, ora abriga sorgo ou girassol.

Nesse perfil (Figura 18) foi possível verificar a existência de seis volumes diferenciados, sendo que a camada superior (0-2cm) é formada por areia lavada branca com restos da cultura da soja.

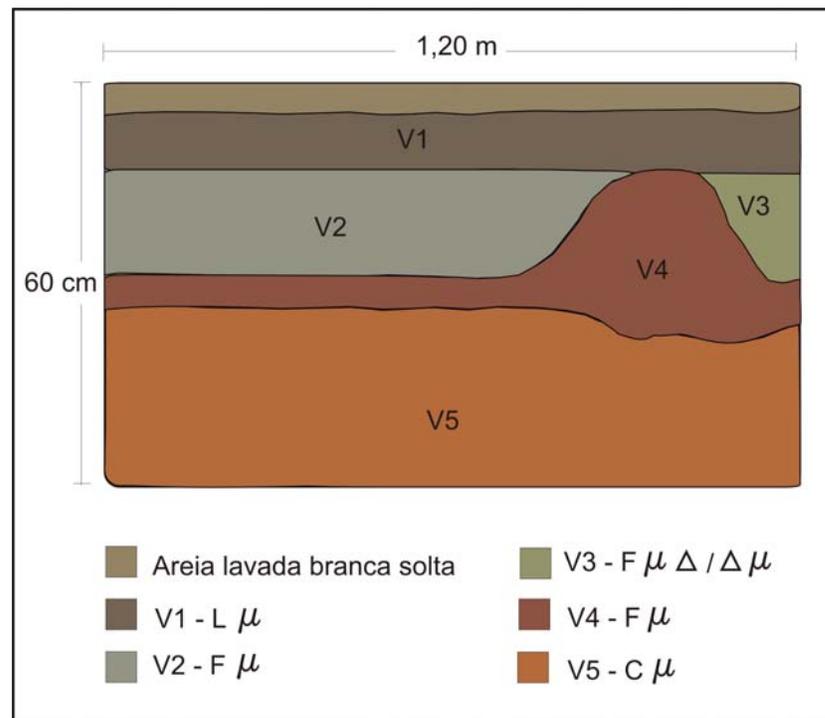


Figura 18: Perfil Cultural sob soja em Latossolo Vermelho Distrófico

O volume V1 (2-5cm) é constituído por areia solta, apresenta cor vermelho-amarelada (5 YR 5/8); textura arenosa; estrutura em blocos maciços e porosos; consistência muito friável e solta; porosidade abundante; atividade biológica comum e poucas raízes. Trata-se de um volume de solo livre (L), solto, constituído por terra fina, solo pulverizado, agregados e torrões de tamanhos variados sem nenhuma coesão e sem sinais de compactação (μ).

O V2 (5-17cm), apresenta cor vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); textura arenosa; estrutura em blocos granulares, pequena, fraca; consistência solta, muito friável, não plástica, não pegajosa; pouca porosidade; atividade biológica comum; raízes ausentes e manchas de areia lavada. Nesse volume foi possível identificar que o maquinário agrícola alterou as características originais desse solo, uma vez que trata-se de um volume fissurado, em que a individualização dos torrões é facilitada pela fissuração, porém, não apresenta modificações profundas de sua estrutura, uma vez que não há evidências de compactação dos agregados do solo (F μ).

O volume V3 (5-10cm) exibe a mesma coloração que o volume anterior vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); textura arenosa; estrutura em blocos subangulares,

fraca, ligeiramente compactada; consistência ligeiramente dura, friável, não plástica, não pegajosa; pouca porosidade tipo tubular com traços de fissuras; atividade biológica comum; raízes ausentes e manchas de areia lavada. Esse volume apresenta-se visivelmente alterado pelo manejo agrícola, com estado fissurado, em processo de compactação, mas mantendo ainda algumas características do estado original dos agregados (F μ Δ / Δ μ).

No volume V4 (5-23cm) foi verificada a cor vermelho-escura (2,5 YR 3/6); textura arenosa; estrutura em blocos subangulares, pequena, fraca que se desfaz em microagregado; consistência solta, ligeiramente dura, friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular (> de 30 %), presença fragmentos de carvão vegetal; atividade biológica comum; raízes ausentes e manchas de areia lavada. Apesar de apresentar características de um solo alterado pelas práticas agrícolas, esse volume conta com uma distribuição de agregados fissurados mas com ausência de sinais de compactação (F μ).

O volume inferior V5 (23-30cm +), apresenta cor vermelha (2,5 YR 4/6), textura areno-argilosa; estrutura em blocos microagregados; consistência solta, muito friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular e textural; atividade biológica comum e raízes ausentes. Não apresenta sinais visíveis de alterações causadas pela ação dos implementos agrícolas, uma vez que os agregados e a terra fina estão unidos, formando um volume bastante homogêneo, com aspecto de estrutura maciça, porém sem compactação de sua estrutura (C μ). Isso indica que as atividades agrícolas desenvolvidas sobre o solo estão restritas somente aos horizontes superficiais, sendo inexistente nas maiores profundidades.

Perfil 5: Laranja

A propriedade onde foi descrito o perfil cultural sob laranja (Figura19), está localizada próxima à área urbana de Florai. Possui aproximadamente 40 alqueires, adquiridos pela família no ano de 1951, da Companhia Colonizadora Norte do Paraná, quando chegaram do estado de São Paulo.



Figura 19: Área de cultivo da laranja

Inicialmente, a propriedade era toda ocupada pela mata primitiva que foi sendo retirada ao longo dos anos para abrigar culturas diferenciadas. O café foi o primeiro produto a ser cultivado, em razão do elevado valor de mercado na época, e permaneceu até os primeiros anos da década de 1990, quando a família passou a cultivar pastagem para criação de gado.

No entanto, a partir de 1994 a cultura mecanizada de citrus passou a ser mais atrativa devido a maiores possibilidades de lucros e a pastagem deu lugar então à plantação de laranja, a qual perdura até os dias atuais e é responsável pela renda total da família.

Parte da produção de laranjas é repassada para a agroindústria e a restante é comercializada no mercado local.

Para garantir a produtividade o proprietário conta com orientações técnicas fornecidas por um agrônomo particular, responsável por indicar a forma adequada de se trabalhar a terra, visando a conservação do solo, o manejo de pragas, incentivando plantio direto, as curvas de nível, etc. Porém, a utilização de agrotóxicos na plantação e a pouca preocupação com o destino final do lixo doméstico fazem com que ocorram graves problemas nas áreas rurais, como a contaminação do solo e da água.

A perspectiva do produtor em curto prazo é aumentar a produção, no entanto, existem alguns problemas que incomodam a família como a falta de apoio ao pequeno agricultor por parte do governo e os poucos incentivos para plantio e colheita da laranja.

Nesse perfil cultural (Figura 20) foram encontrados cinco volumes de solo diferenciados, com graus de alterações variando entre si, relacionadas principalmente à ação de maquinários agrícolas sobre o solo para controle de pragas e colheita da produção. Além disso, é visível o acúmulo de areia lavada solta na superfície o que indica que a erosão laminar é atuante no local.

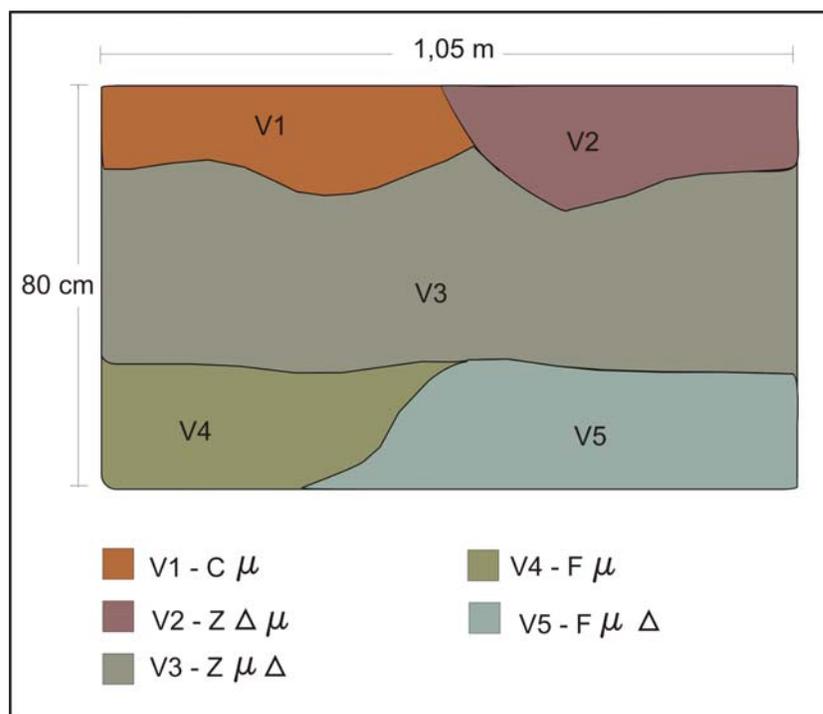


Figura 20: Perfil Cultural sob laranja em Latossolo Vermelho Distrófico

O volume V1 (0-16cm) apresenta cor bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4); textura arenosa; estrutura em blocos subangulares, pequena, fraca, com tendência a microagregado; consistência friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular e um pouco textural; atividade biológica comum e poucas raízes finas fasciculadas (até 1cm de diâmetro). Esse volume encontra-se alterado pelas práticas agrícolas, com agregados e terra fina unidos, formando um volume homogêneo, com estrutura maciça, mas ainda não está no estado compactado (C μ).

O V2 (0-22cm), apresenta coloração vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); textura arenosa; estrutura em blocos subangulares, com tendência laminar, fraca, média,

moderada; consistência friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular e fissural; atividade biológica comum; poucas raízes finas fasciculadas. Foi possível verificar que esse volume está sendo afetado pela ação antrópica, uma vez que está formado essencialmente por estrutura laminar, com agregados bem compactados, mas ainda preservando algumas características do estado original dos agregados (Z Δ μ).

No volume V3 (16-35cm), foi verificado um solo com a mesma coloração que o volume superior vermelho-escura (2,5 YR 3/6); textura arenosa; estrutura em blocos subangulares com tendência laminar, fraca, média, moderada; consistência friável, não plástica, não pegajosa; porosidade tubular com algumas fissuras; atividade biológica comum; poucas raízes médias a grandes (até 1 cm de diâmetro), tubulares. Trata-se de um volume que também está visualmente alterado pelo manejo agrícola onde os agregados apresentam estrutura laminar e estão em processo de compactação (Z μ Δ).

O volume V4 (35-60cm +), possui cor vermelha (2,5 YR 4/6), textura areno-argilosa; estrutura em blocos microagregados; consistência, friável, não plástica, não pegajosa; porosidade comum tubular e textural; atividade biológica comum e poucas raízes finas fasciculadas. Também se encontra alterado pelas atividades agrícolas, com estado fissurado, em que a individualização dos torrões é facilitada pela fissuração, porém, com estado interno dos torrões caracterizado por agregados não compactados, com estrutura externa e interna porosa e fácil de ser observada a olho nu (F μ).

Já o V5 (33-60cm +), apresenta cor vermelha (2,5 YR 4/8); textura areno-argilosa; estrutura microagregado; consistência, friável, não plástica, não pegajosa; porosidade comum tubular e textural; atividade biológica comum, presença de carvão vegetal e manchas de areia lavada; poucas raízes finas fasciculadas. Esse volume também está alterado, uma vez que os agregados estão fissurados e em processo de compactação (F μ Δ).

A partir da descrição morfológica dos perfis culturais foi possível perceber várias modificações nas estruturas dos solos, decorrentes dos diversos manejos desenvolvidos sobre ele.

Ao comparar o perfil de mata nativa, que não sofreu nenhuma interferência antrópica, verificou-se que todos os demais perfis culturais possuem uma camada superficial com aproximadamente 5 a 8cm de areia solta esbranquiçada, o que é um indicativo da existência de erosão laminar. Apenas no perfil sob pastagem não foi constatada a ocorrência de material solto.

A interferência do manejo pelos implementos agrícolas e pisoteio do gado se faz presente nos 50-60cm da superfície dos solos. As estruturas e a macroporosidade estão visivelmente modificadas, como poderão ser verificadas a partir das análises laboratoriais.

4.2 Análises Laboratoriais

4.2.1 Granulometria

A partir das análises dos dados granulométricos, realizados nos horizontes A e B de cada perfil de solo, foi possível verificar que nas cinco culturas estudadas os teores de argila, silte e areia tendem a variar com a profundidade, porém, em pequena quantidade. Os dados granulométricos permitem também confirmar as texturas dos solos identificadas durante as descrições morfológicas de campo (Figura 21).

O perfil descrito sob mata nativa foi o que apresentou maior concentração de argila quando comparado aos demais perfis. Tal fato decorre da sua localização na vertente, isto é, não no topo, mas na média-alta vertente já com pequena inclinação, uma vez que no município de Florai não existe mais mata nativa no topo dos interflúvios.

Nesse perfil, o teor de argila varia de 18% no horizonte A para 31% no horizonte AB, enquanto que o silte apresentou baixo teor, tendo uma pequena redução em profundidade. As frações areia apresentaram as maiores concentrações e se mantiveram praticamente constantes no perfil, totalizando 85,3% no horizonte A e 79% no horizonte B.

No perfil sob pastagem a fração argila tende a apresentar um comportamento semelhante ao perfil sob a mata, porém com concentrações menores. No horizonte A

sua concentração alcança 14% e aumenta para 17% no horizonte B. Os teores de silte foram baixos em todo o perfil, embora apresente um leve incremento em profundidade. Com relação às frações areia, estas mantiveram teores elevados, superiores a 80%, e pequena variação no perfil.

Sob a cultura do café o teor de argila variou de 6% no horizonte A para 20% no horizonte B. O silte manteve-se em pequena proporção e praticamente constante em todo o perfil. Da mesma forma que nos demais perfis, as frações areia apresentaram as concentrações mais elevadas no horizonte A (85,8%), mas com pequena redução em profundidade, atingindo 74% no horizonte B.

O comportamento da fração argila no perfil sob cultivo da soja é semelhante aos outros perfis analisados, porém, com teores diferenciados, isto é, no horizonte A sua concentração é de 8% e alcança 17% no horizonte B. O silte ocorre em pequena concentração e tende a reduzir seus teores em profundidade. De modo semelhante ao silte às frações arenosas tendem a diminuir seus teores em profundidade, passando de 73% no horizonte A para 60,1% no horizonte B, embora apresentem elevadas concentrações no perfil.

Na cultura da laranja a fração argila apresenta um leve aumento em profundidade, porém, de modo bastante uniforme. No horizonte A sua concentração é de 13% e atinge 28% no horizonte Bw. O silte ocorre em pequena proporção e se mantém constante no perfil. A fração areia apresentou elevadas concentrações, porém, com pequeno decréscimo em profundidade (80,3% no horizonte A e 70,1% no horizonte B).

Pela distribuição da fração argila é possível verificar que todos os perfis analisados, com exceção do perfil sob pastagem, apresentaram horizontes superficiais mais arenosos e horizontes subsuperficiais mais argilosos.

Os horizontes superficiais tendem a perder argila para os mais profundos em decorrência da circulação hídrica ser predominantemente vertical nos topos das vertentes (MARTINS, 2000). Estes dados mostram que os perfis analisados estão situados na transição entre Latossolo e Argissolo, excetuando-se o perfil sob pastagem que se encontra sob Latossolo típico.

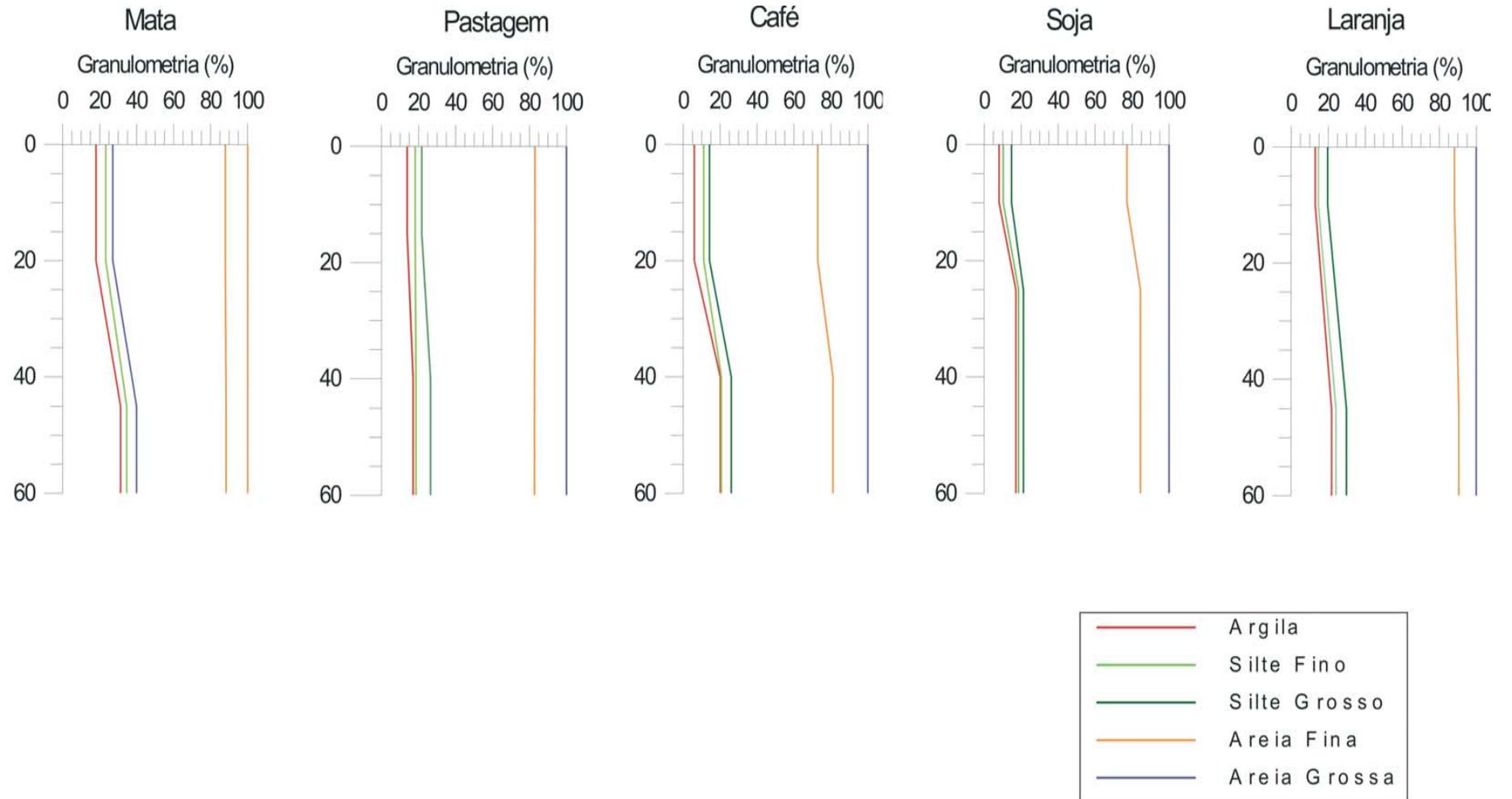


Figura 21: Distribuição das frações granulométricas por uso de solo em Florai - PR

4.2.2 Densidade de partículas

As partículas do solo são constituídas por fragmentos de minerais fornecidos pela rocha mãe e pela matéria orgânica. Em geral, os solos desenvolvidos a partir de rochas vulcânicas ricas em minerais ferromagnesianos tendem a apresentar valores de densidade de partículas elevados, enquanto que os que se desenvolveram a partir de rochas sedimentares ricas em quartzo apresentam valores mais baixos.

De acordo com Gasparetto e Santos (2005), os minerais pesados presentes na cobertura pedológica da região noroeste do estado do Paraná são constituídos preferencialmente por opacos do tipo oxi-hidróxidos de ferro e secundariamente aparece a estauroлита, o rutilo, a turmalina e o zircão. A presença abundante desses minerais nos solos pode eventualmente apresentar valores discrepantes para a densidade de partículas dos solos derivados do Arenito Caiuá.

Valores considerados padrão de densidade de partículas para solos arenosos giram em torno de $2,65\text{g/cm}^3$ a $2,7\text{g/cm}^3$. Jorge (1985), afirma que para a matéria orgânica os valores deste parâmetro são baixos, ficando entre $1,0$ e $1,3\text{g/cm}^3$. Como consequência disso os horizontes de solos próximos da superfície apresentam em geral densidades de partículas mais baixas do que aqueles horizontes de maior profundidade.

Os dados obtidos com a densidade de partículas do solo de cada volume dos perfis estudados mostrou uma semelhança de valores independente da cultura, uma vez que estão relacionados com o material de origem, que nesse caso refere-se ao arenito Caiuá. A maioria dos volumes analisados apresentaram valores de densidades de partículas entre $2,6\text{g/cm}^3$ e $2,7\text{g/cm}^3$, os quais estão dentro do valor padrão estimado para os solos derivados de arenito (Tabela 4). No entanto, no volume V4 sob cultivo da soja e V3 na pastagem foi encontrado o valor de $2,4\text{g/cm}^3$, inferior ao padrão. Isso pode estar relacionado à presença de matéria orgânica ou à existência de carvão vegetal fazendo com que ocorra essa pequena discrepância. Outro volume que apresentou valor fora do padrão foi o V4 sob a cultura do café, com $2,5\text{g/cm}^3$, provavelmente pela mesma razão.

Embora dados científicos afirmem que os volumes de solo constituídos por elevadas concentrações de matéria orgânica apresentam densidade de partículas mais

baixas, na área de mata nativa os valores encontrados registraram os mesmos valores obtidos nos demais perfis sob diferentes culturas.

Tabela 4: Densidade de partículas

Cobertura do Solo	Volume	Densidade (g/cm³)
MATA	V1	2,7
	V2	2,7
SOJA	V1	2,7
	V2	2,7
	V3	2,7
	V4	2,4
	V5	2,7
CAFÉ	V1	2,7
	V2	2,7
	V3	2,7
	V4	2,5
	V5	2,7
	V6	2,7
	V7	2,7
PASTAGEM	V1	2,7
	V2	2,6
	V3	2,4
	V4	2,7
	V5	2,7
	V6	2,7
	V7	2,7
	V8	2,7
LARANJA	V1	2,7
	V2	2,7
	V3	2,7
	V4	2,7
	V5	2,7

4.2.3 Densidade do solo

Geralmente a densidade do solo é utilizada como um indicativo da degradação das propriedades morfológicas da cobertura pedológica, uma vez que a mesma está diretamente relacionada com a destruição da estrutura do solo. Quanto maior a degradação da estrutura do solo, provocada pela compactação, maior será a densidade do mesmo. Azevedo e Dalmolim (2004), consideram normais para densidade do solo os valores compreendidos entre 0,95 e 1,80g/cm³.

Essa análise foi realizada a partir de amostras coletadas em todos os volumes de solo dos diferentes perfis culturais.

De um modo geral, todos os volumes de solo apresentaram densidades dentro dos valores normais citados por Azevedo e Dalmolin (2004). Os valores encontrados variam entre $1,50\text{g/cm}^3$ a $1,80\text{g/cm}^3$, com exceção do volume V2 no cultivo da laranja, bastante compactado, o qual apresentou $1,90\text{g/cm}^3$ (Tabela 5).

Tabela 5: Densidade dos solos

Cobertura do Solo	Volume	Densidade (g/cm^3)
MATA	V1	1,32
	V2	1,50
SOJA	V1	1,50
	V2	1,63
	V3	1,54
	V4	1,62
	V5	1,64
CAFÉ	V1	1,55
	V2	1,67
	V3	1,61
	V4	1,70
	V5	1,72
	V6	1,70
	V7	1,62
PASTAGEM	V1	1,72
	V2	1,68
	V3	1,70
	V4	1,60
	V5	1,58
	V6	1,58
	V7	1,50
	V8	1,59
LARANJA	V1	1,81
	V2	1,90
	V3	1,76
	V4	1,75
	V5	1,55

Na área de mata nativa foi encontrado o menor valor para a densidade do solo nos volumes V1, com $1,32\text{g/cm}^3$ e V2, com $1,50\text{g/cm}^3$. Estes valores são compatíveis com aqueles encontrados em solos no seu estado natural, sem alterações e com uma

atividade biológica intensa. Esses atributos possibilitam uma aeração maior entre os seus agregados.

Os perfis sob as demais culturas analisadas apresentaram valores de densidade elevados quando comparados com os valores encontrados no perfil sob a mata nativa, indicando que as características físicas desses solos foram afetadas pelo manejo.

Na área de cultivo da soja foi possível verificar um aumento significativo da densidade do solo em profundidade, estando o volume V1 com valor de $1,50\text{g/cm}^3$, considerado normal, e atingindo $1,64\text{g/cm}^3$ no V5. Isso se deve, possivelmente, a pressão que as máquinas agrícolas exercem sobre o solo, fazendo com que os constituintes das camadas inferiores se reorganizem, tornando-os mais compactos, enquanto que as camadas mais superficiais são constantemente revolvidas durante o plantio e colheita.

No cultivo do café foram obtidos valores considerados normais para a densidade do solo, principalmente no volume V1 que registrou $1,55\text{g/cm}^3$, semelhante ao valor obtido no V2 da mata nativa. Nos demais volumes é visível que as camadas se tornam mais adensadas em profundidade, chegando a valores de $1,70\text{g/cm}^3$ nos volumes V4 e V6 e $1,72\text{g/cm}^3$ na camada V5.

Na área de pastagem também foram detectados valores mais elevados de densidade do solo, nos volumes superficiais V1 ($1,72\text{g/cm}^3$), V2 ($1,68\text{g/cm}^3$), e V3 ($1,70\text{g/cm}^3$). Estes dados tendem a confirmar que o pisoteio do gado sobre o solo afeta as camadas mais superficiais, as quais se encontram bastante degradadas e com elevado índice de compactação.

No município de Florai, as maiores densidades do solo foram encontradas no cultivo da laranja, onde os volumes V1 e V2 apresentaram valores compreendidos entre $1,81\text{g/cm}^3$ e $1,90\text{g/cm}^3$, respectivamente. Isso se deve ao fato de que nos locais onde o uso de máquinas agrícolas sobre o solo é intenso, é comum formar camadas superficiais mais adensadas. Isso dificulta o crescimento e muitas vezes impede o aprofundamento de raízes restringindo também o acesso da água e de nutrientes. Nos demais volumes dessa cultura verifica-se que a densidade do solo vai diminuindo em profundidade, embora nos volumes V3 ($1,76\text{g/cm}^3$) e V4 ($1,75\text{g/cm}^3$) os valores

ainda permanecem elevados quando comparados aos valores encontrados nas outras culturas.

4.2.4 Porosidade total

A porosidade dos materiais terrosos varia dependendo do tipo de material que constitui o solo, da textura, da estrutura, do teor de matéria orgânica e das atividades desenvolvidas sobre ele. Em geral, os solos arenosos apresentam menor porcentagem de porosidade se comparados com os argilosos, uma vez que as partículas de areia podem se agregar com mais facilidade. Por outro lado solos cultivados desenvolvem menor porosidade, devido às práticas agrícolas inadequadas que causam uma pressão externa, reduzindo o tamanho dos agregados e, conseqüentemente, diminuindo o tamanho dos poros (BERTONI e LOMBARDI, 1999).

Costa (2004), afirma que no horizonte superficial de solos minerais, com textura grosseira, a porosidade fica, em geral, entre 30% a 50%. Nos casos de textura média a fina é geralmente de 40% a 60%, podendo ultrapassar esse valor quando o teor de matéria orgânica for mais elevado. Desse modo, em solos que apresente a mesma textura, a porosidade será menor nas camadas subsuperficiais devido ao menor teor de matéria orgânica e ao peso das camadas superiores. Além disso, quanto menor a porosidade menor será a capacidade de infiltração e circulação de água no solo, afetando toda diversidade biológica que compõem a cobertura pedológica.

Ao analisar a Tabela 6 é possível verificar que de todos os perfis avaliados, o da mata nativa foi o que apresentou a maior porosidade total, alcançando 51,2% no volume V1 e 44,5% no V2. Estes valores estão de acordo com solos sem compactação, bem desenvolvidos e com intensa atividade biológica.

É importante considerar que as camadas superficiais geralmente apresentam uma porosidade mais elevada, devido ao constante revolvimento do solo pelo arado, durante o processo de preparo para abrigo das culturas e a presença de raízes. Um exemplo disso é o volume V1, sob a cultura da soja, que apresentou 44,5% de porosidade total, valor semelhante ao V2 encontrado no perfil da mata nativa.

Porém, a porosidade tende a diminuir com a profundidade, chegando a 33,0% no volume V5, o que indica que o peso das camadas superiores aliado às atividades agrícolas executadas sobre elas, estão exercendo uma pressão sobre as camadas inferiores, o que faz com que as partículas do solo se agreguem, diminuindo a porosidade.

Na área destinada ao cultivo do café, também foi encontrado um valor de porosidade relativamente baixo, principalmente nas camadas superiores, variando entre 42,6% no volume V1 e chegando a 32,0% no V4. Com o aumento da profundidade houve um pequeno acréscimo da porosidade chegando a 40,0% no V7, indicando que as ações praticadas sobre o solo afetaram significativamente os volumes V4, V5 e V6, reduzindo sua porosidade total.

Tabela 6: Porosidade total do solo

Cobertura do Solo	Volume	Porosidade (%)
MATA	V1	51,2
	V2	44,5
CAFÉ	V1	42,6
	V2	38,2
	V3	40,4
	V4	32,0
	V5	36,3
	V6	37,1
	V7	40,0
PASTAGEM	V1	36,3
	V2	35,4
	V3	29,2
	V4	40,8
	V5	41,5
	V6	41,5
	V7	44,5
	V8	41,2
SOJA	V1	44,5
	V2	39,7
	V3	43,0
	V4	32,5
	V5	33,0
LARANJA	V1	33,0
	V2	29,7
	V3	35,0
	V4	35,2
	V5	42,6

Os volumes analisados na área de pastagem indicam uma porosidade menor nas camadas superficiais V3 (29,2%), V2 (35,4%) e V1 (36,3%) devido ao pisoteio do gado no local, ocorrendo, portanto, um aumento da porosidade em profundidade, a partir do volume V4 (40,8%), chegando a 44,5% no volume V7.

É importante ressaltar que, apesar de haver um relativo aumento da porosidade em profundidade em todos os volumes analisados desse uso do solo, ela foi menor no setor esquerdo do perfil, em razão de existir uma trilha de pisoteio do gado que exerce uma pressão mais intensa sobre esse local. Tal fato pode ser verificado também ao comparar os dados de porosidade com as análises morfológicas do perfil cultural (Figura 14).

Portanto, pode se constatar que a ação dos animais sobre esse perfil, causadora da compactação, está restrita apenas às camadas superficiais e concentrada mais intensamente no setor esquerdo do perfil, não atingindo, profundamente os volumes inferiores.

Os menores valores de porosidade foram encontrados no perfil de solo sob o cultivo de laranja. Isso ocorre em razão de que o maquinário agrícola executa uma atividade contínua e sempre no mesmo local. Assim, os volumes superficiais V2 apresentaram valores de porosidade em torno de 29,7%, o V1 registrou 33,0% enquanto o V3, mais profundo, alcançou 35,0%. A base do perfil, formada pelos volumes V4 e V5, houve um acréscimo nos valores de porosidade, variando de 35,2% e alcançando 42,6%, respectivamente.

4.2.5 Argila Natural

A análise da argila dispersa em água permite avaliar o teor de argila que pode ser mobilizado pela água (MARTINS, 2000). As alterações na dispersão das argilas podem afetar a taxa de infiltração e a permeabilidade, uma vez que os poros podem ser obstruídos com material disperso ou desagregado. De modo geral, a percolação hídrica faz com que aquele material disperso dos horizontes superficiais migrem para as camadas subsuperficiais, podendo ocasionar erosão vertical (PRADO, 2003).

Ao analisar a porcentagem de argila natural existente nos diferentes perfis culturais considerados (Tabela 7), foi possível constatar que houve um pequeno aumento em profundidade na concentração dessa fração em todas as culturas avaliadas. Provavelmente esse dado indique que pode estar ocorrendo uma mobilização da argila dispersa dos volumes superficiais para os volumes inferiores. No entanto, Dufranc et al (2004), demonstram que há uma tendência de aumentar os teores de argila dispersa em água quando ocorrer um aumento de argila total no solo.

O perfil sob a mata nativa registrou uma porcentagem pouco significativa de argila dispersa em seus volumes. A concentração no volume V1 alcançou 6,90%, enquanto que no V2 foram obtidos teores de 13,3% desse material.

Tabela 7: Porcentagem de argila natural por uso do solo

Cobertura do Solo	Volume	Argila Natural (%)
MATA	V1	6,9
	V2	13,3
CAFÉ	V1	3,2
	V2	4,5
	V3	7,9
	V4	5,4
	V5	4,9
	V6	9,9
	V7	8,4
PASTAGEM	V1	7,2
	V2	6,7
	V3	7,5
	V4	7,5
	V5	9,5
	V6	10,2
	V7	10,9
	V8	10,4
SOJA	V1	3,1
	V2	3,3
	V3	4,8
	V4	4,3
	V5	8,3
LARANJA	V1	5,6
	V2	4,8
	V3	5,5
	V4	9,1
	V5	9,9

No perfil sob a cultura do café os teores de argila dispersa apresentaram pouca variação em seus diferentes volumes. Os volumes superficiais apresentam uma baixa quantidade de argila dispersa, variando entre 3,2% no volume V1, 4,5% no V2, 4,9% no V5 e 5,4% no V4, enquanto que no volume V3 houve um acréscimo para 7,9%.

O perfil sob pastagem apresenta comportamento semelhante ao perfil do café, visto que as concentrações de argila dispersa tendem a aumentar com a profundidade. Nos volumes superficiais V1, V2 e V3 as concentrações são de 7,2%, 6,7% e 7,5% respectivamente, enquanto nos subsuperficiais V4 e V5 esses valores variam de 7,5% a 9,5%. Nos volumes próximos à base do perfil as concentrações aumentam e em todos os volumes analisados (V6, V7 e V8) as concentrações ultrapassam a 10%.

No perfil localizado na plantação de laranja também foi verificado um aumento na porcentagem de argila natural em profundidade. Os volumes superficiais V1 e V2 registraram valores de 5,6% e 4,8%. Já o volume V3 situado sob os dois anteriores teve um aumento de 5,5%, enquanto que os volumes V4 e V5, na base do perfil, alcançaram valores mais elevados de 9,1% e 9,9% respectivamente.

Da mesma forma que nos perfis descritos anteriormente, sob a cultura da soja os teores de argila dispersa apresentam comportamento similar, ou seja, no volume V1 sua concentração é de 3,1% e grada para 3,3% e 4,8% nos volumes V2 e V3. No volume V4 esse valor apresenta uma pequena variação e alcança 4,3%. No volume V5, situado na base do perfil, ocorre um pequeno incremento na concentração da argila dispersa onde esse valor atinge 8,3%.

Os dados obtidos de argila dispersa em água demonstraram que em todos os perfis analisados as concentrações tendem a aumentar com a profundidade. Esse fato pode estar relacionado à destruição da matéria orgânica nos horizontes superficiais pelo constante revolvimento do solo durante a preparação para o plantio, e conseqüente destruição dos agregados, facilitando com isso, a transferência da argila dispersa das camadas superficiais para as mais profundas.

O uso sistemático de produtos químicos, na forma de adubos e/ou corretivos, pode funcionar também como agentes dispersantes das argilas. A presença de sódio nos produtos químicos atua como importante agente dispersante das argilas fazendo com que ocorra sua migração para camadas mais profundas reduzindo a porosidade,

o armazenamento de água e a aeração, dificultando a liberação de nutrientes para as plantas.

4.2.6 Estabilidade de agregados por via seca

Os agregados são conjuntos naturais de partículas terrosas em que a ligação das frações primárias que constituem o solo (areia, limo e argila) é maior do que a ligação dos agregados uns aos outros (COSTA, 2004). Essas partículas primárias, juntamente com outros componentes do solo podem reunir-se em massas distintas, formando os agregados estáveis, também chamados de elementos estruturais (KIEHL, 1979).

Para Bertoni e Lombardi (1999), os agregados estáveis permitem maior infiltração e são mais resistentes à erosão, enquanto que os agregados não estáveis tendem a desaparecer e dispersar. Afirmam ainda que a estabilidade dos agregados é devida a composição da argila, aos elementos que com ela está associado, ao resultado da decomposição da matéria orgânica e à microbiologia do solo. Segundo Kay e Angers (1999), os parâmetros responsáveis pelo desenvolvimento e estabilidade dos agregados do solo estão relacionados com a textura, à mineralogia das argilas, à matéria orgânica, ao material inorgânico não-cristalino, à composição de fluidos do meio poroso, às plantas e organismos do solo e à profundidade do perfil.

Kiehl (1979), considera que nos solos arenosos, a ocorrência dos agregados relaciona-se com a presença de matéria orgânica, a qual caracteriza-se por ser mais eficiente do que a argila no processo de formação de agregados estáveis, uma vez que a sua existência provoca uma ação de microrganismos, os quais agem como cimentantes das partículas.

A partir do exposto verifica-se que para o bom desenvolvimento das plantas é necessário que o solo apresente elevado o grau de agregação, uma vez que está diretamente relacionado com a aeração do solo, desenvolvimento radicular, disponibilidade de nutrientes, maior ou menor facilidade a penetração de raízes, retenção e armazenamento de água (KOHNKE, 1968).

A estabilidade dos agregados refere-se à resistência que os agregados apresentam em relação à ação das forças desagregadoras que atuam sobre eles. As práticas desenvolvidas sobre a cobertura pedológica, bem como seu manejo incorreto leva à destruição da estrutura dos agregados, diminuindo os espaços porosos, impedindo a infiltração da água e, conseqüentemente, inibindo o desenvolvimento das plantas.

Silveira e Carvalho (2001), afirmam que a destruição dos agregados pode ocorrer devido à pressão e trabalho das máquinas agrícolas, principalmente em solos com umidade elevada, pela compressão do ar nos microporos dos agregados durante o reumidecimento do solo seco, particularmente com elevado teor de argila, uma vez que a argila umedecida se expande comprimindo o ar dos microporos, causando uma “explosão” dos agregados.

Afirmam ainda que em solos com agregados destruídos a pluviosidade promove o transporte de partículas finas, principalmente a argila, na superfície e em subsuperfície.

Ao avaliar os dados de estabilidade dos agregados das culturas analisadas, foi possível constatar que todos os usos do solo tenderam a uma concentração de agregados de tamanhos entre 0,250mm e menor que 0,250mm, o que reflete uma característica dos solos arenosos.

O perfil descrito sob a mata nativa (Figura 22) registrou a melhor distribuição dos diâmetros médios ponderados (DMP), ficando próximo a 1,25mm. Neste perfil os agregados apresentam-se bem estruturados, em blocos angulares a subangulares e granulares, possivelmente devido à grande quantidade de matéria orgânica e atividades biológicas, que conferem ao solo uma boa agregação de suas partículas, além da inexistência da ação antrópica no local. Além disso, nessa área foi obtida a maior concentração de argila natural, junto ao volume V2, o que faz com que esse material atue como agente cimentante, agregando mais o solo e tornando-o mais estável e resistente a erosão.

Outros atributos a serem considerados estão relacionados à densidade e a porosidade total do solo, uma vez que sob a mata nativa apresentou baixa densidade e elevada porosidade em seus volumes. Isso ocorre devido à intensa atividade biológica e a grande quantidade de matéria orgânica, o que possibilita uma aeração

maior entre as partículas. Além disso, o perfil sob a mata nativa apresentou a maior porcentagem de argila total em seus volumes, fazendo com que os solos tornem-se mais estáveis e agregados.

Já sob o cultivo do café (Figura 23) os agregados apresentaram diâmetro médio ponderado (DMP) de 0,98mm, mas com diâmetro inferior àqueles encontrados na mata nativa. Cerca de 41% dos agregados da amostra enquadraram-se na peneira de 0,250mm, concentrando, portanto, agregados mais instáveis, em blocos granulares. Este fato pode ser justificado também pelos valores obtidos nas análises da densidade do solo, porosidade total e argila dispersa, uma vez que foi possível constatar um relativo aumento na densidade do solo em profundidade, bem como uma diminuição da porosidade e uma migração da argila das camadas superiores em direção aos volumes inferiores, o que pode ser um indicativo de início da compactação do solo. Vale lembrar que as amostras de solos coletadas nesse perfil eram constituídas por uma maior quantidade de material solto e sem cobertura vegetal.

O diâmetro médio ponderado dos agregados do latossolo sob a cultura da soja está representado, em sua maioria, por blocos granulares, com diâmetro compreendido entre 0,75mm e 0,50mm, tamanho inferior àqueles encontrados na mata nativa. De todas as culturas analisadas a soja foi a que registrou a menor média ponderada, provavelmente pelo fato de tratar-se de um volume de solo constantemente remexido.

Ao analisar a Figura 24 é possível verificar que 39,7% dos agregados presentes nessa cultura apresentam diâmetro em torno de 0,250mm, e 37,1% apresentam diâmetro menor que 0,250mm. Esse fato tende a confirmar a hipótese de que os agregados desse solo estão desestruturados devido às ações externas exercidas sobre os mesmos.

Outros dados que vêm a confirmar esse fato se referem aos valores obtidos nas demais análises, principalmente com relação à densidade do solo, uma vez que o volume superficial V1 registrou o mesmo valor encontrado no volume superficial V2 da área de mata nativa ($1,50 \text{ g/cm}^3$), o mesmo acontecendo com a porosidade total, a qual apresentou 44,5% de porosidade no V1, mesmo valor obtido no volume superficial V2 sob mata nativa. Entretanto, o que difere um uso do solo do outro se

relaciona à quantidade de matéria orgânica, raízes e atividade biológica, que é mais intensa na mata nativa do que na soja, o que possibilita uma maior estabilidade na agregação do solo.

Na área destinada à pastagem (Figura 25), foi obtido um diâmetro médio ponderado de 1,40mm, bem próximo ao valor encontrado na mata nativa. Ao contrário dos usos anteriores, a maior parte dos agregados (37,7%) é formado por blocos angulares a subangulares com diâmetro de 2mm, embora também estejam presentes porcentagens consideráveis de agregados na forma de pequenos blocos granulares com diâmetro de 0,250mm (26,8%) e menor que 0,250mm (25,4%).

O solo sob esse cultivo apresenta elevada densidade na maioria dos seus volumes. Na camada superficial o volume V1 apresentou $1,72\text{g/cm}^3$, o volume V2 $1,68\text{g/cm}^3$ e o volume V3 $1,70\text{g/cm}^3$. Esses valores podem estar relacionados ao pisoteio do gado, constante na área, o que torna as camadas superficiais mais compactadas.

Outro atributo a ser considerado refere-se aos valores de porosidade encontrados sob esse uso, considerados relativamente baixos, principalmente para os volumes superficiais V1 36,3%, V2 35,4% e V3 29,2%, os quais representam volumes de solos com estrutura mais agregada. A porcentagem de argila dispersa também pode ser um outro indicativo, uma vez que, sob a pastagem, foram obtidos valores significativos em todos os volumes, o que favorece para a redução da porosidade e, conseqüentemente, para a compactação das camadas superficiais.

O solo sob a cultura da laranja (Figura 26) foi o que apresentou os valores mais significativos de todas as análises realizadas, especialmente para a estabilidade dos agregados. Foram obtidos valores baixos para o diâmetro médio ponderado dos agregados na ordem de 1,59mm. Apesar de apresentar quantidade expressiva de agregados em blocos granulares com 0,250mm e menor que 0,250mm (21,7% e 23,9% respectivamente), a maioria dos agregados (44,8%) apresenta estrutura em blocos angulares a subangulares com 2mm de diâmetro, porém mais adensados quando comparado com os demais perfis.

Ao relacionar esses dados com aqueles obtidos na avaliação da densidade do solo, é possível afirmar que nessa cultura todos os volumes apresentam valores

elevados de densidade, principalmente nas camadas superficiais, conseqüentemente os valores de porosidade total foram baixos.

Por se tratar de um solo constantemente submetido à ação dos maquinários, esses valores elevados para estabilidade dos agregados e densidade do solo, aliados à baixa porosidade, refletem o acentuado processo de compactação que esse solo vem sofrendo.

É importante ressaltar que existe a necessidade de aliar esses dados à análises de matéria orgânica, porém, o pouco tempo para a pesquisa impediu a realização dessa amostragem.

Vale lembrar que um solo bem estruturado e com agregados estáveis, nem sempre está associado a um bom desenvolvimento da cobertura pedológica. Às vezes essa condição está refletindo um processo de compactação de camadas com achatamento na forma dos agregados.

Portanto, de todos os usos do solo avaliados, o cultivo da laranja foi o que apresentou as maiores alterações, permitindo afirmar que trata-se da cultura que mais afeta as características físicas da cobertura pedológica no município de Florai.

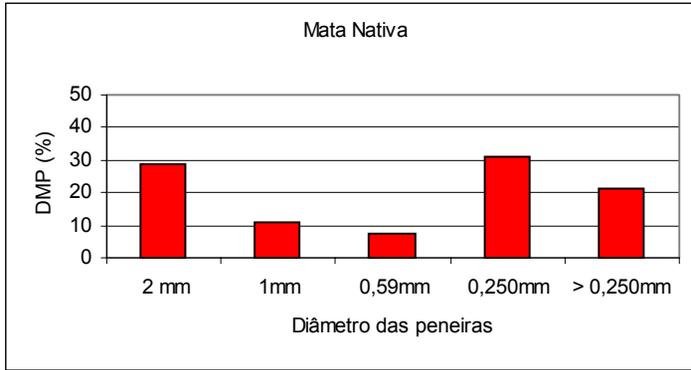


Figura 22: Diâmetro médio ponderado da mata nativa

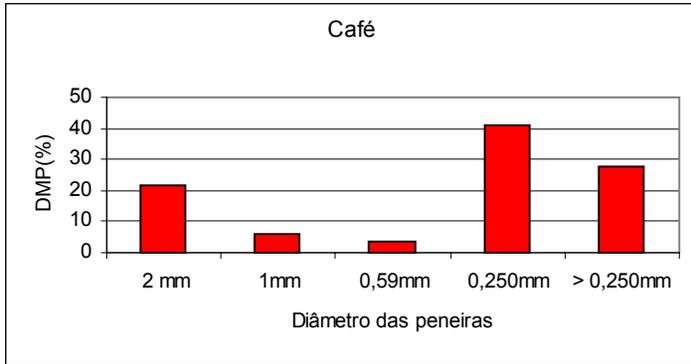


Figura 23: Diâmetro médio ponderado do cultivo do café

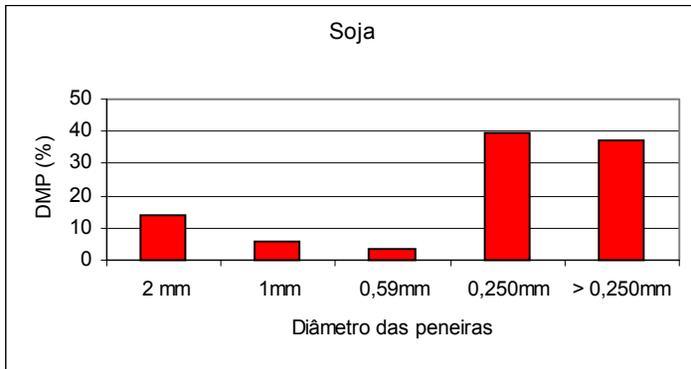


Figura 24: Diâmetro médio ponderado do cultivo da soja

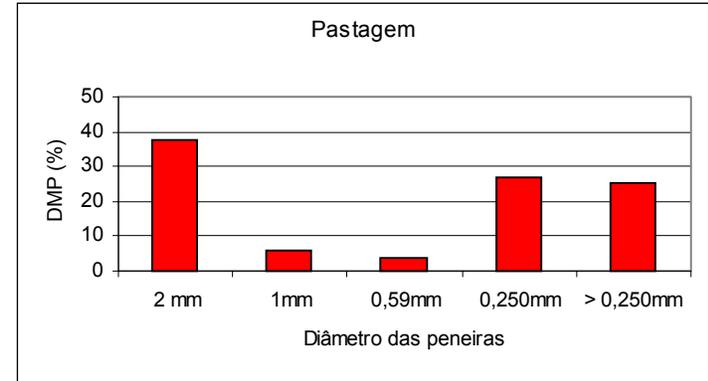


Figura 25: Diâmetro médio ponderado da pastagem

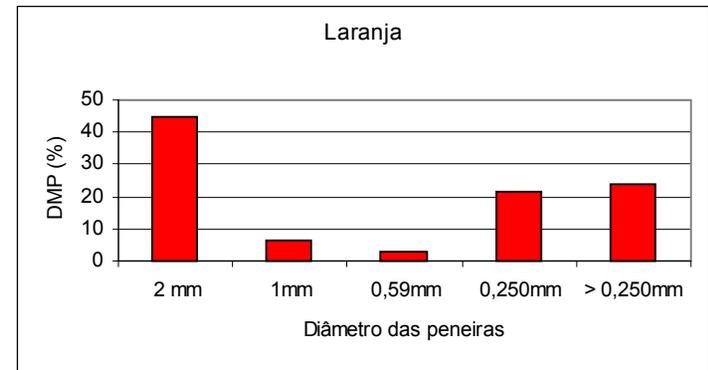


Figura 26: Diâmetro médio ponderado do cultivo da laranja

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pelo aumento da produtividade no campo, tanto na agricultura quanto na pecuária, gerou uma série de tecnologias voltadas para o preparo do solo, cultivo e manutenção da produção, principalmente a partir do surgimento e uso de fertilizantes químicos, máquinas modernas e métodos controladores de pragas e doenças.

A maioria dos produtores rurais, ao adotarem esses modernos métodos de trabalho na lavoura causam impactos ambientais, gerando diversas formas de degradação, dentre as quais se destacam a perda de fertilidade dos solos e, conseqüentemente, a perda da biodiversidade edáfica.

Floraí não foge à regra, principalmente em virtude de ser um município com sua economia baseada nas atividades agropastoris, as quais têm, na cobertura pedológica, a base para sua sustentação.

A pouca preocupação com a fragilidade do ambiente envolvido e a não adoção de uma agricultura sustentável fica clara ao analisar as cinco culturas estudadas neste trabalho, uma vez que se trata de um solo com textura arenosa que, por natureza, é menos resistente a processos de degradação e à alteração de suas características originais. Desse modo, ao comparar o solo sob a mata nativa com as áreas de cultivos de soja, de laranja, de café e de pastagem foi possível verificar que:

- o solo sob a mata nativa encontra-se em aparente equilíbrio pedológico, visto que suas estruturas não apresentam sinais de alteração desencadeada pelo manejo. Os valores de densidade do solo, densidade de partículas, argila natural, porosidade total e estabilidade dos agregados são considerados ideais. Além disso, a compactação é inexistente e não há sinais de erosão superficial no local;
- sob o cultivo de café ocorrem as menores porcentagens de argila e areia fina. Apresenta um leve aumento da densidade do solo em profundidade e uma porcentagem de porosidade total relativamente baixa em todos os volumes. Além disso, conta com uma baixa concentração de argila natural em seus volumes, tendendo a um aumento em profundidade, e um diâmetro médio ponderado dos agregados de 0,98mm, bem abaixo do valor do solo da mata

nativa, o que indica a instabilidade desse solo. No local do perfil analisado são visíveis algumas feições erosivas (erosão linear) ao longo da plantação, o que é um indicativo da ocorrência de um processo de degradação da cobertura pedológica;

- Sob o uso de soja, o solo apresentou uma maior porosidade em superfície, provavelmente devido à ação do arado e à presença de raízes, porém diminuiu em profundidade, o mesmo ocorrendo com a densidade do solo, o que indica que o peso das camadas superiores e os maquinários estão afetando a estrutura das camadas inferiores. Outro fato a considerar está relacionado à estabilidade dos agregados e à porcentagem de argila natural que foram consideradas baixas. Vale ressaltar a existência de pequenos sulcos e presença de erosão laminar nas imediações da trincheira.
- O perfil descrito na pastagem apresentou uma pequena redução no valor da densidade de partículas nos volumes V2 e V3, porém, uma maior densidade do solo nos volumes superficiais, indicando a alteração da estrutura original do solo. Com relação à porosidade foi possível constatar que é menor nas camadas superficiais e vai aumentando em profundidade, o que indica que o pisoteio do gado é mais atuante nas camadas superficiais do solo, além de concentrar-se mais intensamente no setor esquerdo do perfil. Outro fato importante diz respeito à estabilidade dos agregados que foi relativamente elevada para esse uso do solo, uma vez que a camada superficial (0-15cm) apresenta um solo bem agregado, podendo ser um indicativo de compactação.
- O cultivo da laranja foi considerado a prática agrícola que mais afeta a cobertura pedológica sob o ponto de vista da compactação, uma vez que registrou o solo mais denso, a menor porosidade e a mais elevada estabilidade dos agregados de todas as culturas avaliadas, provavelmente devido ao tráfego constante do maquinário sempre no mesmo local. Na área é possível perceber ainda um acúmulo de areia lavada solta na superfície com 2mm a 3mm de espessura.

Portanto, um estudo pormenorizado do método do perfil cultural em áreas tropicais, sobretudo em solos arenosos, é um instrumento que vem auxiliar de forma

mais adequada no manejo correto das culturas mecanizadas nas regiões Norte e Noroeste do Paraná.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Método de Ensaio para Determinação da Massa Específica de Solos*. NBR 6508.1984.

AMARAL, N. D. *Noções de Conservação do Solo*. Nobel. São Paulo, 1939, 120p.

AMUSEP – Associação dos Municípios do Setentrão Paranaense. *Plano de Desenvolvimento Regional*. Maringá, PNUD, 1999.

ANDRADE, J. A. *As Unidades de Paisagens no Município de Florai - PR e os Sistemas de Produção Agrícolas*. Dissertação de Qualificação. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Geografia. 2004.

AZEVEDO, A.C. e DALMOLIN, R.S.D. *Solos e Ambiente: uma Introdução*. Ed. Pallotti, Santa Maria (RS), 2004.

AYOADE, J.O. *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. Difel. São Paulo, 1986.

BARCELOS, A.A., CASSOL, E.A. e DENARDIN, J.E. Infiltração de Água em um Latossolo Vermelho-escuro sob Condições de Chuva Intensa em Diferentes Sistemas de Manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23; 1999, pág. 35-43.

BERTONI, J. e LOMBARDI, F. N. *Conservação do Solo*. Ícone Editora. São Paulo, 1999, 355 p.

BLIC, Ph. de. *Analyse du Profil Cultural*. Adeopodoumé: A.V.B./Orstom. Montpellier Soltrop. 431-432, 1989.

BRASIL, MINISTÉRIO DO INTERIOR, Departamento Nacional de Obras. *Relatório de Estudo para Controle da Erosão no Noroeste do Paraná*. 1972.

CALEGARI, M.R. *Distribuição da Cobertura Pedológica e o relevo no Alto Vale do Ribeirão Água de São Francisco – Nova Esperança - PR*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

CAMARGO, O.D., MONIZ, A.C., JORGE, J.A. e VALADARES, J.M.A.S. *Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas*. Boletim técnico nº 106. São Paulo, 1986.

CARAMORI, P.H. *O Clima e a Agricultura*. Anais da XIII Semana de Geografia: Clima e Organização do Espaço Geográfico. Universidade Estadual de Maringá. 2003.

- CARPENEDO, V. *Compressibilidade de Solos em Sistemas de Manejo*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994, 106p.
- CORRÊA, A.A.M. *Uso Adequado dos Solos Agrícolas*. Coluna do Professor Corrêa. Embrapa, 2001. Disponível no site: www.cnps.embrapa.br. Consultado em setembro de 2004.
- COSTA, J. B. *Caracterização e Constituição do Solo*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 2004.
- CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. *Avaliação e Perícia Ambiental*. 3ª Edição. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2002, 294 p.
- CZUY, D.C., GASPARETTO, N. V. L., NAKASHIMA, P. *Estudo da Degradação dos Solos da Fazenda Experimental de Iguatemi (UEM) Distrito de Iguatemi – Maringá (PR)*. V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. Universidade Federal de Santa Maria, 2004.
- DIAS JUNIOR, M. S. e ESTANISLAU, W. T. Grau de Compactação e Retenção de Água de Latossolos submetidos a Diferentes Sistemas de Manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 45-51, 1999.
- DREW, D. *Processos Interativos Homem-Meio Ambiente*. 4ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, 224p.
- DUFRANC, G. S.; DECHEN, C. F. S.; FREITAS, S. O. e CAMARGO, A. Atributos Físicos, Químicos e Biológicos Relacionados com a Estabilidade de Agregados de dois Latossolos em Plantio Direto no Estado de São Paulo. *Rev. Brasileira de Ciências do Solo*. Volume 28 nº. 3, Viçosa, 2004.
- EMATER – EMPRESA PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. *Perfil da Realidade Agrícola de 1990-1991*. Florai, 1991.
- EMATER – EMPRESA PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. *Perfil da Realidade Agrícola de 2003-2004*. Florai, 1991.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999, 412 p.
- _____. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Rio de Janeiro, SNLCS, 1997.
- _____. *Guia para Identificação dos Principais Solos do Estado do Paraná*. Departamento de Difusão de Tecnologia. Brasília, DF. 1986, 36 p.
- _____. *Manejo do Solo*. Disponível no site <http://www.cnpso.embrapa.br/rectec/mansolo.htm>. Consultado em 12 de dezembro de 2002.
- FERNANDES, L. A. *A Cobertura Cretácea Suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os Grupos Bauru e Caiuá*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências. São Paulo, 1992.

- FERNADES, H. C. e SOUZA, A.P. Compactação de Solos Florestais: Uma Questão para Estudo. *Revista Árvore*, v.25, n.3, p.387-392, 2001.
- FREGONEZI, G. A. F., BROSSARD, M., GUIMARÃES, M. F. e MEDINA, C. C. Modificações Morfológicas e Físicas de um Latossolo Argiloso sob pastagens. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25, 2001, pág 1017-1027.
- GASPARETTO, N. V. L. *As Formações Superficiais do Noroeste do Paraná e sua Relação com o Arenito Caiuá*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências. São Paulo, 1999.
- GASPARETTO, N. V. L e SOUZA, M. L. *Contexto Geológico–Geotécnico da Formação Caiuá no Terceiro Planalto Paranaense – PR*. Anais do Primeiro Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense (Engeopar). Maringá, 2003.
- GASPARETTO, N. V. L e SANTOS, M. L. O Emprego de Minerais Pesados como Indicador da Proveniência da Cobertura Pedológica do Arenito Caiuá na Região Noroeste do Paraná. *Revista Pesquisa em Geociências*, 32 (1): 1-7. Porto Alegre, 2005.
- GAUTRONNEAU, Y., MANICHON, H., HERVE, D. e RAMOS, D. *Guía Metódica del Perfil Cultural*. La Paz, Bolívia, IBTA - ORSTOM, Informe nº54, 1996, 27 p.
- HÉNIN, S. *Os Solos Agrícolas*. (Tradução de Orlando Valverde). Forense Universitária. São Paulo, 1976.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico de Florai*, 1970.
- _____. *Censo Demográfico de Florai*, 1980.
- _____. *Censo Demográfico de Florai*, 1996.
- _____. *Censo Demográfico de Florai*, 1998.
- _____. *Censo Demográfico de Florai*, 2000.
- JORGE, J. A. *Física e Manejo dos Solos Tropicais*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.
- KAY, B.D. & ANGERS, D.A. *Soil Structure*. In: SUMNER, M.E., ed. Handbook of soil science. Washington, CRC Press, 1999.
- KIEHL, E. J. *Manual de Edafologia – Relações Solo-Planta*. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo, 1979.
- KÖEPPEN, W. *Climatologia Con un Estudio de los Climats de la Tierra*. FCE, México, 1948
- KOHNKE, H. *Soil Physics*. New York, Mac Grow-Hill, 1968. p.118-142.
- LEITÃO, N. *Turismo para Recreio em Espaços Silvestres*. Disponível no site: <http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=1922eiLingua=1>. Consultado em 15 de janeiro de 2003.

- LEMOS, R. C. e SANTOS, R. O. *Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo*. Sociedade Brasileira de CIÊNCIA do Solo. 3ª Ed. Campinas, 1996, 84 p.
- MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. Ed. Paraná. 3ª Ed. 2002, 450 p.
- MARTINS, V. M. *Caracterização Morfológica e da Circulação Hídrica dos Solos da Cabeceira de Drenagem do Córrego Bom Jesus no Município de Cidade Gaúcha – PR*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências. São Paulo, 2000.
- MAZUCHOWSKI, J. Z. e DERPSCH, R. *Guia de Preparo do Solo para Culturas Anuais Mecanizadas*. ACARPA. Curitiba, 1984, 68 p.
- MODENESI, M. C. e JORDÃO, S. *A Erosão Acelerada em Caçapava – São Paulo*. Instituto Geológico. Boletim 9. São Paulo, 1992.
- MULLER, M. M. L., GUIMARÃES, M. F., DESJARDINS, T., e MARTINS, P. F. Degradação de Pastagens na Região Amazônica: Propriedades Físicas do solo e crescimento de raízes. *Revista Brasileira de Pesquisas Agropecuárias*, v. 36, n.11, 2001, pág. 1409-1418.
- MURATORI, A.M. *Processos Interativos entre o Relevo e as Areias Quartzosas no Sistema Ambiental da Região Noroeste do Estado do Paraná*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, 1996.
- NAKASHIMA, P. *Sistemas Pedológicos da Região Noroeste do Estado do Paraná: Distribuição e Subsídios para o Controle da Erosão*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.
- NAKASHIMA, P. e NÓBREGA, M. T. *Solos do Terceiro Planalto do Paraná*. Anais do Primeiro Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense (Engeopar). Maringá, 2003.
- NERY, J. *El Niño-Oscilação Sul: Variabilidade da Precipitação Pluvial no Estado do Paraná*. Anais da XIII Semana de Geografia: Clima e Organização do Espaço Geográfico. Universidade Estadual de Maringá. 2003.
- NÓBREGA, M. T, GASPARETTO, N. V. L. e NAKASHIMA, P. *Mapeamento de Zonas de Riscos à Erosão de Cidade Gaúcha – PR*. Anais do Primeiro Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense (Engeopar). Maringá, 2003.
- NÓBREGA, M. T, GASPARETTO, N. V. L. e NAKASHIMA, P. *Metodologia para Cartografia Geotécnica de Umuarama – PR*. Boletim de Geografia. Universidade Estadual de Maringá. Ano 10, nº 01, 1992.
- PEREIRA, V. P., FERREIRA, M. V. e CRUZ, M. C. P. *Solos Altamente Suscetíveis à Erosão*. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. UNESP/SBCS. Jaboticabal, 1994, 253 p.
- PINESE, J. P. P. e NARDY, A. J. R. *Contexto Geológico da Formação Serra Geral no Terceiro Planalto Paranaense*. Anais do Primeiro Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense (Engeopar). Maringá, 2003.

- PRADO, R.M. *A Calagem e as Propriedades Físicas de Solos Tropicais: Revisão de Literatura*. Unitau, 2003. Disponível em: www.unitau.br. Acesso em 10 de janeiro de 2006.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE FLORAÍ. *Floraí, Paraná: Cidade Menina Moça*. Almanaque Floraí, 1983.
- PRIMAVESI, A. *Manejo Ecológico do Solo em Regiões Tropicais*. Nobel. São Paulo, 1988.
- PRIMAVESI, A. *Manejo Ecológico de Pastagens*. Nobel. São Paulo, 1990.
- RALISCH, R. *Perfil Cultural*. Material Preparado para Curso de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica em Espírito Santo do Pinhal (SP). Departamento de Agronomia (UEL), Londrina, 1997.
- SALOMÃO, F. X.T. *Processos Erosivos Lineares em Baurú (SP): Regionalização Cartográfica Aplicada ao Controle Preventivo Urbano e Rural*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1994.
- SANT'ANNA NETO, J. L. e ZAVATINI, J. A. *Variabilidade e Mudanças Climáticas – Implicações Ambientais e Socioeconômicas*. Eduem, Maringá, 2000.
- SANTOS, M. L., CLEPS, J., FERREIRA, M. T., GASPARETTO, N. V., NAKASHIMA, P. e TEIXEIRA, W. A. *Degradação Ambiental no Noroeste do Paraná*. Roteiro de Excursões. Boletim de Geografia. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Geografia. Setembro, 1991, 57p.
- SANTOS, I., KRÜGUER, C.M., LEVIS, M., GARCIA, K. S. *Avaliação de Perdas de Solo por Erosão Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí*. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 1999.
- SEDU - Paranacidade. *Política de Desenvolvimento Urbano e Regional para o Estado do Paraná*. Disponível no site: www.paranacidade.or.br, acessado em 20/08/05.
- SEIXAS, F.; OLIVEIRA JR, E.D.& SOUZA, C. R. *Efeito da Camada de Resíduos Florestais na Compactação do Solo Causada pelo Transporte de Madeira*. IPEF, n° 54. 1998, p. 7-16.
- SENTELHAS, P.C., PEREIRA, A.R., MARIN, F.R. et al. *Balancos Hídricos Climatológicos do Brasil*. Esalq/USP – Piracicaba, 1999. CD Room.
- SILVA, R.B., DIAS JUNIOR, M. S., SILVA, F.A.M. e FOLE, S. M. O Tráfego de Máquinas Agrícolas e as Propriedades Físicas, Hídricas e Mecânicas de um Latossolo dos Cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27; 2003, pág. 973-983.
- SILVEIRA, H. *Modificações Resultantes da Ação Antrópica no Solo: Uso, Manejo e Reflexos no Meio Rural do Município de Cidade Gaúcha – PR*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, 1998.

SILVEIRA, H. e CARVALHO, W. A. *Avaliação da Estabilidade dos Agregados em Latossolos e Argissolos sob Diferentes tipos de Uso em Cidade Gaúcha*. 8º Encontro de Geógrafos de América Latina. Santiago de Chile, 2001.

SFORDI, R. A. *Análise Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Genúncia no Contexto do Município de Florai – PR*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação: Mestrado em Geografia. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2003.

SEAB – *Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento*, Paraná, 2004.

SUDESUL - Ministério do Interior. *Projeto Noroeste do Paraná*. Documento Informativo. 2ª Ed. Porto Alegre, 1977, 50p.

TAVARES FILHO, J., RALISCH, R., GUIMARÃES, M. F., MEDINA, C. C., BALBINO, L. C. e NEVES, C.S.V.J. Método do Perfil Cultural para Avaliação do Estado Físico de Solos em Condições Tropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23; 1999, pág 393-399.

7. ANEXOS

Tabela de distribuição granulométrica por uso do solo

Cobertura do solo	Horizonte	Profundidade (cm)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Silte Grosso (%)	Silte Fino (%)	Argila (%)
Mata	A	20	22,8	62,5	4,5	2,2	8,0
	AB	45	15,5	63,4	2,6	1,4	17,1
Soja	A	10	12,1	60,9	3,8	5,2	18,0
	Bw	25	11,7	48,4	5,3	3,3	31,3
Café	A	20	27,1	58,7	3,1	5,1	6,0
	B	40	18,9	55,1	5,4	0,6	20,0
Pastagem	A	15	17,0	61,2	3,6	4,3	13,9
	B	60	17,3	56,2	7,9	1,5	17,1
Laranja	A	10	11,8	68,5	5,0	1,7	13,0
	Bw	45	9,4	60,7	5,7	2,4	21,8



Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Mata Nativa



Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Café



Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Soja



Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Pastagem



Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, Laranja



Distribuição dos agregados conforme diâmetro das peneiras, todos os usos

