

Universidade Federal de Goiás
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia



PLANTIO DIRETO: SEU PAPEL NA RECUPERAÇÃO DA
ESTRUTURA DEGRADADA POR COMPACTAÇÃO EM
SOLOS DO CERRADO DA CHAPADA DE
UBERLÂNDIA/MG

Auristela Afonso da Costa
Orientadora: Profa. Dra. Selma Simões de Castro

Goiânia
2001

Auristela Afonso da Costa

PLANTIO DIRETO : SEU PAPEL NA RECUPERAÇÃO DA
ESTRUTURA DEGRADADA POR COMPACTAÇÃO EM
SOLOS DO CERRADO DA CHAPADA DE
UBERLÂNDIA/MG

Dissertação apresentada ao programa de Pesquisa e Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Natureza e a Apropriação do Espaço no Cerrado.

Linha de Pesquisa: Estudos Geoambientais

Orientadora: Profa. Dra. Selma Simões de Castro.

Goiânia

2001

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(GPT/BC/UFG)**

Costa, Auristela Afonso da
C837a Plantio direto : seu papel na recuperação da estrutura degradada por compactação em solos do cerrado da chapada de Uberlândia/MG / Auristela Afonso da Costa. – Goiânia, 2001

xviii,178f. : tab., il. color.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais,2001

Bibliografia: f.169-178

1. Plantio Direto – aspectos ambientais 2. Solos cerrados 3. Chapada Uberlândia Uberaba – pesquisa I. Universidade Federal de Goiás. Instituto de Estudos Sócio - Ambientais II. Título

CDU:631.58(251.3:815.1)

AURISTELA AFONSO DA COSTA

PLANTIO DIRETO : SEU PAPEL NA RECUPERAÇÃO DA
ESTRUTURA DEGRADADA POR COMPACTAÇÃO EM SOLOS DO
CERRADO DA CHAPADA DE UBERLÂNDIA/MG

Dissertação defendida e aprovada, em _____ de _____ de
_____, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Samuel do C. Lima – IGUFU/UFU (Membro)

Prof. Dr. Valter Casseti – IESA/UFMG (Membro)

Prof.a. Dra. Selma Simões de Castro – IESA/UFMG (Orientadora)

Prof.a. Dra. Maria de Fátima Guimarães – UEL (Suplente)

Aos que souberam conjugar os verbos amar, compartilhar, compreender, fazendo das minhas, um pouquinho das suas dúvidas, anseios e indagações; transformando “meu” em um pouquinho “do seu tempo”; apoiando, acreditando, aceitando as limitações e os difíceis caminhos a serem trilhados.

A todas estas pessoas dedico este trabalho, pois somente com amor, partilha, compreensão é possível produzir frutos e ter boas colheitas.

AGRADECIMENTOS

Uma dissertação expressa muito mais que o resultado de uma pesquisa. Para concretizá-la, muitos foram os momentos de angústia, questionamento e superação dos próprios limites. Ao mesmo tempo, houve a somatória de novos conhecimentos, horizontes desvendados e novas amizades, traduzindo-se em sinônimo de alegria.

Para sua realização, contamos com as contribuições valiosas de várias pessoas que acreditaram neste trabalho, às quais gostaria de externar meus sinceros agradecimentos.

À professora Dra. Selma Simões de Castro, pela orientação e dedicação, imprescindíveis ao desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores do IESA/UFG Celene C. Barreira, Lana S. Cavalcanti, Maria Geralda de Almeida, Maria Amélia S. do Nascimento e Manoel Calaça, pelas contribuições acerca do conhecimento geográfico.

Aos professores Valter Casseti (IESA/UFG) e Juarez Patrício de Oliveira Jr. (Escola de Agronomia/UFG) pelas importantes sugestões no exame de qualificação.

Aos professores do IGUFU/UFU Antônio Feltran Filho, Jorge Brito e Roberto Rosa, bem como, aos técnicos Celso Siqueira e Eleuza de Lima pela colaboração e disponibilização do material cartográfico.

Aos professores Igo Lepsch, Luiz Nishiyama e Samuel do C. Lima (IGUFU/UFU), pelo valioso apoio nos trabalhos de campo.

Aos professores Fabiano Silva e Renato R. Passos do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG/UFU), bem como, ao graduando Carlos A. da Silva pelo auxílio nas análises de densidade do solo.

Ao Prof. Wilson Mozena, da Escola de Agronomia/UFG pela contribuição na interpretação dos dados de resistência do solo à penetração.

À Profa. Luciana M. Lopes do IESA/UFG pela atenção e auxílio na interpretação da micromorfologia.

À EMBRAPA, representada pelo pesquisador José Aloísio Moreira e pelo técnico Adilson Vilela, que possibilitaram a realização das análises laboratoriais.

Ao Laboratório de Mecânica das Rochas/Furnas Centrais Elétricas, em especial à Flávia de A. Lopes pela elaboração das lâminas pedológicas e à Ana Lívia pela realização das fotomicrografias.

Ao Sr. Joaquim Lopes e ao seu auxiliar Sr. Samir por não medirem esforços na abertura das trincheiras para descrição dos perfis pedológicos.

Ao Sr Dourival, Márcia e Adriana (ESALQ/USP) por nos oferecer apoio no levantamento bibliográfico.

À Pinusplan Reflorestadora Ltda, representada nas pessoas do Sr. Antônio Fernando Ferraz Neto e Antônio Mauro R. Lucinda pelo fornecimento de dados e informações importantes para a pesquisa.

À coordenação do Mestrado, representadas inicialmente pela Profa. Dra Selma S. de Castro e atualmente pela Profa. Dra. Lana S. Cavalcanti, bem como, aos secretários Jairo Rabelo, Fátima, Stella, Rosane e Marta Célia que em diferentes fases disponibilizaram seus serviços.

Às professoras Beatriz R. Soares e Lezir F. Montes, pelo carinho e incentivo oferecidos, ao longo deste período.

À Eliana Marta B. de Moraes, pelo apoio cartográfico, por sua amizade e atenção dividindo conosco sua experiência e aprendizado.

Ao Dilmar de Oliveira, pelo empréstimo e manutenção de equipamentos importantes na finalização do trabalho.

Aos companheiros do Mestrado Álik, Elson, Iversen, José Antônio, Loçandra, Maria Ivete, Marta, Rildo, Rodrigo, Wagneide e Wagner, por terem me acolhido com carinho e amizade, dividindo as dúvidas, disponibilizando materiais, colaborando, muitas vezes além das questões acadêmicas e, principalmente por proporcionar muitos momentos de alegria.

Aos amigos Aristeu Giovani, Marcelo, Tadeu, Valéria, Paula Junqueira, Daniela, Cláudio Henrique, Maria Barbalho, Luis Augusto (*in memoriam*), Karla Brumes, Viviane, Marlon Rocha, Antônio Carias, Fernando Dias, Simeão, Selis, Lázaro Vinícius, Adilson Santana e Leandra de Almeida pelo apoio técnico, sugestões ou pelas valiosas conversas no decorrer deste período.

À Jackeline por não ter medido esforços, auxiliando com muita dedicação e amizade, em várias etapas da pesquisa.

Ao Rogério, que embora distante, sempre se fez presente através do seu carinho e palavras de amizade.

À minha mãe e minhas irmãs, por serem mais que minha família, mas por tornarem prazerosa a minha caminhada.

E a Deus, simplesmente, por tudo.

COLHEITA

Não tenho pranto, mas meus olhos vergam
Sob a incerteza da colheita inútil.
Sei que as sementes se fizeram pedras
E a minha solidão se repercute
Na terra em que lancei toda a esperança.
Foi-se a estação das safras e das flores
E não colhi nenhuma rosa branca
Nesse terreno em que só medram joios.
Os anos de tormenta se aproximam
E já não há mais sol em nossos climas
Nem novas florações em nossos campos.
Mas se esta fé com o tempo não se extingue,
Procuremos lá longe a nossa esfinge
E as sete espigas de ouro, que sonhamos.

TELES, 1983

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	05
3 A COMPACTAÇÃO DOS SOLOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE OS PRINCIPAIS ASPECTOS RELACIONADOS	06
3.1 – A ORIGEM DO PROBLEMA	06
3.2 – A DEGRADAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO POR COMPACTAÇÃO	11
3.3 – A PREVENÇÃO E A RECUPERAÇÃO DA ESTRUTURA DEGRADADA PELA COMPACTAÇÃO	24
4 METODOLOGIA	41
4.1 – FUNDAMENTOS	41
4.2 – AS ETAPAS DA PESQUISA	42
5 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL DO QUADRO NATURAL E DO PROCESSO DE OCUPAÇÃO	58
5.1 – CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS REGIONAIS	58
5.1.1 – Geomorfologia	60
5.1.2 – Geologia	65
5.1.3 – Clima	70
5.1.4 – Solos	74
5.1.5 – Vegetação	78
5.2 O PROCESSO DE OCUPAÇÃO REGIONAL	83
6 BACIA DO CÓRREGO BANDEIRA: A ÁREA DA INVESTIGAÇÃO	92
6.1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	92
6.2 – HIPSOMETRIA E CLINOGRAFIA	94
6.3 – O USO DO SOLO NA BACIA DO CÓRREGO BANDEIRA: CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DAS ÁREAS ESTUDADAS	97
6.4 – O MANEJO AGRÍCOLA NAS PARCELAS ESTUDADAS E AVALIAÇÃO DE SUAS CONSEQUÊNCIAS	104
6.5 – AVALIAÇÃO DO GRAU DE COMPACTAÇÃO DOS SOLOS ATRAVÉS DA PENETROMETRIA PARA A LOCAÇÃO DAS TRINCHEIRAS	118
6.6 – ESTUDO MORFOLÓGICO DOS PERFIS SELECIONADOS	132
6.7 – ANÁLISES FÍSICAS	153
6.7.1 – Granulometria	153

6.7.2 – Densidades e Porosidade	157
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	164
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169
ANEXOS	179
ANEXO 1 - GRÁFICOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO NAS ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL DE CERRADO, PLANTIO CONVENCIONAL E PLANTIO DIRETO	
ANEXO 2 – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS SELECIONADOS	
ANEXO 3 - DESCRIÇÃO MICROMORFOLÓGICA DOS PERFIS SELECIONADOS	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Foto do ensaio de resistência do solo à penetração realizado em área de vegetação natural de Cerrado	47
Figura 2	Pontos amostrados nos ensaios de resistência do solo à penetração em área de vegetação natural de Cerrado.	48
Figura 3	Pontos amostrados nos ensaios de resistência do solo à penetração em área de plantio convencional.	49
Figura 4	Pontos amostrados nos ensaios de resistência do solo à penetração em área de plantio direto.	49
Figura 5	Unidades geomorfológicas das chapadas do Oeste Mineiro - compartimento ocidental	62
Figura 6	Hipsometria das chapadas do Oeste Mineiro – compartimento ocidental	63
Figura 7	Geologia das chapadas do Oeste Mineiro – compartimento ocidental	66
Figura 8	Solos das chapadas do Oeste Mineiro – compartimento ocidental	76
Figura 9	Uso do solo nas chapadas do Oeste Mineiro – compartimento ocidental	81
Figura 10	Localização da bacia do córrego Bandeira	93
Figura 11	Hipsometria da bacia do córrego Bandeira	95
Figura 12	Carta clinográfica da bacia do córrego Bandeira	96
Figura 13	Uso do solo da bacia do córrego Bandeira em 1979	98
Figura 14	Uso do solo da bacia do córrego Bandeira em 1999	99
Figura 15	Foto da área de vegetação natural de Cerrado, adotada como referência no estudo comparativo	103
Figura 16	Foto da área de plantio convencional da soja (rotação anual com milho)	103
Figura 17	Foto da área de plantio direto da soja (rotação anual com milho)	103
Figura 18	Gráfico da adubação com NPK na parcela 1 com plantio convencional (10 ha) e plantio direto (43 ha)	106
Figura 19	Gráfico da proporção de NPK utilizado como adubação de manutenção ou cobertura para a cultura do milho	107
Figura 20	Gráfico da proporção de NPK utilizado como adubação de manutenção ou cobertura para a cultura da soja	107
Figura 21	Gráfico da produtividade na parcela 1 com plantio convencional – antes da adequação das propriedades físico-químicas do solo	109
Figura 22	Gráfico da produtividade na sub-parcela 1 A (5 ha) – depois da adequação das propriedades físico-químicas do solo	109
Figura 23	Gráfico da produtividade na sub-parcela 1B (5 ha) – depois da adequação das propriedades físico-químicas do solo	110
Figura 24	Gráfico da adubação com NPK na parcela 2 com plantio direto (59 ha)	112
Figura 25	Gráfico da proporção de NPK utilizado como adubação de manutenção ou cobertura para a cultura do milho	113

Figura 26	Gráfico da proporção de NPK utilizado como adubação de manutenção ou cobertura para a cultura da soja	113
Figura 27	Gráfico da produtividade na parcela 2 com plantio direto – antes da adequação das propriedades físico-químicas do solo	115
Figura 28	Gráfico da produtividade na parcela 2 com plantio direto – depois da adequação das propriedades físico-químicas do solo	116
Figura 29	Resistência do solo à penetração em área com cobertura natural de Cerrado – ponto ao lado da trincheira	119
Figura 30	Resistência do solo à penetração em área de vegetação natural de Cerrado – ponto afastado da trincheira	119
Figura 31	Resistência do solo à penetração em área de Plantio Convencional – linha sem roda colheitadeira	121
Figura 32	Resistência do solo à penetração em área de Plantio Convencional – linha/com roda colheitadeira	122
Figura 33	Resistência do solo à penetração em Plantio Convencional – entrelinha/sem roda colheitadeira	123
Figura 34	Resistência do solo à penetração em Plantio Convencional – entrelinha/com roda da colheitadeira.	124
Figura 35	Resistência do solo à penetração em Plantio Direto – linha/sem roda da colheitadeira.	126
Figura 36	Resistência do solo à penetração em Plantio Direto – linha/com roda colheitadeira	127
Figura 37	Resistência do solo à penetração em Plantio Direto – entrelinha/sem roda da colheitadeira	129
Figura 38	Resistência do solo à penetração em Plantio Direto – entrelinha/com roda da colheitadeira.	130
Figura 39	Perfil CE (vegetação natural de Cerrado)	133
Figura 40	Foto mostrando a parte superior do perfil da área de Cerrado	133
Figura 41	Fotomicrografia da área de Cerrado (horiz. AB), mostrando que a estrutura é diferenciada daquela presente nos horizontes mais profundos, no entanto com excelente porosidade	136
Figura 42	Fotomicrografia do horizonte Bw do Cerrado, em que observa-se, o predomínio dos microagregados arredondados e a macroporosidade	137
Figura 43	Perfil PC (plantio convencional)	138
Figura 44	Foto do perfil de plantio convencional	138
Figura 45	Foto do perfil de plantio convencional	138
Figura 46	Fotomicrografia do volume muito compactado do plantio convencional mostrando a fusão dos microagregados e a redução da porosidade	142
Figura 47	Fotomicrografia do volume muito compactado, revelando que a compactação apresenta variações quanto à intensidade no plantio convencional	142
Figura 48	Fotomicrografia do volume moderadamente compactado do plantio convencional, mostrando as características intermediárias entre o volume muito compactado e o Bw.	144
Figura 49	Perfil PD (plantio direto)	146
Figura 50	Foto do perfil de plantio direto	146

Figura 51	Foto mostrando que no sistema plantio direto, busca-se o menor revolvimento possível do solo, sendo efetuado apenas um corte para distribuição da semente e adubo	148
Figura 52	Foto do plantio de milho no sistema plantio direto para efeito de cobertura	148
Figura 53	Fotomicrografia do volume de maior compactação do sistema plantio direto, em que predomina a fusão parcial dos microagregados e a porosidade apresenta redução, porém o arranjo estrutural do solo foi menos comprometido do que no plantio convencional	150
Figura 54	Fotomicrografia das zonas de intensa fusão dos microagregados, observadas nos volumes alterados pelo manejo no sistema plantio direto, as quais aparecem junto aos microagregados arredondados	150
Figura 55	Fotomicrografia dos microagregados arredondados e excelente porosidade observada ao lado das zonas de fusão total dos microagregados	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Adubação da parcela 1 com plantio convencional (10 ha) e plantio direto (43 ha), no período de 1994 a 2000	105
Tabela 2	Produtividade na parcela 1 com plantio convencional – antes da adequação das propriedades físicas e químicas do solo	108
Tabela 3	Produtividade na sub-parcela 1A com plantio convencional – depois da adequação das propriedades físicas e químicas do solo	108
Tabela 4	Produtividade na sub-parcela 1B com plantio convencional – depois da adequação das propriedades físicas e químicas do solo	108
Tabela 5	Adubação na parcela 2 com plantio direto (59,0 ha) , no período de 1995 a 2000	112
Tabela 6	Produtividade na parcela 2 com plantio direto (59,0 ha) – antes e depois da adequação das propriedades físicas e químicas, seguida da mudança de manejo	114
Tabela 7	Granulometria na área de vegetação natural de Cerrado	153
Tabela 8	Granulometria na área de plantio convencional	156
Tabela 9	Granulometria na área de plantio direto	157
Tabela 10	Densidade de partículas, densidade aparente e porosidade total em área de vegetação natural de Cerrado	158
Tabela 11	Densidade de partículas, densidade aparente e porosidade total para área de plantio convencional	159
Tabela 12	Densidade de partículas, densidade aparente e porosidade total para área de plantio direto	161

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo compreender o fenômeno de degradação do solo por compactação e sua recuperação, em relação a dois sistemas de manejo utilizados na cultura da soja, nos topos da chapada de Uberlândia, região do Triângulo Mineiro (MG): o Plantio Convencional - antigo e tradicional sistema de cultivo, e o Plantio Direto - sistema mais moderno de plantio na palha e sem revolvimentos, implantado há pouco mais de 5 anos na região, em substituição ao convencional que vinha causando compactação e erosão dos solos, bem como afetando a produção. Ambos foram comparados entre si e com o Cerrado, hoje praticamente residual, o qual serviu de parâmetro natural ou referencial para o estudo comparado.

A área de investigação, situada na bacia do córrego Bandeira, está inserida no topo amplo e largo da Chapada, é representativa do quadro físico e da ocupação regional e contempla as três situações escolhidas para o estudo comparativo, além de possibilitar um controle histórico dos manejos, razoavelmente seguro, para a análise das variáveis envolvidas na compactação dos solos.

As parcelas estudadas, uma em cada situação, revelaram o seguinte: o solo do Cerrado, situado em área de reserva legal, está sendo preservado há aproximadamente três décadas; o da parcela vizinha, com plantio convencional da soja desde 1976 até hoje, apresentava sérios problemas de compactação; o do plantio direto, iniciado a partir de 1995, sobre área anteriormente ocupada com o plantio convencional da soja, representava o sistema tentativo de cultivo para recuperação da estrutura degradada pela compactação. Ambas as parcelas passaram por uma adequação das propriedades físico-químicas em 1994, ano que serviu de base para análise dos efeitos dos sistemas de manejo sobre os solos após os cerca de cinco anos subsequentes, quando foi realizada esta pesquisa.

A abordagem foi sobretudo qualitativa, com ênfase na observação macro e micromorfológica das estruturas e porosidades dos solos, apoiada por outros dados como ensaios de penetrometria em campo e analíticos dos materiais estudados, sendo estes últimos, físicos, químicos (relativos a correção e adubação) e de produção/produktividade. Os principais resultados obtidos indicam que:

- O sistema de manejo convencional com soja (rotação anual com milho), foi o que mais afetou: a) a porosidade de empilhamento natural dos grânulos, com

redução de pouco mais de 50% para cerca de 30% do volume e da interconexão caracterizando um certo fechamento poroso; b) a estrutura do solo, por fusão parcial dos microagregados e aparecimento de fissuras intragregadas compondo volumes ou blocos grandes, contínuos e maciços até decimétricos pouco porosos;

- O sistema plantio direto apresentou menor fechamento da porosidade, mantida entre 40 e 50%, com características mais próximas do solo do Cerrado ou dos horizontes Bw, embora apresentasse resquícios típicos de compactação como blocos subangulares fissurados nos horizontes afetados pelo manejo.
- A resistência do solo à penetração revelou-se importante auxiliar para a locação das trincheiras, embora tenha permitido dúvida inicial quanto ao solo do Cerrado, por uma certa resistência no horizonte superficial, entretanto, desfeita com a observação micromorfológica, tratando-se de adensamento natural, ligado aos ciclos de umectação e secamento sazonais. O número de impactos relacionado à compactação forte foi de 10 a 20 impactos/dm, a moderada de 5 a 10 impactos/dm, a fraca de 3 a 8 impactos/dm e a ausente de 1 a 3 impactos/dm.
- As faixas correspondentes à linha e entrelinha de cultura, bem como a passagem da máquina colheitadeira não apresentaram correlação com a compactação.
- Houve redução tímida da adubação com NPK, em quantidade e proporção dos elementos. Paralelamente houve aumento significativo da produtividade do milho, mas não da soja, em ambos os sistemas de manejo, o que foi correlacionado diretamente com a adequação das propriedades físico-químicas, realizada em 1994.
- Os resultados permitiram concluir que cinco anos já revelam efeitos positivos do plantio direto quanto à recuperação da estrutura agregada dos solos, mas ainda não fornece informações suficientes quanto ao uso de insumos, cuja redução é praticamente insignificante. Permitiram também a obtenção dos parâmetros indicadores para a generalização cartográfica e outros estudos regionais.

Palavras-chave: Cerrado, compactação de solo, cultura da soja, plantio convencional, plantio direto, recuperação de estrutura degradada.

ABSTRACT

This research had for objective to understand the soil degradation phenomenon for compaction and its recovery, in relation to the two handling systems used in the soy culture, in the tops of Uberlândia Plateau, area of the Mining Triangle (Triângulo Mineiro – MG): the Conventional Planting - old and traditional cultivation system, and the Direct Planting - more modern system of planting in the straw and without turnovers, implanted little more than 5 years in the area in substitution to the Conventional that had been causing compaction and erosion of the soils, as well as affecting the production. The Savannah, today practically residual, served as a natural or referential parameter for the compared study.

The investigation area, located in the basin of the Bandeira stream, which is inserted in the wide and wide top of the Plateau, is representative of the physical picture and regional occupation and it contemplates the three chosen situations for the comparative study, besides making possible a historical control of the handlings, reasonably safe for the analysis of the variables involved in the compaction of the soils.

The portions studied, one in each situation, revealed the following: the Savannah soil, located in area of legal reservation, is being preserved for approximately three decades; the one of the neighboring portion, with conventional soy planting since 1976, presented serious compaction problems; the one of the direct planting, initiate starting from 1995, on area previously busy with the conventional soy planting, represented the tentative system cultivation for recovery of the structure degraded by the compaction. Both cultivation portions passed by an adaptation of the physical-chemistry properties in 1994, year that it served as base for analysis of the handling systems effects on the soils after about five subsequent years, when this research was accomplished.

The approach was above all qualitative, with emphasis in the macro and micro morphological observation of the structures and porousness of the soils, leaning for other data as rehearsals using penetrometer for measuring firmness in the field and analytic of the studied materials, being these last, physical, chemical (relative of the correction and fertilization) and of production/productivity. The main obtained results indicate that:

- The system of conventional handling with soy (annual rotation with corn), was the one which more affected: a) the porousness of natural piling up of the granules, with reduction of little more than 50% for about 30% of the volume and of the interconnection characterizing a certain porous closing; b) the structure of the soil, for partial coalition of the micro aggregates and emergence of fissures intra aggregates composing volumes or big blocks, continuous and solid even little decimeter porous;
- The direct planting system presented smaller closing of the porousness, maintained between 40 and 50%, with closer characteristics of the Savannah soil or of the Bw horizons, although it presented typical compaction rests as sub angular fissured blocks in the affected horizons for the handling.
- The soil resistance to the penetration was revealed an important auxiliary to the trenches lease, although it has allowed initial doubt in the Savannah soil for a certain resistance in the superficial horizon, it was undone with the micro morphological observation, being treated of natural compactness, linked to the wetting cycles and seasonal dryness. The number of impacts, related to the strong compaction, was from 10 to 20 impacts/dm, the moderate from 5 to 10 impacts/dm, the weak from 3 to 8 impacts/dm and the absentee from 1 to 3 impacts/dm.
- The strips corresponding to the line and interlineation culture, as well as the passage of the picker, didn't show correlation with the compaction.
- There was shy reduction of the fertilization with NPK, in amount and in the proportion of the elements. There was significant increase of the corn productivity, but not the soy, one in both handling systems, fact that was directly correlated with the physical-chemistry properties adaptation, accomplished in 1994.
- The results allowed concluding that five years already reveal positive effects of the direct planting with relationship to the recovery of the joined structure of the soils, but still do not supply enough information how much the use of inputs, whose reduction is practically unaffected. They also allowed the indicative parameters obtaining for the cartographic generalization and other regional studies.

CAPÍTULO I

1 - INTRODUÇÃO

Com a expansão agrícola ocorrida nas últimas décadas, após a denominada modernização da agricultura e da política governamental voltada para estes fins, o Cerrado passou a ser intensamente ocupado e, desde então, sua vegetação natural vem sendo substituída por diversas atividades, principalmente aquela voltada para a produção de grãos.

Tal processo desencadeou no Cerrado intensas transformações de natureza econômica, social e ambiental, pois, em nome do desenvolvimento econômico, houve uma exploração, na maioria das vezes, intensa e sem considerar as características próprias desta região.

No que concerne às transformações de cunho ambiental, aquelas observadas no solo, têm se revelado preocupantes por incorrerem em problemas de degradação como compactação, erosão e contaminação por agrotóxicos, os quais são cada vez mais comuns e resultantes da ausência ou inadequação de práticas de manejo e conservação do solo.

A partir da modernização agrícola, novas culturas foram introduzidas no país, dentre as quais a soja, que teve grande expansão nas áreas de Cerrado. Atualmente esta cultura ocupa extensas áreas da referida região, substituindo outros tipos de uso do solo, como ocorreu em Uberlândia (MG) e em outras localidades do Triângulo Mineiro. A expansão da soja nos Cerrados pode ser explicada pela demanda do produto no mercado internacional e pelo conseqüente interesse do governo brasileiro na sua produção, uma vez que, por se tratar de uma cultura voltada, principalmente, para a exportação, a mesma contribui para gerar divisas para o país.

Nas áreas de Cerrado, a correção química e a motomecanização são elementos fundamentais para o cultivo da soja. Como o desempenho dos sistemas de manejo adotados nesta cultura está relacionado às condições de relevo, as áreas planas como as chapadas do Triângulo Mineiro, têm sido preferencialmente, procuradas para este tipo de atividade agrícola.

Sabe-se que o emprego de maquinários pesados e o uso intenso dos solos, em especial os argilosos, colaboram, significativamente, para que ocorra a compactação do solo, cujas alterações introduzidas na estrutura e porosidade

acarretam redução na circulação do ar e da água. Consequentemente, este fato irá prejudicar o próprio solo e o desenvolvimento das plantas, sendo comum, dentre outras, manifestações como a dificuldade de crescimento do sistema radicular, o apodrecimento de raízes pelo empoçamento de água na superfície e/ou subsuperfície, o aparecimento de plantas com tamanhos variados, a impermeabilização superficial e a redução das taxas de infiltração.

As implicações ambientais, porém, são mais amplas, considerando que as duas últimas ocorrências acima citadas geram maiores escoamentos superficiais, induzindo o surgimento de processos erosivos e a diminuição da recarga dos lençóis freáticos, o que pode comprometer, até mesmo, a alimentação de nascentes.

No cultivo da soja, o sistema tradicional de manejo tem sido apontado, na grande maioria, como o principal responsável pela pulverização e compactação do solo, devido às diversas etapas de movimentação deste e utilização intensa de maquinários pesados. A degradação do solo tem ocorrido, sobretudo, nos casos em que o sistema de manejo convencional é mal conduzido, com ausências de práticas conservacionistas. A constatação deste quadro tem motivado a substituição do referido sistema de manejo, principalmente a partir da década de 1990, pelo sistema plantio direto que, ao contrário, tem-se mostrado benéfico, por criar condições mais próximas do ambiente natural. Tais vantagens devem-se ao fato de que, neste último, o solo praticamente não é mobilizado, o uso de maquinários é menor e o plantio é feito sobre os restos da cultura anterior (palha), reduzindo o impacto sobre sua estrutura.

O plantio direto vem sendo apontado ainda como forma de minimizar os problemas decorrentes do sistema de plantio convencional, por recuperar estruturas degradadas pela compactação e atuar na redução das perdas de biomassa e fertilidade do solo. Tais benefícios para o solo são decorrentes da incorporação dos restos culturais, os quais mantêm ou aumentam os teores de matéria orgânica, promovem a formação de agregados e melhoram, assim, a estabilidade, porosidade e fertilidade do solo. Vários estudos vêm sendo realizados no sentido de avaliar também o tempo necessário para que se processe a recuperação da estrutura.

Os efeitos dessa mudança no sistema de manejo ainda não estão completamente compreendidos, embora os impactos negativos sejam relacionados, na maior parte, com o sistema de plantio convencional. Em contraposição, têm havido mudanças significativas e benéficas em extensas áreas, no que diz respeito a um certo controle da erosão, o que, aparentemente, está relacionado com a adoção do sistema plantio direto.

A sustentabilidade desse sistema de produção, entretanto, ainda é uma incógnita a longo prazo. O desenvolvimento sustentável requer eficiência técnica, estabilidade econômica, estabilidade social e coerência ecológica (CUNHA, 1994) e é possível que este último ainda esteja sendo sacrificado ou não tenha sido suficientemente alcançado. Desta forma, este estudo pretende contribuir para auxiliar na sua avaliação.

Diante do exposto, nota-se a importância da realização de estudos sobre as alterações nas propriedades físicas do solo do Cerrado, sob o cultivo da soja, bem como, sobre os efeitos das diferentes práticas de manejo, como subsídio para a recuperação das áreas degradadas.

A área escolhida para o trabalho encontra-se no município de Uberlândia, região do Triângulo Mineiro e situa-se na chapada Uberlândia-Uberaba (SCHNEIDER, 1996), a qual constitui-se numa porção representativa do bioma Cerrado na região. Nos últimos anos, a referida chapada tem apresentado grandes extensões ocupadas pela soja, sendo que o histórico de uso e ocupação dos solos, revela uma mudança nas práticas de manejo, onde o sistema de plantio convencional vem sendo substituído, em larga escala, pelo sistema de plantio direto em função dos impactos constatados, sobretudo compactação e erosão, bem como, devido às vantagens relatadas.

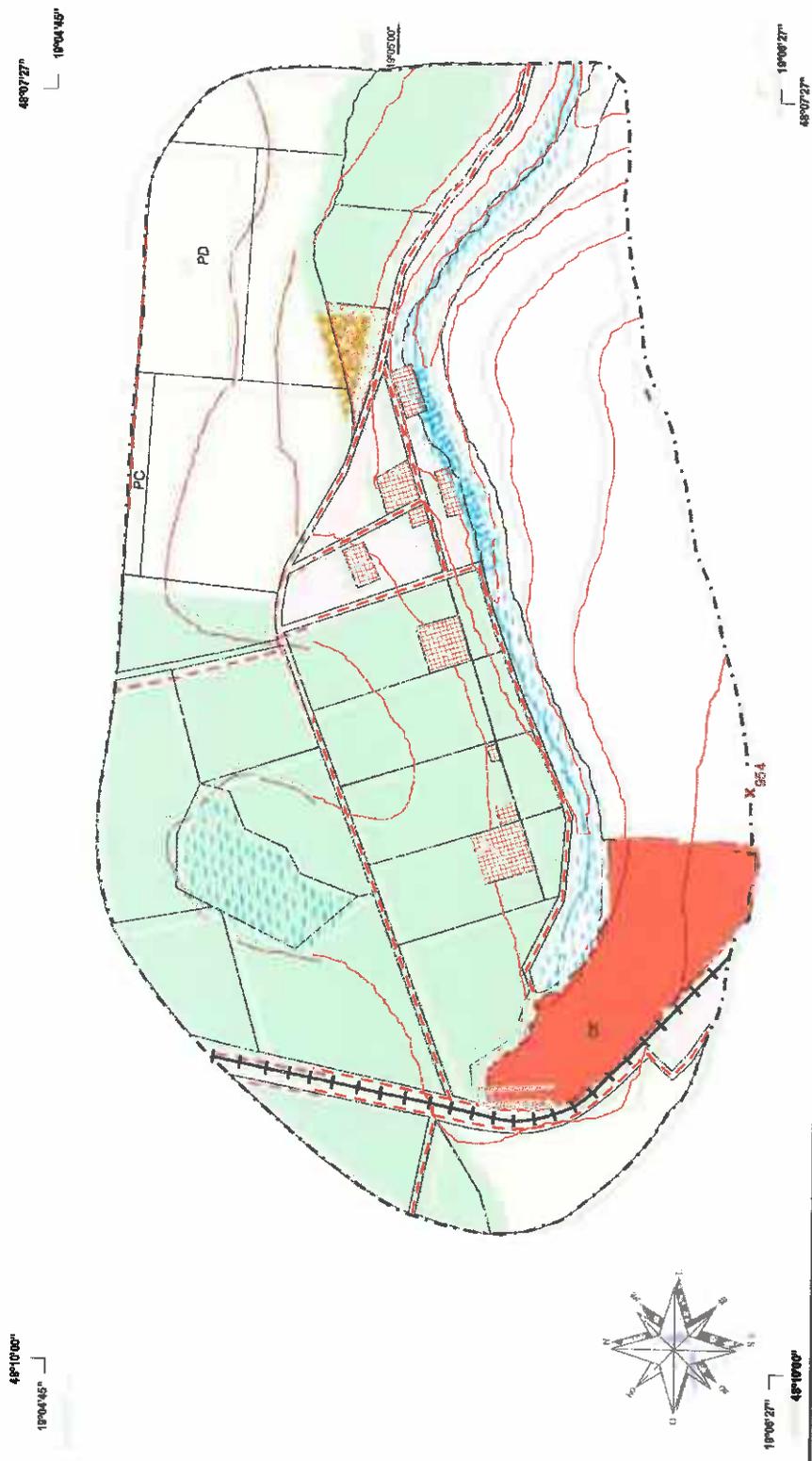
A presente pesquisa envolveu o estudo comparado de três diferentes situações, correspondentes a uma área de vegetação natural de Cerrado, sem alterações nas características físicas do solo e considerada como testemunho, bem como, duas outras áreas com o cultivo da soja, sob formas de manejo distintas - o sistema de plantio convencional e o sistema de plantio direto.

Para tanto, tornou-se necessário escolher uma área específica representativa da região, com as seguintes características: a) o quadro natural e a ocupação dos latossolos espessos e homogêneos, dos topos elevados e planos

da chapada Uberlândia-Uberaba deveriam estar assegurados; b) a área delimitada deveria permitir a descrição e a amostragem para o estudo das transformações ocorridas em função dos dois sistemas de manejo dos solos utilizados na cultura da soja, bem como, deveria conter próximo destas, nas mesmas condições de solo e relevo, uma área testemunho com vegetação natural, de forma a garantir a comparação e, c) era necessário que a área escolhida contasse com um controle razoavelmente seguro do histórico de uso e manejo.

A proposta de investigação privilegia um recorte analítico que implica no estudo mais aprofundado de um dos componentes mais significativos da estrutura superficial da paisagem, o solo, e deste, a sua estrutura, com o intuito de verificar seu comportamento morfológico face à consequência dos dois manejos adotados no cultivo da soja, tendo como referência a área testemunho. Priorizou-se a análise do comportamento macro e micromorfológico, para melhor caracterização do fenômeno de compactação, no sentido de verificar se de fato o grau de recuperação da agregação e porosidade do solo é melhor com o sistema plantio direto. Assim, pretende-se fornecer alguns subsídios para um planejamento mais adequado do uso e manejo agrícola do solo numa perspectiva sustentável.

Figura 14 - Uso do Solo da Bacia do Córrego Bandeira em 1999



Fonte: DSG/M. E. Cartas topográficas Granja Planalto (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NO) e Córrego Rancharia (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NE), 1983, escala 1:25.000
 IBC/GERCA. Fotografias aéreas, 1979. Escala 1:25.000
 PINUSPLAN REFLORESTADORA. Carta de Planejamento de uso do solo, 1999, escala: 1:20.000 (inédito)

Autoria:
 Auristela Afonso da Costa (2000)
Elaboração Digital:
 Lenira Tercia Oliveira Olazar

Legenda

	Drenagem		Cerrado
	Área limite		Pastagem e Cerrado
	Curvas de nível		Degradado
	Ponto coberto		Campo úmido
	Estradas vicinais		Cultura Temporária (soja/milho)
	Ferrovia		Reflorestamento c/ Pinus
	Divisor da bacia		Reflorestamento c/ Eucaliptus
	Cerrado		Campo úmido c/ reflorestamento
	Plantio convencional		Edificações
	Plantio direto		Sem mapeamento do uso do solo

CAPÍTULO II

2 - OBJETIVOS

No intuito de contemplar a problemática exposta, a presente pesquisa foi desenvolvida com os seguintes objetivos:

- **Geral**

Compreender o fenômeno de degradação do solo por compactação e sua recuperação, como fatos associados aos sistemas de manejo no cultivo da soja, em área de Cerrado da chapada de Uberlândia, região do Triângulo Mineiro.

- **Específicos**

- 1) Caracterizar a macro e micromorfologia dos perfis de solo representativos das situações de manejo enfocadas;
- 2) Comparar a morfologia dos solos cultivados com uma área-testemunho, onde o Cerrado está preservado, para referenciar os graus de modificações ocorridas com os dois tipos de manejo;
- 3) Reconhecer e diferenciar as alterações nas características físicas dos solos relacionados;
- 4) Extrair os indicadores estruturais de degradação e de recuperação dos solos, para fins de generalização regional, com vistas a subsidiar ações de controle.

CAPÍTULO III

3 – A COMPACTAÇÃO DOS SOLOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE OS PRINCIPAIS ASPECTOS RELACIONADOS

3.1 – A origem do problema

A região dos Cerrados tem sido palco de significativas transformações, especialmente a partir da década de 60, quando teve início nestas áreas a modernização da agricultura, a qual intensificou seu processo de ocupação agrícola, em especial voltada para a produção de grãos.

Estas transformações ocorreram em vários níveis, sobretudo no âmbito econômico, social e ambiental, sendo desencadeadas em função do contexto desenvolvimentista, vivido pelo país naquele momento histórico. Nesse sentido, SCHNEIDER (1996), retrata que, em meados da década de 60, o governo militar, sob a pretensão de integrar a economia brasileira à economia capitalista mundial, permitiu a entrada de capital externo através das empresas multinacionais e empréstimos governamentais. Concomitantemente a esta medida, foi iniciado o incentivo à política de produção agrícola, voltada, principalmente, para atender o mercado externo.

A autora ainda acrescenta que, neste período, o governo acreditava ser necessária a superação do atraso agrícola do país, pois o mesmo era apontado como um empecilho ao desenvolvimento, em função do emprego das técnicas e processos tradicionais da agricultura.

Neste sentido, a criação de uma política visando a modernização da atividade agrícola viria justificar-se através da busca de melhorias da produtividade no país, a qual era considerada ainda muito baixa. Somada a este fato, estava a necessidade de ocupação da região dos Cerrados, legitimando o discurso desenvolvimentista governamental daquele período. Conforme ressalta PÉRET (1997), a idéia de grande vazío inexplorado foi um dos fatores preponderantes na justificativa para implantação de novas tecnologias e cultivo na região, além de viabilizar subsídios econômicos para essa nova fronteira agrícola.

Com essa finalidade, foram criados na década seguinte vários planos governamentais, os quais injetaram uma quantidade elevada de recursos financeiros, como forma de modernizar a agricultura e promover, assim, a

ocupação das áreas de Cerrado, consideradas, segundo GOEDERT (1986), improdutivas por problemas de fertilidade e acidez do solo.

Dentre os vários programas destinados a estas áreas, de acordo com GALINDO e SANTOS (1995), destaca-se o POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados), criado em 1975, e o PRODECER (Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados), implementado em 1979, os quais atingiram porções representativas da região do Cerrado. MUELLER (1990) *apud* CUNHA (1994), observa que estes programas foram os que proporcionaram maior impacto sobre o crescimento da agricultura nessa região.

Diante da política agrícola e de ocupação dirigida ao Cerrado, disponibilizando créditos, incentivos fiscais e todo um aparato tecnológico, a realidade desta região passa a ser outra. De inaproveitável para a agricultura, os solos do Cerrado transformam-se em foco de interesse do governo e da iniciativa privada. Ao referir-se às transformações ambientais decorrentes da implantação de alguns planos governamentais, PÉRET (1997, p.357) observa que “os cerrados passaram a ser vistos como base, só como solo, assim mesmo pobre, para a implantação de um pacote tecnológico, onde a produção agrícola não privilegiaria a mesa do povo, mas o mercado externo”.

CUNHA (1994) observa que, antes do desenvolvimento científico e tecnológico ocorrido após a década de 70, a agricultura no Cerrado, se limitava a pequenas áreas de solos férteis inseridas nessa região, constituindo-se, portanto, em um produto de conquistas da pesquisa agrônômica no país.

No entanto, após este período, a disponibilidade no sistema agrícola das técnicas como fertilização e correção da acidez do solo, irrigação, melhoria genética de sementes e mudas, técnicas de manejo variadas, maquinários motomecanizados e muitas outras, tornaram possível a exploração dos solos do Cerrado. O autor acima citado denominou este processo de “*construção do solo agrícola*”, pois os solos do Cerrado transformaram-se de recurso natural para “*capital artificialmente produzido*”.

Sem perder de vista os objetivos da pesquisa, é importante acrescentar que a exploração agrícola nos Cerrados esteve, de um modo geral, distante do denominado desenvolvimento sustentável, pois, conforme retrata o autor

supracitado, para a concretização desta meta é preciso que haja quatro aspectos intimamente relacionados entre si: eficiência técnica, estabilidade econômica, estabilidade social e a coerência ecológica.

Apesar de todos estes aspectos estarem de forma direta ou indireta relacionados ao tema desta pesquisa, dar-se-á ênfase a este último, na busca de maiores subsídios para o problema inicialmente exposto.

Para que haja a coerência ecológica, segundo CUNHA (1994, p.11) é preciso que *“a intensidade do uso do solo, ditada pela pressão da demanda, não ultrapasse sua capacidade de suporte”*, sendo esta definida por sua aptidão agroecológica. Conforme ainda observa o autor, a região dos Cerrados é muito heterogênea, apresentando ecossistemas com vários comportamentos frente à ação antrópica, os quais variam entre estáveis e resistentes a extremamente sensíveis. A intensidade de exploração dos mesmos irá variar com o tipo e a técnica de cultivo, dentre os quais, as lavouras temporárias intensamente mecanizadas são consideradas as mais agressoras ao meio ambiente.

Ainda segundo o autor supracitado, a tecnologia tornou ampla as possibilidades de aproveitamento do solo, sendo possível produzir, até mesmo, em solos não-aptos para a exploração agrícola. Todavia, esta não é a principal questão relacionada ao problema da insustentabilidade agrícola, pois conforme retrata CUNHA (1994, p.118) *“pode-se com segurança afirmar que mais danos têm sido causados ao meio ambiente, nos cerrados, porque terras aptas foram exploradas inadequadamente do que por terem sido exploradas terras inaptas. As vastas áreas de terras erodidas e pastagens degradadas que se tornaram parte da paisagem da região ocorreram não em ecossistemas mais frágeis mas nos mais resistentes e perfeitamente adequados ao desenvolvimento de culturas”*.

O autor acrescenta ainda, que muitos dos problemas ambientais relacionados à expansão da atividade agrícola são decorrentes do uso inadequado da tecnologia ou pela inexistência de tecnologia adequada para aquele tipo particular de exploração.

Percebe-se, diante do exposto, que a origem primordial dos problemas de degradação no solo, tão comuns nos dias atuais, não seria devida à inaptidão agrícola, mas sim, à exploração inadequada, fruto dos interesses capitalistas, que visam o retorno do capital investido a curto prazo. Como já foi citado

anteriormente, o solo passou a ser um capital artificialmente produzido, visando, sobretudo a produção e deixando a questão ambiental relevada a segundo plano.

CAMARGO e ALLEONI (1997) observam que, com o surgimento da agricultura intensiva, passa a ser comum o tráfego de maquinários nas áreas destinadas ao uso agrícola e o cultivo tem sido conduzido de forma a priorizar mais o planejamento temporal do que a conservação do solo, o que tem levado ao aparecimento sistemático da compactação em várias regiões do país, comprometendo, conseqüentemente, a produtividade agrícola.

Nesse sentido, SILVA e KATO (1997), apontam que, na região do Brasil Central, os solos, apesar dos altos teores de argila, naturalmente, apresentam alta capacidade de infiltração e elevada macroporosidade. No entanto, os autores acrescentam que diante da agricultura intensiva realizada nestes solos, tem sido necessário recorrer à técnicas para conter os processos erosivos, o que é um indicativo da alteração de suas características físico-hídricas ao longo do período de sua exploração econômica.

MONDARDO (1984, p.53) já observava que as áreas agrícolas vinham passando por um processo acelerado de *“degradação da capacidade produtiva”* em função do uso e manejo inadequados e, sobretudo, *“pela mecanização intensa e desordenada, associada a sistemas agrícolas de monoculturas contínuas ou sucessões contínuas de culturas”*.

É oportuno lembrar que o processo de degradação do solo, seja por erosão ou compactação, implica em questões muito mais amplas que a queda da produtividade, pois além das perdas econômicas, afeta negativamente o meio ambiente, comprometendo o aproveitamento do solo para gerações futuras e, conseqüentemente, implicando, em problemas sociais.

Entre as áreas de Cerrado do Brasil Central, muito procuradas para o cultivo de grãos e que tem apresentado problemas de degradação, estão, de acordo com BARCELOS (1997), aquelas correspondentes aos latossolos, sobretudo, de textura argilosa ou muito argilosa. RESCK (1997), dentre outros, aponta que estes solos tem como principais características, em condições naturais, a baixa saturação em bases, elevada acidez, alta saturação em alumínio e topografia suave ondulada que facilita a mecanização. LEPSCH (1982) acrescenta que os latossolos apresentam uma estrutura composta por torrões

muito pequenos, compactos e friáveis, com espaço poroso desenvolvido a partir do arranjo natural entre estes torrões, proporcionando boa permeabilidade, mesmo no caso dos solos argilosos. BARCELOS (1997) observa que a estrutura granular própria destes solos, é responsável pela elevada porosidade (macro e microporos), o que permite uma boa circulação do ar, bem como, infiltração e retenção da água no solo.

Observa-se que, de um modo geral, os latossolos apresentam características físicas propícias ao desenvolvimento radicular. Apenas as propriedades químicas naturais é que se colocam como fator limitante ao aproveitamento agrícola, o que deixa de ser empecilho diante das técnicas de correção e adubação. Todavia, se não forem adotadas práticas de manejo e conservação adequadas, estes solos podem apresentar vários problemas de degradação e, conseqüentemente, se tornam menos aptos à agricultura com o passar do tempo.

Para manter-se a aptidão agrícola nesse contexto, os custos da produção aumentaram, levando os proprietários a abandonarem as terras degradadas e incorporarem novas áreas através do desmatamento. Este processo, até alguns anos atrás, ocorreu numa velocidade vertiginosa e, apesar de hoje ser menos significativo, ainda ocorre em algumas regiões brasileiras.

Assim, segundo BARCELOS (1997), a estrutura natural dos latossolos, que é favorável à mecanização e ao bom desenvolvimento das raízes, pode ser modificada em função do uso intensivo de maquinários e do pastoreio, sobretudo quando o teor de umidade está elevado. MONDARDO (1984); RESCK (1997) também acrescentam que a alta porosidade e infiltração, próprias dos latossolos podem ser comprometidas, se não houver um manejo adequado, levando-os a apresentar, dentre outros, problemas erosivos graves.

De acordo com CORSINI (1993) as ações mecânicas de preparo e plantio, nos latossolos modificam em pouco tempo, a relação que existe entre massa/volume e degradam o arranjo natural do solo. O autor acrescenta que quanto mais pobre a estrutura do solo maior é a necessidade de mobilizá-lo mecanicamente e, ao adotar esta operação, a mesma estará contribuindo para um maior empobrecimento da estrutura. Desta forma, observa-se que é criado um

ciclo contínuo de degradação do solo, caso não seja tomada uma medida para reverter o processo ou eliminá-lo.

3.2 – A degradação da estrutura do solo por compactação

Para melhor compreender a questão exposta, tornou-se necessária uma revisão da literatura específica sobre as formas de degradação, enfatizando os processos de compactação e suas conseqüências, no intuito de obter-se o apoio ou suporte do recorte analítico realizado nesta pesquisa, como a seguir.

GROHMANN (1972) destaca que a estrutura é de grande importância no comportamento agrícola dos solos, citando a grumosa (granular do horizonte A e granular muito pequena do horizonte B dos Latossolos) entre aquelas favoráveis à penetração do sistema radicular e da circulação da água e nutrientes no solo. Conforme observa o autor, esta propriedade do solo é dinâmica e pode sofrer alterações com o tempo ou em decorrência de manejos e preparos do solo incorretos, de modo cumulativo.

RIZZO (2000) também chama a atenção para as alterações que ocorrem na estrutura, podendo haver evolução de um tipo para outro, conforme as variações dos fenômenos geomorfológicos, climáticos e, principalmente, do uso/manejo dos solos. Neste contexto, cabe ressaltar que as mudanças provocadas pelo uso e manejo agrícolas ocorrem com maior rapidez e intensidade que aquelas geradas pelos demais fatores, exceto, é claro, nos casos de vulcanismo e movimentos sísmicos. O autor, lembrando PLAISANCE e CAILLEAUX (1958) ressalta que a boa estrutura é aquela que apresenta uma grande proporção de agregados, possibilitando a circulação da água e do ar, bem como, a atividade biológica no solo.

CAMARGO e ALLEONI (1997) acrescentam que, solo bem estruturado é aquele que, mesmo na presença de variações abruptas de umidade e de fortes precipitações, mantém a estabilidade dos agregados, destacando entre estes, os solos argilosos, com alto teor de óxido de ferro. Conforme os autores, tal característica atribui a estes solos alta retenção e movimentação de água, o que os assemelha aos solos arenosos quanto a estas propriedades.

Estes autores ainda observam que nos solos argilosos não há restrições ao cultivo mecanizado convencional, desde que a circulação da água ao longo do perfil seja livre, pois somente diante de boas taxas de infiltração e de percolação é que não haverá acúmulo superficial ou subsuperficial. No entanto, onde o solo se apresenta compactado e, conseqüentemente, com a circulação hídrica afetada, estes autores recomendam que se utilize sistemas de cultivo reduzido, como forma de diminuir o tráfego de máquinas e de proporcionar uma adequada conservação do solo.

Conforme exposto anteriormente, o uso intenso e o manejo inadequado alteraram o arranjo estrutural dos latossolos, levando-os ao processo de compactação.

KERTZMAN (1996, p.6) ao estudar a interferência do processo de compactação na estrutura e no comportamento de um Latossolo Roxo do município de Guaíra/SP destacou que "*as diversas definições apontam a compactação como um processo mecânico de redução do volume de poros do solo, em vista do rearranjo das partículas sólidas*", acrescentando que, em decorrência de tal processo, há modificações no arranjo interno do solo. Conforme o autor, trata-se, de um processo de alteração física, **decorrente da ação humana**¹, com efeitos sobre o comportamento da água e do ar no solo, o que por sua vez, afeta o desenvolvimento das raízes e das plantas, dentre outros problemas.

GROHMANN (1972) já denominara de camadas compactadas àquelas resultantes do manejo do solo, diferenciando estas de camadas adensadas, as quais tem como origem processos pedogenéticos, tais como iluviação, ciclos de dessecação/umectação, etc. Segundo o autor, ambas prejudicam as plantas, devido ao impedimento físico imposto ao sistema radicular, bem como, por provocarem restrição do movimento de água e do ar ao longo do perfil.

Sobre as camadas compactadas, o autor acima citado atribui que as mesmas são decorrentes de forças de compactação, tais como aquelas geradas por implementos agrícolas e pisoteio intenso, estando estas, geralmente localizadas em horizontes superficiais até aproximadamente 20 cm de

¹ Grifo nosso.

profundidade, além de não apresentarem diferenças texturais em relação às subjacentes.

JORGE (1985) explica que na presença de uma determinada pressão, o solo se deforma, ocorrendo a movimentação das partículas sólidas e da fase líquida que, por sua vez, irão preencher o espaço ocupado pela fase gasosa, com a conseqüente redução no volume do solo. O autor retrata que os solos argilosos, caracterizam-se por apresentar partículas menores e porosidade total maior, no entanto, são mais susceptíveis à compactação que os solos arenosos. Isso ocorre porque sob o efeito da pressão, as partículas finas de argila, por rolamento, passam a ocupar os espaços porosos, gerando redução em seu volume e, conseqüentemente, aumento da densidade global e diminuição dos poros.

De uma forma bem simples, o autor acima citado explica o processo de compactação como sendo "*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, p.90)

Nesse caso, quanto mais acentuada for a compactação do solo, maior será o valor obtido para densidade global e, conseqüentemente, menor será a quantidade de vazios ou porosidade do solo, uma vez que as partículas sólidas estarão ocupando o espaço poroso anteriormente preenchido pela água ou ar.

KERTZMAN (1996) considera que na agricultura, o manejo é o principal responsável pela compactação e atribui o peso exercido pelos maquinários e a ação dos implementos como a fonte de energia compactadora.

Nesse sentido, CORSINI (1993) reforça o que foi exposto pelos autores acima citados, atribuindo como principais causadores da compactação, o cultivo intensivo e o tráfego de máquinas. O autor explica que o cultivo intensivo influencia na alteração da estrutura de duas formas. A primeira, ocorre com a mobilização do solo pelos implementos agrícolas, que ao ser efetuada, destrói as ligações entre suas partículas, promovendo, conseqüente, redução no tamanho dos agregados e alteração na porosidade. A segunda é atribuída à queda no teor de matéria orgânica nas áreas regularmente cultivadas, pois em função do seu papel agregador, tal fato contribui para a deterioração da estabilidade dos agregados.

Quanto aos efeitos do tráfego de máquinas e implementos agrícolas, o autor supracitado explica que a compactação do solo ocorre imediatamente após o preparo para o plantio, sobretudo, quando há a denominada “soleira de arado”, que consiste em uma camada compactada em subsuperfície, tendo nesse caso, a função de anteparo em relação à pressão causada pelos maquinários na superfície. JAKOBSEN e GREACEN (1985) *apud* CAMARGO e ALLEONI (1997) também reforçam a idéia de que o efeito mais significativo da compactação ocorre imediatamente às primeiras passadas dos maquinários agrícolas.

CAMARGO e ALLEONI (1997) lembram que em condições de campo, nem sempre é possível perceber as marcas deixadas pelas rodas dos maquinários agrícolas, devido ao fato de estarem encobertas por operações realizadas em etapas posteriores. Desta forma, ao observar a superfície do terreno é preciso levar em consideração que tais marcas podem ter afetado uma área de forma mais representativa do que aquelas percebidas visualmente.

Tal fato torna-se mais preocupante, diante do que JORGE (1985), dentre outros, já observaram quanto ao peso dos veículos sobre a superfície do solo, o que tem sido considerado como um dos fatores preponderantes da compactação, por originar a força externa, responsável pela reorganização das partículas, que passam a ocupar menor volume. O problema tende a ser agravar, especialmente, porque, segundo o autor, tem havido um aumento do peso das máquinas agrícolas, uma vez que, em 1940, um trator pesava em torno de três toneladas, enquanto hoje, caminhões e colhedeiças carregadas chegam a superar mais de quinze toneladas. Esta situação torna-se mais grave nos casos em que os solos são submetidos a dois plantios anuais, porque a compactação pode se tornar cumulativa.

No entanto, DANIEL e MARETTI (1990) *apud* CAMARGO e ALEONNI (1997), acrescentam que, geralmente, o efeito da compactação causada por máquinas e implementos agrícolas não excede 0,50 m, independente do tipo de solo e do peso dos maquinários. Nesse sentido, tais autores consideram como camada compactada aquelas cujos valores de densidade e/ou resistência à penetração sejam superiores aos obtidos em tal profundidade.

Em condições de campo, a ação dos implementos agrícolas na reorganização das partículas primárias e agregados irá se processar, segundo

CAMARGO e ALLEONI (1997), em duas fases distintas. De forma resumida, a primeira fase consiste no preparo do solo, quando há uma destruição **desejável**² dos agregados e grande parte da energia dos maquinários é consumida para tal finalidade. A segunda refere-se ao tráfego posterior de máquinas e implementos, sendo que a ação destes sobre o solo preparado, ocorre no sentido de empurrar as partículas do solo umas contra as outras, o que será responsável por um arranjo compacto. Desta forma, o potencial de compactação estará relacionado diretamente com a maior pulverização do solo na etapa anterior, ou seja, haverá um maior potencial de compactação se a pulverização for maior.

De acordo com D'AGOSTINI (1981), de imediato, o preparo do solo pode até melhorar suas condições, entretanto, com o cultivo realizado a cada ano a estrutura pode estar sendo destruída e, conseqüentemente, alterando o arranjo natural do solo e os processos físicos a ele relacionados, como por exemplo, os fluxos de água.

CORSINI (1993) observa que a destruição dos agregados, decorrente do tráfego de máquinas agrícolas ocorre, sobretudo em condições de elevada umidade, provocando uma mudança no volume do solo. O autor denomina este processo de empastamento, como uma tradução da expressão "*puddling process*" atribuída, há muito tempo, por BODMAN e RUBIN (1948).

O aumento do teor de umidade no solo, de acordo com KERTZMAN (1996), irá promover uma lubrificação entre as partículas sólidas, em função da película de água que estará envolvendo as mesmas. O atrito entre tais partículas, que era forte no solo seco, reduz-se, proporcionando maiores plasticidade e compressão e, conseqüentemente, refletindo na elevação dos valores de densidade do solo.

Mas além da compactação na superfície, CAMARGO e ALLEONI (1997), dentre outros, lembram que pode ocorrer também a compactação provocada por equipamentos que trabalham na subsuperfície. Nesta camada, tal processo varia quanto à intensidade e se manifesta no momento de preparação do solo, em que o disco ou a aiveca, por exemplo, exercem esforço no fundo do sulco, no intuito de mover a parte superior do solo. Este efeito é mais significativo nos solos argilosos.

² Grifo nosso

GASSEN e GASSEN (1996) mostram que o adensamento gerado pelo uso de arado, grade e trânsito de máquinas ocorre geralmente, nas profundidades aproximadas de 6 a 15 cm e 10 a 25 cm, para solos argilosos e arenosos, respectivamente.

MANTOVANI (1987) *apud* KERTZMAN (1996); RESCK e GOMES (1997) *apud* RESCK (1997); BARCELOS (1997) também chamam a atenção para a compactação subsuperficial, formada na base da camada arável devido a passagem de implementos em uma mesma profundidade, sendo esta denominada de “*pé-de-grade*” ou “*pé-de-arado*”.

Todas estas alterações provocadas nas propriedades naturais do solo pelo processo de compactação, geram mudanças no próprio solo e refletem no desenvolvimento das plantas, produzindo alguns sintomas visuais, que, conforme observam CAMARGO e ALLEONI (1997), consistem numa forma prática, rápida e fácil de identificação. Outros autores como ROBERTSON e ERICKSON (1978) *apud* JORGE (1985); CORSINI (1993); KERTZMAN (1996) também chamam atenção para estes aspectos.

No solo, os principais sintomas são: formação de crostas superficiais; fendas ou trincas nas marcas das rodas dos tratores; zonas endurecidas em subsuperfície; empoçamento de água; erosão excessiva provocada pela água das chuvas; necessidade progressiva de maior potência nas máquinas de cultivo e presença de resíduos vegetais parcialmente decompostos, meses após sua incorporação, além de doenças ou apodrecimento das plantas.

Nestas plantas, os sintomas visíveis mais freqüentes são: baixo índice de emergência ou emergência lenta da plântula; plantas com tamanhos variados, havendo tendência de apresentar mais plantas pequenas do que com porte normal; plantas de coloração deficiente ou com cores anormais; sistema radicular pouco profundo; raízes malformadas ou com deformações, havendo maior incidência de pêlos absorventes; plantas murchas e com pouco desenvolvimento nos períodos de chuva e secos; ramos novos, recurvados e de diâmetro variável.

CAMARGO e ALLEONI (1997), porém, ressaltam que, deve-se ficar atento nesta observação para não confundir os malefícios decorrentes da compactação com aqueles advindos de secas, deficiências nutricionais, toxidade por alumínio

ou manganês, nematóides, entre outros e que apresentam uma certa similaridade.

Para comprovar a compactação e seus efeitos de uma forma mais segura, a literatura científica aponta vários parâmetros que podem ser utilizados nesta avaliação, dentre os quais estão aqueles ligados às variáveis porosidade, densidade do solo, taxa de infiltração de água e perfil de resistência ao penetrômetro, que constituem as principais características do solo afetadas por este processo.

RIZZO (2000) ao estudar o processo de reversibilidade (“resiliência”) da compactação de um Latossolo Vermelho Escuro cultivado com citros e eucalipto, em Itapetininga-SP, aponta que entre os indicadores da estrutura e de seu comportamento, os mais utilizados são a morfologia, a porosidade e a estabilidade dos agregados. Neste estudo, porém, dentre os vários métodos a que o autor recorreu para compreender o processo de compactação e de recuperação da estrutura degradada, devido ao uso de cobertura verde de capim braquiária na rua e adição de palha morta na linha da cultura, os indicadores que se apresentaram mais vantajosos, em função da aplicação direta no campo, fornecendo resultados seguros e imediatos, foram a morfologia descrita através do perfil cultural (TAVARES FILHO, BALBINO e NEVES, 1999), a resistência à penetração e a observação da entomofauna.

Diante do exposto, faz-se necessário discutir um pouco sobre os indicadores da compactação no solo, para melhor compreender tal processo.

Como já foi dito anteriormente, a compactação promove uma mudança no arranjo estrutural do solo, afetando desta forma, os espaços entre as partículas sólidas, os quais representam a porosidade do solo e são preenchidos com água ou ar. Segundo JORGE (1985), esta alteração estrutural do solo reduz o tamanho dos poros, podendo, em situações extremas de compactação, desaparecer. Conforme observa o autor, quando ocorre a redução ou o estrangulamento do espaço poroso, haverá dificuldade de penetração e deformações no sistema radicular, sendo comum raízes tortuosas, crescendo horizontalmente. De acordo com CAMARGO (1975), a morfologia das raízes irá variar com a intensidade de oxigenação no solo, sendo que, quando há uma boa aeração as plantas apresentam sistema radicular longo e com muitas ramificações. Observa-se,

então, que diante da compactação do solo existe uma tendência de reduzir, além do espaço poroso total, também o tamanho dos poros.

D' AGOSTINI (1981) lembra que, ao analisar a porosidade, o tamanho dos poros constitui-se em um fator primordial, sendo mais relevante que o próprio volume total de poros. Segundo o autor, a distribuição dos mesmos depende, sobretudo, da textura e do arranjo das partículas sólidas e terá uma relação direta com as condições de aeração, fluxos e retenção de água. Nesse sentido, CAMARGO e ALLEONI (1997) também apontam que a classe textural influencia na dimensão dos poros e que, este fator, por sua vez, será determinante no potencial de água retida e na sucção necessária para esvaziar os poros. Assim, haverá uma relação inversamente proporcional, pois à medida que aumenta o tamanho dos poros, diminui a sucção necessária para retirar a água.

A quantidade de água no solo e a sucção aplicada para retê-la serão influenciadas, segundo CORSINI (1993); CAMARGO e ALLEONI (1997), pelo processo de compactação, no entanto, as variações apresentadas entre um solo compactado e outro não-compactado irão depender das tensões que se apresenta no solo. Em condições de saturação, quando há baixas tensões, a quantidade de água retida pelo solo compactado é menor que aquela retida por um solo não-compactado. Porém, quando o solo não está saturado, estando assim na presença de altas tensões, a retenção de água entre solo compactado e não compactado apresentará relação contrária.

CORSINI (1993, p.10) explica que *“o problema é definir o estado físico ideal para um determinado estágio de desenvolvimento de uma cultura e as condições ideais nos diferentes volumes presentes num solo cultivado.”*

No sentido de verificar a influência do processo de compactação na estrutura e na porosidade do solo, devido ao manejo utilizado, VIEIRA e MUZILLI (1984) constataram que os macroporos são os primeiros a serem afetados, em decorrência do aumento da densidade global, o que foi reforçado através dos elevados valores de microporos na superfície. Esses poros maiores, de acordo com CORRÊA (1985); BAVER (1972) *apud* KERTZMAN (1996), são os responsáveis pela drenagem, percolação e aeração do solo. KERTZMAN (1996), comparando uma área-testemunho com outra sob plantio direto irrigado e com cultivo intensivo (cinco culturas em dois anos agrícolas) observou através de

análise microscópica que, os canais de origem biológica e os poros maiores praticamente desapareceram, havendo uma grande quantidade de microporos e de mesoporos, o que confirmou a redução do tamanho dos poros.

Os vários estudos realizados sobre as alterações na estrutura do solo em função do tráfego de maquinários ou do tipo de sistema de manejo utilizado, apontam valores que indicam haver uma relação inversamente proporcional entre a densidade do solo e a porosidade total, ambos indicativos da compactação. Por isso quando os valores da primeira aumentam, o da segunda diminuem, como foi comprovado por MACHADO e BRUM (1978); VIEIRA e MUZILLI (1984); CORRÊA (1985); LEITE e MEDINA (1984); ALBUQUERQUE *et al.* (1995); TORMENA, ROLOFF e SÁ (1998); CARVALHO JÚNIOR, FONTES e COSTA (1998), dentre outros.

MACHADO e BRUM (1978); CORRÊA (1985); ALBUQUERQUE *et al.* (1995); TORMENA, ROLOFF e SÁ (1998), identificaram esta mesma relação para a macroporosidade, ou seja, aumentando os valores de densidade global, reduziu-se a porcentagem de macroporos.

CORSINI e FERRAUDO (1999) ao comparar um Latossolo Roxo, antes e depois da mobilização do solo com operações para romper camadas compactadas, identificaram que essa relação entre densidade global e macroporosidade ocorreu apenas na camada superficial, desaparecendo na camada subsuperficial.

KIEHL (1979) ressaltara que a densidade aparente, hoje denominada de densidade do solo ou ainda densidade global do solo, depende do tipo de solo, estabelecendo para os argilosos, valores médios que variam entre 1,00 e 1,25 g/cm³. O autor observara que, a partir dos valores de densidade pode-se inferir o comportamento do solo e da planta, pois, de modo geral, quanto maior a densidade aparente do solo, maior a compactação, menor a estruturação e porosidade total do solo e, conseqüentemente, maiores as restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas. BRADY (1974) *apud* KERTZMAN (1996) observa que os solos argilosos, por serem mais susceptíveis à compactação, podem chegar a densidades de até 2,0 g/cm³.

LEITE e MEDINA (1984) ao estudarem um Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, utilizando várias formas de manejo, comprovaram que os valores

obtidos para a densidade estavam relacionados diretamente com a intensa mecanização e a ausência de cobertura vegetal. Nas parcelas com este tipo de tratamento foram obtidos os maiores valores de densidade do solo (1,46 e 1,43 g/cm³), em contraposição aos resultados obtidos naqueles sem preparo mecanizado e com cobertura vegetal onde os valores foram bem inferiores, variando de 1,07 a 1,12 g/cm³.

TORRES *et al.* (1998) acrescentam que em lavouras extensivas é muito difícil estabelecer valores limites de densidade global ou de resistência do solo, que proporcionarão queda na produtividade de uma cultura, devido a variabilidade de fatores a serem analisados nesta questão. No entanto, o autor mostra que, de um modo geral, para os solos com teor de argila acima de 60%, valores de densidade global acima de 1,30 g/cm³, pode gerar uma redução na produtividade, sobretudo da cultura da soja.

BORGES *et al.* (1988) observaram que a soja apresentou uma tendência a acumular raízes na camada superficial, onde as propriedades físicas do solo eram mais favoráveis, à medida que aumentavam os valores de densidade aparente do solo na subsuperfície. Na média das cinco variedades pesquisadas, a capacidade de penetração das raízes foi reduzindo gradativamente quando a densidade aparente do solo atingiu 1,15 g/cm³ na subsuperfície e apresentou níveis críticos na densidade de 1,35 g/cm³, com o crescimento radicular restrito apenas à camada superficial do solo.

Os autores supracitados ainda verificaram na soja alterações fisiológicas, apresentando sintomas visuais como clorose e necrose nas folhas da parte inferior da planta, o que foi atribuído como sendo uma provável consequência da redução ou desbalanceamento dos nutrientes disponíveis. Além disso, nos solos com níveis elevados de compactação, a soja apresentou uma floração precoce.

Um outro sinal de que o solo está compactado é quando este apresenta maior resistência à penetração. Segundo CORSINI (1993), a camada compactada apresenta estrutura maciça e resistente ao destorroamento. De acordo com KERTZMAN (1997) há uma correlação direta do processo de compactação com a resistência do solo, sendo ambos regulados pelos mesmos fatores, ou seja, o arranjo interno das partículas e a umidade do solo. CAMARGO e ALLEONI (1997) e ROSOLEM *et al.* (1999) abordam os fatores que influenciam na resistência à

penetração e apontam que esta depende da densidade aparente, teor de água e textura do solo.

DE MARIA, CASTRO e SOUZA DIAS (1999) para caracterizar as mudanças nos atributos físicos do Latossolo Roxo em função de diferentes sistemas de preparo do solo, recorreram às medidas de densidade do solo e resistência à penetração, observando que esta última apresentou melhores resultados no sentido de mostrar as diferenças entre as camadas de solo compactadas dentro de um mesmo sistema. Os autores acrescentam ainda que maiores valores de resistência e densidade do solo nem sempre significam redução na densidade de raízes.

Nesse sentido, TAYLOR (1971) *apud* BORGES *et al* (1988), observam que a resistência medida através do penetrômetro é diferente daquela imposta ao sistema radicular, pois com a utilização deste aparelho avalia-se a resistência média do solo, enquanto que, as raízes conseguem encontrar pontos de menor resistência, crescendo por meio de poros e linhas de fraquezas. Esta questão também é abordada por TORMENA e ROLOFF (1996), ao fazerem uma revisão bibliográfica sobre o assunto, os quais apontam ainda, as vantagens de utilizar o penetrômetro na mensuração da resistência à penetração, devido a facilidade e rapidez na obtenção dos resultados, aliadas à possibilidade de maior número de repetições.

TORRES *et al* (1998) também mencionam o uso do penetrômetro como uma das formas de detectar a compactação, porém observam que esta avaliação é de caráter comparativo, não devendo ser recomendada para monitoramento ao longo das safras. Acrescentam também que para obter resultados mais seguros é preciso determinar a umidade do solo quando for executar os testes com este aparelho.

ROSOLEM *et al.* (1999) estudaram o crescimento radicular do milho afetado pela resistência à penetração, em cinco diferentes materiais, obtidos a partir da mistura de camadas aráveis de um Latossolo Vermelho-Escuro álico e de um Latossolo Roxo álico.

Neste estudo, foi observado que as maiores resistências à penetração foram obtidas nos solos argilosos (acima de 40% de argila). Resultados semelhantes foram obtidos quando reduziu a umidade do solo, sendo este efeito

mais significativo ao ultrapassar a capacidade de campo (-0,1 Mpa). Todavia, a densidade global não mostrou esta mesma relação, pois no material arenoso (com apenas 22 % de argila) foi obtida a maior densidade global e a menor resistência à penetração³.

No crescimento radicular, os autores supracitados verificaram que o aumento da densidade global e do teor de argila provocaram uma redução no número de raízes seminais adventícias. Estes autores revelam, porém, que o papel da textura se reduz, conforme diminui a umidade no solo ou aumenta a compactação. No solo arenoso (com apenas 22 % de argila), por exemplo, o número de raízes foi reduzido tanto em baixa quanto na alta densidade global.

Quanto à resistência considerada como crítica para o crescimento radicular, ainda existe divergência entre os autores, assim como também havia sido observado para a densidade global. CINTRA e MIELNICZUK (1983) ao estudarem um Latossolo argiloso observaram que a resistência de 1,08 MPa e a densidade de 1,39 g/cm³ apresentaram restrições ao desenvolvimento das raízes de soja.

ROSOLEM *et al.* (1999) observaram que a raiz primária demonstrou ser mais sensível ao aumento da resistência à penetração do que as raízes seminais adventícias, no entanto, verificaram que o valor de 1,3 MPa reduziu pela metade o crescimento destas últimas.

SENE *et al.* (1985) *apud* CAMARGO e ALLEONI (1997) consideraram críticos, os valores que se encontram por volta de 2,5 MPa para solos argilosos e 6,0 a 7,0 MPa para os solos arenosos.

Outra questão que deve ser analisada na compactação do solo refere-se à redução da taxa de infiltração da água, pois, segundo CORSINI (1993), esta última é responsável pelo aumento do escoamento superficial e o agravamento dos processos erosivos, sobretudo em solos sem vegetação.

³ Nesse sentido, KIEHL (1979) observa que a densidade aparente varia conforme o tipo de solo, cujos valores encontram-se nos limites médios de: solos argilosos (1,00 a 1,25 g/cm³), solos arenosos (1,25 a 1,40 g/cm³), solos humíferos (0,75 a 1,00 g/cm³) e solos turfosos (0,20 a 0,40 g/cm³). CAMARGO e ALLEONI (1997) fazem algumas recomendações quanto ao uso do penetrômetro para medir a resistência do solo à penetração e, entre elas, os autores destacam o fato do uso deste aparelho ser limitado a medições realizadas para o mesmo tipo de solo à mesma umidade.

Segundo CAMARGO e ALLEONI (1997), a taxa de infiltração de água no solo é um dos indicadores da redução ou não da condutividade hidráulica, a qual é afetada diretamente pelo processo de compactação. JORGE (1985) afirma que em qualquer profundidade que estiver presente a camada compactada, a mesma irá reduzir a taxa ou velocidade de infiltração o que, conseqüentemente, irá gerar um acúmulo de água sobre a superfície, formando poças.

KERTZMAN (1996); SILVA e KATO (1998) apontam algumas características que influenciam a infiltração do solo, tais como textura, estrutura, porosidade, cobertura vegetal e rugosidade do terreno.

De acordo com QUEIROZ NETO (1984); SILVA e KATO (1998), a infiltração é importante no ciclo hidrológico, pois dela depende a água disponível para as plantas, o escoamento superficial e o abastecimento dos lençóis freáticos, os quais deságuam ou originam os cursos d'água.

Desta forma, se a compactação comprometer a infiltração de água no solo, estará prejudicando o aproveitamento agrícola e colaborando para a degradação ambiental, pois como conseqüência deste fato haverá um desencadeamento de outros problemas. Além da redução no volume de água para recarga do lençol freático, o excedente de água que não infiltrou, aumentará os processos erosivos tanto da camada arável, quanto com a formação de sulcos, porque a água acumulada tenderá a escorrer em filetes que escavarão o solo. Somada a esta questão, é importante lembrar do transporte de adubos e sementes que ocorrem em áreas com elevado escoamento superficial, bem como, o apodrecimento de raízes em decorrência das poças formadas sobre o solo, como exposto anteriormente.

No sentido de mostrar a importância da infiltração do solo para a conservação ambiental, SILVA e KATO (1998, p.1150) observam que *“melhorar as condições de infiltração de uma bacia hidrográfica resulta no aumento do escoamento básico e na diminuição das enchentes de seus cursos d'água”*. Para os autores, o preparo do solo e o manejo adotado tem implicações na compactação do solo.

Estes autores, em um outro trabalho sobre a infiltração do solo, acrescentam que na superfície, a condutividade hidráulica irá sofrer variações espaciais e temporais se o solo estiver submetido à formação do selo ou

selamento superficial, o qual ocorre devido à destruição dos macroagregados, provocada pelo impacto das gotas da chuva ou da irrigação por aspersão. Sobre esta camada, os autores definem-na como sendo *“a formação de uma camada delgada (geralmente de 1 a 3 mm) na superfície do solo, caracterizada por uma elevada densidade global, pequena porosidade e baixa condutividade hidráulica.”* (SILVA e KATO, 1997, p.214)

O selamento superficial ocorre, segundo EHLERS(1975) *apud* BARCELOS, CASSOL e DENARDIN (1999), porque há uma obstrução dos poros condutores de água, contribuindo para que haja, maior escoamento superficial, e conseqüentemente, danos às áreas cultivadas.

Diante disso, pode-se concluir que o processo de compactação vem a ser uma mudança no arranjo estrutural do solo, em conseqüência evidente de forças advindas das atividades antrópicas, que comprometem o comportamento físico e hídrico do solo. Em virtude deste fato, torna-se importante a adoção de práticas de manejo em solos susceptíveis a este processo.

3.3 – A prevenção e a recuperação da estrutura degradada pela compactação

As discussões anteriores não deixam dúvidas quanto a necessidade de soluções para reduzir os danos provocados nas propriedades físicas do solo pela atividade agrícola, embora CAMARGO e ALLEONI (1997: 84) considerem que *“na prática da agricultura, é muito difícil evitar pequenas pressões que possam compactar o solo”*. Mas como observa os autores *“é possível usar alternativas no manejo do solo, máquina e cultura, que minimizem o efeito da compactação”*.

Observa-se que nos últimos anos tem havido uma preocupação por parte dos estudiosos com as práticas conservacionistas e com os sistemas de manejo, afinal deles dependem a preservação e o melhor aproveitamento do recurso solo. BERTONI e LOMBARDI NETO (1990) classificam as práticas conservacionistas em: vegetativas, quando se utiliza a própria vegetação na proteção do solo; edáficas, quando são efetuadas modificações no sistema de cultivo para controlar a erosão, bem como, manter ou melhorar a fertilidade do solo e, por último, as mecânicas, quando recorre a construção de estruturas elaboradas no intuito de

quebrar a velocidade do escoamento superficial e melhorar a infiltração de água no solo.

Estes autores observam que para obter melhores resultados na conservação do solo deve-se recorrer ao uso combinado destas práticas, procurando dar preferência às duas primeiras e, somente nos casos necessários, é que se deve utilizar as práticas mecânicas. TORRES *et al.* (1998) também mencionam a preferência que deve se dar ao uso da vegetação como meio para evitar e/ou descompactar o solo, revelando sua eficiência perante às práticas mecânicas.

Quanto ao sistema de manejo, algumas práticas tem sido comuns, dentre as quais o uso de rotação de culturas (PEETEN, 1984; SANTOS, REIS e DERPSCH 1993; CALEGARI *et al.*, 1998, dentre outros) e o plantio direto (SATURNINO e LANDERS, 1997; SALTON, HERNANI e FONTES, 1998; DE MARIA, 1999; PRIMAVESI, 1999; FREITAS, 1999, dentre outros) , sendo que ambos caminham juntos.

CALEGARI *et al.* (1998, p.61) define rotação como "*a alternância de espécies vegetais na mesma área e na mesma estação estival, observando-se um período mínimo sem o cultivo da mesma espécie*". Dentre as inúmeras vantagens desta prática destacam-se a redução dos custos e incidência de pragas, plantas daninhas e doenças, redução das perdas de solo pelo controle da erosão, diminuição de prejuízos eventuais advindos do monocultivo, manutenção ou melhoria da fertilidade natural dos solos, entre outros. Além disso, a diversificação de plantas propicia a exploração, através do sistema radicular, em diferentes profundidades do solo, o que significa diferenciadas necessidades de nutrientes e potencial de reciclagem.

Quanto ao plantio direto, em função de suas vantagens, este, tem substituído progressivamente o plantio convencional, sendo apontado pelos especialistas como uma das alternativas na manutenção ou melhoria das propriedades físicas do solo. Este sistema de manejo vem ganhando espaço nas áreas produtoras de grãos, entre elas o Cerrado, que, conforme ressalta RESCK (1997), tem sido praticado com uma certa intensidade, em quase todos os Estados inseridos nesta região.

Para entender melhor esta mudança no manejo do solo, ter-se-á como ponto de partida a explicação do conceito e/ou características do plantio convencional e plantio direto.

De acordo com RESCK (1997, p.12) plantio convencional, *“na maioria dos casos significa o uso da grade pesada com duas passadas de grade leve”*. BERTONI e LOMBARDI NETO (1990, p.202) apontam que *“o preparo convencional, com aração e diversas gradagens, favorece as perdas por erosão, pois quebra a estrutura natural do solo, pulverizando-o e deixando-o totalmente exposto à ação erosiva das chuvas.”* De acordo com PEREIRA (1997), a agricultura convencional desenvolvida nos solos dos Cerrados consiste em uma seqüência de operações de preparo para revolver a terra, sendo esta responsável pela desestabilização na atividade biológica e na estrutura no solo.

De acordo com SALTON e HERNANI (1998), a melhor forma de diagnosticar a degradação causada pelo preparo convencional é comparando as propriedades do solo sob esta forma de manejo com aquelas obtidas sob vegetação natural. Como sinais de degradação, os autores apontam pulverização da camada superficial do solo, redução ou desaparecimento da matéria orgânica no solo, havendo conseqüente perda da coloração escura nos primeiros centímetros do perfil, presença de camada compactada entre 10 a 30 cm, aumento da erosão laminar ou linear, queda ou manutenção de baixa produtividade, entre outros.

Já o plantio direto, pode ser entendido como *“um procedimento pelo qual uma cultura é plantada diretamente no solo não preparado, desde a colheita da cultura anterior, sem que nenhum cultivo do solo ocorra durante a estação de crescimento e de maturação”* ou ainda *“o plantio de uma cultura diretamente na massa de ervas daninhas que crescem no local após a colheita, junto aos restos culturais da cultura anterior ou sobre a massa de uma cultura com a finalidade apenas de cobertura”*. (RESCK et al.1994 apud RESCK, 1997, p.9).

De acordo com HERNANE e SALTON (1998, p.16) entende-se por plantio direto *“a semeadura de culturas sem preparo do solo e com a presença de cobertura morta ou palha, constituída dos restos vegetais originados de cultura anterior conduzida especificamente para produzir palha e às vezes, também grãos”*.

Os autores supracitados observam que este termo tem apresentado uma denominação inadequada, pois na verdade, por se referir a grãos, o correto seria semeadura, estando o termo plantio reservado a plantas ou plântulas. No entanto, por se tratar de um termo consagrado em meio a cultura popular, este, vem sendo incorporado pela literatura científica. Como o plantio direto em si, não traz a rotação de culturas, tais autores recomendam o uso da denominação Sistema Plantio Direto para referir-se à forma de manejo conservacionista, que recorre a esta prática, somada à ausência de revolvimento do solo e cobertura permanente da superfície.

Ainda, conforme estes autores, o uso desta expressão é mais adequado porque ela dá ênfase ao conjunto de técnicas interdependentes que proporcionam a melhoria do ambiente e insere no contexto, a qualidade de vida do homem.

No Brasil, conforme DERPSCH (1984); BORGES (1993); FREITAS (1999), o plantio direto foi implantado no início da década de 70. Desde este período até os dias atuais, pesquisadores, técnicos e produtores rurais tem investido para superar os problemas decorrentes de sua implantação e, sobretudo nos últimos anos, visando a adequação de tal prática às diferenças regionais.

Este tipo de manejo atualmente é uma realidade em várias regiões brasileiras e, de acordo com FREITAS (1999, p.25), "*a adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) tem crescido rapidamente e ocupa, hoje, cerca de 30% da área agrícola do país*", sendo adotada para o plantio de várias culturas.

RESCK (1997) considera o plantio direto como o sistema mais eficiente no controle da erosão, mas chama a atenção para o fato da sua implantação na região dos Cerrados. De acordo com o autor, a viabilidade para as áreas que estão iniciando a atividade agrícola, somente ocorre a partir do quarto ano de cultivo, sendo requisito básico do solo uma boa estruturação física e a adequação das propriedades químicas, pois caso contrário, o sistema radicular das plantas não terá como explorar os nutrientes do solo e não resistirá aos veranicos, comuns nessa região. Para as áreas já incorporadas à agricultura, e que, não apresentam condições químicas do solo adequadas para o desenvolvimento desta atividade como elevada acidez, alta saturação de Al, baixa saturação em bases e reduzido teor de matéria orgânica, bem como, problemas nas propriedades físicas, dentre os quais, degradação da estrutura, faz-se necessário

a preparação deste solo, no mínimo por dois anos, para que se possa adotar o plantio direto como prática de manejo.

As diferenças entre os dois sistemas de manejo citados são, no entanto, mais amplas, sendo os reflexos observados sobretudo nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

De acordo com VIEIRA e MUZILLI (1984), do ponto de vista da física do solo, é importante conhecer o comportamento de cada uma das referidas práticas de manejo, pois as mesmas terão tráfego de maquinários, intensidade de movimentação e exposição do solo diferenciados, o que conseqüentemente, irão implicar em variados níveis de alterações das características físicas do solo.

DALLA ROSA (1981) *apud* BARCELOS, CASSOL e DENARDIN (1999), retrata que o plantio convencional apresenta mobilização intensa do solo com aração e gradagem, visando fazer o preparo e incorporação dos restos culturais. Conforme retrata o autor, este tipo de manejo reduz a porosidade total em superfície, afetando sobretudo os macroporos e contribuindo para a formação do selamento superficial. Somado a esta questão, tem-se o fato de que o solo fica exposto aos agentes erosivos, os quais irão se agravar no período das chuvas intensas.

De acordo com MONDARDO (1984); CORSINI (1993); ALBUQUERQUE *et al.* (1995); BARCELOS (1997), formas de manejo que mobilizam muito o solo e usam maquinários pesados como o plantio convencional, são responsáveis pela degradação deste recurso, formando uma camada encrostada na superfície e outra na subsuperfície, conhecida como pé-de-grade ou pé-de-arado, conforme já foi apresentado anteriormente.

CALEGARI (1997) observa que no plantio convencional, geralmente, tem-se maiores oscilações térmicas e de umidade, em função do revolvimento do solo e da reduzida cobertura vegetal, interferindo no desenvolvimento de organismos no solo.

Por sua vez, o plantio direto apresenta características contrárias a estas. Tal forma de manejo iniciada, segundo DERPSCH (1984), nos Estados Unidos em 1962, como uma inovação perante as formas tradicionais de cultivo existentes no mundo, se destaca justamente por ter entre suas maiores vantagens, o

controle da erosão e a manutenção ou aumento da fertilidade. Aliás, grande parte da literatura científica indica o plantio direto na contenção dos processos erosivos.

Outra vantagem é que os resíduos culturais deixados sobre a superfície do solo funcionarão como uma proteção impedindo, segundo ALBUQUERQUE *et al.* (1995), a formação do selamento superficial.

De acordo com um estudo comparativo entre o plantio convencional e o plantio direto realizado por VIEIRA *apud* KERTZMAN (1996), o primeiro altera muito mais as características do solo, pois além de ser responsável pela pulverização da camada superficial, provoca uma compactação acentuada na camada subsuperficial (pé de arado), enquanto que, o segundo, apresentou um ligeiro aumento na densidade, não sendo específico numa camada, mas distribuído desde a superfície até aproximadamente 40 cm.

No que diz respeito ao aumento de densidade no plantio direto, a maior parte dos autores, dentre eles VIEIRA e MUZILLI (1984); CORRÊA (1985); STONE e SILVEIRA (1999), considera que essa elevação é mais comum na camada superficial, o que é atribuído por VIEIRA e MUZILLI (1984); ALBUQUERQUE *et al.* (1995) ao não revolvimento do solo nesta forma de manejo.

ALBUQUERQUE *et al.* (1995) não encontraram diferenças significativas de densidade entre plantio direto e convencional, o que os autores atribuíram ao não controle do tráfego no período em que foi realizado o experimento. Todavia os autores observam que o aumento desses valores ocorrem, geralmente, nos primeiros anos de implantação do plantio direto em função do rearranjo natural do solo. FERNANDES *et al.* (1983); REEVES *apud* STONE e SILVEIRA (1999) observaram que após alguns anos esses valores podem reduzir, o que está relacionado com o incremento da matéria orgânica em superfície, a qual contribui para uma melhor estruturação do solo.

CORSINI e FERRAUDO (1999) estudaram o comportamento estrutural de um Latossolo Roxo, bem como o desenvolvimento radicular do milho, em uma área manejada com plantio direto por longo período. Conforme os autores, nos três primeiros anos agrícolas o plantio direto reduziu a porosidade e o potencial de desenvolvimento radicular da camada superficial do solo; tais parâmetros voltaram a crescer apenas a partir do quinto ano. Os resultados indicaram ainda,

que a recuperação da estrutura da camada superficial do Latossolo Roxo e na linha da cultura, atingindo valores de densidade do solo, porosidade e desenvolvimento radicular semelhantes àqueles obtidos logo após as operações mecânicas para descompactação do solo, inicia-se no quarto ano agrícola e completa-se no oitavo.

ALBUQUERQUE *et al.* (1995) verificaram ainda que os valores de densidade sofrem interferência do tipo de sistema de rotação de culturas, obtendo valores bem mais elevados na sucessão trigo/soja do que nas demais, onde foi cultivado aveia, ervilhaca/milho e aveia/soja.

VIEIRA e MUZILLI (1984) não identificaram nenhuma interferência significativa das rotações de cultura nas características físicas do solo, mas notaram que houve uma diferença quanto à infiltração sendo que a rotação milho/trigo/milho apresentou melhores resultados que soja/trigo/milho e soja/trigo/soja.

Nos primeiros anos de manejo com plantio direto, geralmente, há uma tendência de aumentar a densidade na camada superficial, reduzindo, por conseguinte, a porosidade total e a macroporosidade. Este comportamento foi observado por CORRÊA (1985) para um Latossolo Amarelo muito argiloso e por VIEIRA e MUZILLI (1984); ALBUQUERQUE *et al.* (1995) para Latossolos Vermelho-Escuros.

Entretanto, DUNN e PHILLIPS (1991) apud BARCELOS, CASSOL e DENARDIN (1999) observam o contrário, pois segundo esses autores, no plantio direto o solo é pouco revolvido, mas a macroporosidade é elevada em função da presença de raízes e da microfauna, que atuam no solo, sendo positivo para a infiltração de água.

No plantio convencional, a porosidade é muito afetada com o manejo e conforme BARCELOS, CASSOL e DENARDIN (1999, p.37) "*os macroporos são destruídos pelas operações de preparo*". Como esses poros são os responsáveis pela entrada e percolação da água no solo, bem como, pelas trocas de ar entre o solo e a atmosfera, como foi dito anteriormente, observa-se que essas relações podem estar sendo afetadas com a compactação.

WU *et al.* (1992) apud BARCELOS, CASSOL e DENARDIN (1999) apontam que o plantio direto, em comparação ao convencional, é mais eficiente

na condução da água pelos poros. Estes últimos autores, em um experimento com chuva simulada realizado em solo cultivado com milho e safrinha de aveia preta, visando medir a taxa de infiltração diante de manejos diferenciados, verificaram que o plantio direto apresentou uma situação intermediária ao cultivo mínimo e o plantio convencional. A infiltração no plantio direto foi inferior aos demais sistemas de manejo, apenas, quando os ensaios foram realizados após a semeadura da aveia preta, o que foi atribuído a alteração das condições superficiais do solo, devido à ação da semeadora. Os autores observaram ainda que o plantio direto foi o manejo que mais produziu palha, constituindo uma boa cobertura para o solo e propiciando uma proteção maior contra a ação direta das gotas de chuva. Por sua vez, foi criado meios para evitar a destruição da rugosidade do terreno e a formação do selamento superficial.

As baixas taxas de infiltração encontradas no plantio direto para o cultivo da aveia preta explicam-se, de acordo com os autores, pelo fato de que, apesar da quantidade de palha, a semeadora que implantou a cultura de aveia preta, não foi capaz de executar esta operação, sem mobilizar a superfície do solo e sem triturar a palha da cultura anterior em pedaços reduzidos, o que acabou propiciando uma semi-incorporação desta cobertura ao solo.

De acordo com DERPSCH *et al.* 1986 *apud* CAMARGO e ALLEONI (1997), o plantio direto consegue reter mais água do que o convencional em função, principalmente, da cobertura morta proveniente dos restos de cultura que cobre a superfície do solo.

Segundo CORSINI (1993) a redução da capacidade de infiltração da água em solos compactados, gera um aumento na quantidade de água escoada superficialmente, sendo responsável pelo transporte do solo, sobretudo daqueles que se encontram sem cobertura vegetal, como acontece com o plantio convencional durante a fase de preparação do solo. MONDARDO (1984) já havia observado que os processos erosivos são mais graves para as culturas anuais plantadas em linhas, como a soja e o milho, as quais oferecem proteção insuficiente ao solo contra o impacto das gotas de chuva.

Outro efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo refere-se à agregação e estabilidade dos agregados. De acordo com CORSINI (1993) o preparo do solo com uso intenso de maquinários agrícolas rompe as ligações

entre as partículas do solo, reduzindo os agregados e, alterando o arranjo natural do solo e seu espaço poroso.

VIEIRA e MUZILLI (1984) comprovaram, durante experimentos realizados em um Latossolo Vermelho-Escuro na região centro-sul do Paraná, que no plantio direto a estabilidade dos agregados foi um pouco superior do que no plantio convencional, o mesmo sendo observado em relação ao tamanho dos agregados. No entanto, a infiltração de água foi menor no plantio direto. Com relação a este fato, os autores destacam que menores valores de infiltração em plantio direto não quer dizer que haverá maior escoamento superficial, pois em uma condição real, quando a água da chuva atinge o solo, variáveis como resistência do solo à desagregação e quantidade de cobertura morta estarão exercendo influência na quantidade de água infiltrada.

Esta maior agregação do solo em plantio direto também foi observada por CAMPOS *et al.* (1995) em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, registrando também a presença de uma porcentagem maior de agregados estáveis em água nas classes de maior diâmetro neste manejo. Já no plantio convencional ocorreu exatamente o contrário, a maior quantidade de agregados estáveis em água encontravam-se na classe de menor diâmetro.

Assim, pode-se concluir que o plantio direto contribui para uma melhor estruturação do solo, o que provavelmente está relacionado com a matéria orgânica produzida pela quantidade elevada de resíduos culturais, os quais ao serem transformados pelos microorganismos, colaboram para a agregação do solo. Segundo CORSINI (1993, p.9) "*a matéria orgânica aumenta a estabilidade dos agregados pelas propriedades de ligação, resultantes da formação de complexos orgânicos com a argila e com os sesquióxidos, principalmente de ferro, por diminuir a velocidade de umedecimento.*" Esse papel da matéria orgânica na estabilidade dos agregados, em solo preparado de forma convencional, não é observado, pois há um declínio na produção da mesma.

Todavia, percebe-se que a produção de matéria orgânica nas diferentes formas de manejo exige mais estudos a respeito, pois mesmo no plantio direto em que a literatura científica aponta maiores teores, CUNHA (1994) observa que seu volume é menor do que originalmente se pensava.

Quanto à produtividade, STONE e SILVEIRA (1999) verificaram para o cultivo do feijoeiro, sob irrigação por pivô central, uma elevação dos valores usando o plantio direto como forma de manejo do solo, apesar deste ter apresentado maior resistência à penetração, sobretudo até 15-22 cm, quando comparado ao arado e a grade. Para o mesmo tipo de cultura e recorrendo ao uso da irrigação, o preparo com arado de aiveca, propiciou a menor resistência à penetração e também o melhor sistema radicular, mas essas melhorias não refletiram na produtividade da cultura que foi inferior às demais formas de manejo.

Para a cultura da soja, ALBUQUERQUE *et al.* (1995) não observaram diferença na produtividade em decorrência da prática de manejo, ocorrendo o contrário para o milho, com um aumento de 83% favorável ao plantio direto, quando comparado ao plantio convencional.

BORGES *et al.* (1988) revelam que ainda não existe um consenso entre os autores quanto aos efeitos da compactação na produtividade, ora apresentando resultados que indicam haver aumento no rendimento da cultura, ora afirmando que há redução.

Estes autores observaram ainda ao estudar a influência das camadas compactadas na cultura da soja, que tanto a produção de matéria seca, quanto o crescimento de raízes alteraram diante da compactação, apresentando diferentes valores conforme a variedade de soja.

Para algumas variedades, os autores supracitados notaram que a compactação foi prejudicial, reduzindo a produção de matéria seca. No entanto, para outras uma leve compactação até apresentou um resultado positivo, aumentando esta produção, o que possivelmente está relacionado com a maior disponibilidade de água e nutrientes ao alcance do sistema radicular, em função das raízes estarem explorando um maior conteúdo volumétrico de água e de solo. Nesse sentido, KERTZMAN (1996) também aponta que a compactação, quando leve, pode ser até benéfica, por reter mais água para as plantas, sobretudo em solos muito porosos. JORGE (1985); CORSINI (1993) também mencionam o fato da compactação leve ser favorável ao aproveitamento agrícola.

No que diz respeito ao comportamento do sistema radicular em função da resistência do solo à penetração, STONE e SILVEIRA (1999) observaram para a cultura do feijão, que este é diferenciado conforme as formas de manejo. Para o

solo trabalhado com a grade, as raízes concentraram em superfície devido ao fato da camada de 10-12 cm se apresentar compactada; para o arado, as raízes distribuíram uniformemente porque foi feita uma mobilização mais profunda do solo, provavelmente rompendo as camadas que impediam o crescimento radicular e; para o plantio direto o crescimento foi intermediário às demais formas de manejo, com maior concentração de raízes até 20 cm.

BARCELOS (1997) ao realizar um estudo em uma área com características físicas semelhantes às aquelas apresentadas pela área de estudo da presente pesquisa, ou seja, em Latossolo Vermelho-Amarelo álico A moderado, textura muito argilosa, relevo plano a suave plano, em altitudes próximas a 960 m, no município de Iraí de Minas/MG verificou que todos os sistemas destinados à produção de grãos, se comparados ao solo no estado natural, provocaram aumento da densidade do solo, redução na porosidade total e aumento na resistência à penetração. Os sistemas de manejo avaliados para o uso agrícola foram o cultivo convencional (grade aradora e niveladora) de milho e soja com 15 anos, sem subsolagem nos últimos 4 anos; de plantio direto de sequeiro (15 anos) com rotação anual milho-soja com sorgo, milheto e aveia preta e de plantio direto sob pivô (8 anos, após 7 de sequeiro), com rotação milho-feijão-ervilha.

A densidade do solo nos sistemas de cultivo apresentaram maiores valores até 40 cm de profundidade, havendo pequenas diferenças entre os mesmos. Todavia, o plantio convencional revelou o efeito da pulverização superficial com valores um pouco menores de 0 a 10 cm ($1,15 \text{ Kg/dm}^{-3}$), os quais elevaram-se na camada seguinte de 10 a 20 cm ($1,20 \text{ Kg dm}^{-3}$), refletindo, segundo o autor supracitado, a ação dos maquinários em uma mesma profundidade. Já os sistemas de plantio direto não apresentaram sinais de recuperação da estrutura e revelaram os resultados do não revolvimento do solo com os maiores valores concentrando nas camadas superficiais de 0-10 cm (com $1,19$ e $1,20 \text{ Kg dm}^{-3}$, respectivamente para o plantio direto de sequeiro e plantio direto irrigado) e de 10-20 cm (com $1,17$ e $1,18 \text{ Kg dm}^{-3}$, respectivamente para o plantio direto de sequeiro e plantio direto irrigado).

A porosidade total, conforme revela o referido estudo, foi reduzida de 0 a 20 cm em todos os sistemas de manejo, todavia o espaço poroso não foi

comprometido em nenhum deles, uma vez que os valores foram superiores a 50 % ou mais.

Quanto à resistência à penetração, apenas os sistemas plantio convencional e plantio direto de sequeiro foram avaliados. O primeiro apresentou menor valor na profundidade de 0 a 10 cm, obtendo-se 10,63 MPa contra 8,89 MPa no segundo. Todavia, nas profundidades de 10 a 20 cm e 20-40 cm estes valores foram superiores no plantio convencional, com 20,95 e 18,65 MPa, respectivamente, em contraposição ao plantio direto de sequeiro, cujos valores foram menores para as mesmas profundidades avaliadas, com 19,09 e 17,44 MPa, respectivamente.

O grau de floculação em todos os sistemas de manejo avaliados situou-se, de um modo geral, acima de 70 %, refletindo a boa estabilidade dos agregados, todavia no plantio convencional, para a profundidade de 0-10 cm, houve uma redução significativa para próximo de 50%. Conseqüentemente, aumentou o teor de argila dispersa em água, o que foi atribuído por BARCELOS (1997) ao revolvimento do solo com uso intensivo de grade.

Percebe-se, diante do exposto, que ainda há muitas variações entre os sistemas de manejo quanto às regiões brasileiras, os tipos de solo, o tempo avaliado e a própria condução do sistema de manejo, entre outros. Mas, grande parte da literatura científica aponta o plantio direto, como uma alternativa para evitar problemas decorrentes do aproveitamento agrícola. Sabe-se, porém que para muitas questões ainda não foram encontradas respostas satisfatórias, da mesma forma que esta prática ainda não conseguiu trazer soluções para os efeitos negativos de anos de exploração intensa e inadequada, anteriores à introdução do plantio direto.

Nesse sentido, CORSINI e FERRAUDO (1999:290) apontam o plantio direto como uma das alternativas para fugir das conseqüências negativas e custos do preparo do solo, seja em tempo ou em recursos, feito na maioria das vezes de maneira imprópria. Mas chamam a atenção para o fato de que *“não se pode esperar que o cultivo intensivo por diversos anos seja resolvido de imediato com a adoção de tal prática, uma vez que fatores como adequação à cultura, ao solo, às condições climáticas regionais e aos fatores naturais devem ser levados em conta.”*

Em relação ao plantio direto como uma alternativa de manejo para os solos do Cerrado, RESCK (1997, p.17) faz a seguinte afirmação: *“apesar da supremacia do sistema de PD⁴ e diante das imposições do ecossistema Cerrados, não se pode simplesmente transportar conhecimentos de outras regiões do país e até mesmo internacionais e aplicá-los”*.

Diante do exposto, percebe-se que o manejo tem um papel fundamental no uso do solo e, quando este é conduzido de forma adequada, pode minimizar os problemas causados pela exploração agrícola, pois nesse caso é levado em consideração as propriedades e características naturais do solo e não há apenas a preocupação em explorá-lo economicamente.

Como parte desta realidade, a cultura da soja foi introduzida no país utilizando predominantemente o manejo convencional. Mas diante dos sinais de degradação do solo, sobretudo, em função dos processos erosivos, o sistema plantio direto passou a ser uma alternativa de manejo muito utilizada na atividade agrícola, por oferecer condições mais próximas do ambiente natural. Esta mudança vem ocorrendo gradativamente em todo o país, inclusive na região do Cerrado, cujas áreas destinadas ao sistema plantio direto têm aumentado muito nos últimos anos. A substituição do sistema de manejo também pôde ser constatada na área de estudo desta pesquisa, a qual era manejada anteriormente com plantio convencional, passando ao sistema plantio direto há cerca de pouco mais de cinco anos.

No município de Uberlândia que, atualmente, é um dos mais importantes centros urbanos regionais do estado de Minas Gerais, parte significativa de sua área é destinada a fins agrícolas, como revela um estudo realizado por LIMA, ROSA e FELTRAN FILHO (1989), sendo que esta atividade, já naquele período, perdia, em área, apenas para a ocupação de pastagens (54,76%) e vegetação natural (16,77%). Da área que era usada para culturas, 0,24% destinava-se a culturas perenes e 15,54% a culturas temporárias, merecendo destaque, a cultura da soja, cujo cultivo foi intensificado na década de 90, quando chegou a avançar até mesmo sobre as áreas de campos hidromórficos da chapada, como constatado por SCHNEIDER (1996).

⁴ Plantio Direto (RESCK, 1997)

COSTA (1998), ao estudar uma porção da chapada de Uberlândia, na qual também se insere a área da pesquisa atual, constatou que o Cerrado, em grande parte, foi desmatado, estando a vegetação original restrita apenas às margens dos cursos fluviais. Com o predomínio do plantio convencional da soja na área pesquisada, o solo ficava exposto à ação dos agentes erosivos desde a fase de preparo, no período seco, até o início do plantio no período chuvoso.

A EMBRAPA (1982) realizou um estudo sobre os solos do Triângulo Mineiro, com alguns perfis localizados na chapada Uberlândia-Uberaba (SCHNEIDER, 1996), estando estes em condições de relevo e solos semelhantes da área de estudo da presente pesquisa. Os perfis são do Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A moderado, textura muito argilosa e relevo plano, localizados em altitudes de 900 a 950 m, com declividade de 1 a 4%. Os perfis apresentam uma boa drenagem, com exceção do perfil 4 que é moderadamente drenado.

Apesar das pequenas diferenças ao longo de cada perfil, de um modo geral, as análises revelaram um solo muito argiloso, com teores baixos ou nulos de argila dispersa em água e elevado grau de floculação da argila. Os valores de densidade real variaram de 2,40 a 2,66 g/cm³, havendo uma tendência de apresentar valores ligeiramente mais baixos na superfície, o que pode ser atribuído à presença da matéria orgânica. A densidade aparente variou entre 0,84 a 1,15 g/cm³, sendo que geralmente os maiores valores foram observados até a profundidade aproximada de 50 cm. Na descrição de campo foi enfatizada, para o perfil 2, a presença de uma camada ligeiramente compactada na superfície devido ao intenso pisoteio do gado, uma vez que constitui uma área com pastagem natural e reflorestamento com eucalipto. O perfil 4, em área com pastagem natural, foi o que apresentou os maiores valores de densidade aparente, sobretudo até a profundidade de 57 cm, mas o referido relatório não interpretou as causas.

NEUFELDT (1998) com o intuito de verificar a influência dos diferentes tipos de uso nas propriedades físicas e químicas dos solos do Cerrado estudou, entre outros, perfis com Latossolo argiloso da chapada Uberlândia-Uberaba. O autor observou, que após pouco mais de dez anos de cultura com plantio convencional, a distribuição do tamanho dos poros foi alterada, havendo redução da macroporosidade e aumento dos mesoporos. Segundo ele, esta mudança, até

certo ponto, pode ser positiva em termos de suprimento de água para as plantas, uma vez que o potencial matricial do solo estudado, em condições naturais, foi considerado baixo, devido a elevada soma de macroporos, que drenam rapidamente o solo. Todavia, se este declínio na quantidade de macroporos for acentuado, também pode produzir efeitos negativos, comprometendo a aeração do solo e a condutividade da água.

A mudança estrutural do solo na área agrícola, também, pôde ser comprovada, no referido estudo, através da densidade global, cujos valores foram mais elevados nos horizontes superficiais⁵, apresentando-se como reflexo do preparo para o plantio. No entanto, o autor atribui, ainda, como possível causa da alteração da porosidade, a ação dos adubos, os quais atuam na agregação e na floculação do solo.

NEUFELDT (1998) observou, ainda, que a matéria orgânica foi considerada o componente-chave do Latossolo estudado, comandando a formação de microagregados estáveis e o grau de dispersão de argila, apesar da atuação secundária de outros elementos como a argila de baixa atividade e os óxidos de Fe e Al. Nas áreas de cultura com plantio convencional, a agregação do solo foi reduzida em função da menor quantidade de compostos orgânicos, sobretudo de polissacarídeos, todavia o autor destacou o papel que as raízes tem apresentado na formação dos agregados.

LILIENFEIN *et al.* (1999) também avaliaram a sustentabilidade agrícola em diferentes sistemas de uso das áreas de Cerrado, na mesma chapada, estudando, dentre outros, perfis em área de vegetação de Cerrado, plantio convencional e plantio direto. Destes, dois encontram-se inseridos na área de estudo da presente pesquisa, o de vegetação natural de Cerrado e o de Plantio Convencional. Os autores observaram que os solos sob os diferentes tipos de uso apresentaram elevadas concentrações de argila, são homogêneos e sem diferenças texturais significativas entre si.

Neste estudo, a densidade do solo, se comparada ao Cerrado ($0,88 \text{ g/cm}^3$), também apresentou valores mais elevados nas áreas agrícolas, principalmente até 15 cm, todavia não foram registradas diferenças significativas entre o manejo

⁵ $0,97 \text{ g/cm}^3$ no horizonte Ap e $0,99 \text{ g/cm}^3$ no BoA, em contraposição, aos valores obtidos na área de Cerrado com $0,84 \text{ g/cm}^3$ no horizonte A1 e $0,86 \text{ g/cm}^3$ no horizonte A3. (NEUFELDT, 1998, p. 53)

com plantio direto e plantio convencional ($0,99 \text{ g/cm}^3$ e $1,03 \text{ g/cm}^3$, respectivamente). Possivelmente, estes resultados possam ser atribuídos ao pouco tempo de implantação do plantio direto (1 a 3 anos), o qual havia substituído o plantio convencional com 9 a 11 anos.

Os reflexos da alteração na porosidade puderam ser observados por estes autores, no potencial mátrico do solo, o qual, durante a estação seca, foi mais elevado em plantio convencional do que em plantio direto, sobretudo, no primeiro ano monitorado. Os autores supracitados atribuíram este fato à menor evapotranspiração do solo, estando esta, relacionada à destruição dos poros contínuos pela aração do solo. No segundo ano de monitoramento a diferença entre os dois sistemas de manejo foi menor, ocorrendo apenas entre 1,20 a 2 m de profundidade. Consequentemente, a média anual de armazenamento de água, na estação seca, foi reduzida no solo com plantio direto, se comparada ao solo do plantio convencional, sendo, até mesmo, ligeiramente menor do que na área de Cerrado.

Para a estação chuvosa, os resultados foram opostos, indicando que a média de armazenamento de água no solo foi menor no plantio convencional do que no plantio direto, o que foi atribuído, principalmente, à elevada entrada de água no solo neste último sistema de manejo.

Estes resultados indicam, portanto, que durante o desenvolvimento das culturas de verão dos solos argilosos da chapada, existe maior disponibilidade de água para as plantas no plantio direto, sendo que na estação seca é que está o desafio para este sistema de manejo, principalmente no que diz respeito a manter o solo com uma cobertura de qualidade, uma vez que o armazenamento de água é baixo.

Em síntese, a revisão bibliográfica permitiu, primeiramente, caracterizar a compactação como alteração da estrutura superficial e subsuperficial do solo, acompanhada da redução de sua porosidade, sobretudo os macroporos, e, conseqüente redução da percolação hídrica, o que interfere no sistema radicular das culturas e facilitam os processos erosivos. Em segundo lugar, possibilitou verificar que os indicadores mais expressivos da compactação são de natureza morfológica e físico-hídrica (densidade aparente ou global, porosidade, percolação e compacidade). Por último, permitiu esclarecer que a compactação

ocorre em solos argilosos submetido a sistemas de manejo inadequados e que a recuperação da estrutura, assim degradada, requer práticas vegetativas e edáficas, como aquelas incorporadas no sistema de plantio direto, mesmo considerando-se os efeitos negativos temporários de compactação superficial, que tendem a diminuir após 4 anos de cultivo.

Pode-se perceber que os solos que preservaram a vegetação natural, ainda que relativamente degradada, são melhor estruturados que os presentes nos sistemas de cultivo, mas no plantio direto parece que as características do solo são mais próximas daquele. Contudo, permanecem dúvidas ainda sobre a eficácia deste sistema de manejo, a longo prazo, para a região do Cerrado, embora esteja sendo adotado em áreas expressivas e com vantagens para o controle da erosão e para a redução dos custos operacionais do preparo, plantio e colheita.

Por fim, o uso e apropriação das terras do Cerrado - em particular na chapada Uberlândia/Uberaba - associados à modernização da agricultura e seus manejos intensivos, parecem ser os responsáveis pela origem da compactação. Percebe-se também que o Sistema Plantio Direto, vem substituindo gradativamente o plantio convencional, dadas as vantagens quanto à erosão e redução dos custos, porém não necessariamente numa perspectiva de sustentabilidade ambiental, mas certamente econômica.

Em vista disso, a presente pesquisa propõe a verticalização do estudo da compactação em solos da referida chapada, como um recorte analítico, de modo a obter subsídios, tanto para uma futura generalização cartográfica do problema enfocado, como para ações de controle.

CAPÍTULO IV

4 - METODOLOGIA

4.1 – Fundamentos

As inquietações diante do tema desta pesquisa partiram da premissa de que, nas últimas décadas, os solos do Cerrado sofreram intensas transformações, sobretudo diante do aparato tecnológico colocado a disposição do setor agrícola. Durante anos, nesta região, o aproveitamento do solo enquanto recurso natural, foi realizado mediante a exploração intensa e adoção de poucas medidas que proporcionassem sua conservação. A comprovação de tal realidade se faz perante os vários problemas de degradação do solo, os quais atualmente constituem motivos de preocupação de estudiosos e agricultores, no sentido de buscar alternativas para reverter ou evitar o agravamento desta situação.

Assim, o desenvolvimento desta pesquisa teve como base o pressuposto de que a maior parte dos problemas de degradação do arranjo estrutural e demais propriedades físicas do solo são decorrentes do uso agrícola, em particular, nos casos de exploração intensa deste recurso, com uso de maquinários pesados e inadequação ou ausência de práticas conservacionistas e de manejo. (RUELLAN e DOSSO, 1993)

Somada a esta questão, o sistema plantio direto vem sendo apontado pela literatura científica como um dos recursos potenciais para manter ou recuperar as propriedades físicas do solo, constituindo uma das práticas de manejo que mais se aproxima das condições naturais. Ainda existem muitas questões concernentes a este sistema que merecem esclarecimento, o que reforça a necessidade de uma investigação mais detalhada do seu comportamento nos solos do Cerrado, em especial nas áreas de chapada.

Nesta perspectiva, o plano de investigação da presente pesquisa partiu da hipótese de que o plantio direto na área de estudo, após 5 anos, vem recuperando a degradação estrutural dos solos, causada pela severa compactação, decorrente do manejo convencional anterior. O mesmo foi concebido adaptando-se os três níveis sucessivos para estudo das paisagens, propostos por AB'SÁBER (1969): compartimentação topográfica (regional), estudo dos componentes da estrutura superficial (no caso, os solos) e fisiologia da

paisagem (o comportamento dos solos face aos diferentes manejos), com o intuito de situar a área específica da pesquisa no contexto da chapada Uberlândia-Uberaba e proceder-se à investigação detalhada dos solos face aos manejos.

4.2 – As etapas da pesquisa

De forma resumida, no primeiro nível procedeu-se a identificação das áreas de chapadas do município de Uberlândia-MG, as quais têm sido intensamente ocupadas pelo cultivo da soja, por apresentarem condições propícias de relevo e solo. No segundo nível, como recorte analítico, fez-se o estudo detalhado do solo, no campo e no laboratório, no intuito de obter sua máxima caracterização macro e micromorfológica, bem como, constitucional, enfatizando a estrutura e porosidade. Por último, no terceiro nível, realizou-se o intercruzamento dos resultados, de modo a deduzir o comportamento dos solos, face aos tipos de manejo selecionados para a pesquisa.

Para a averiguação da hipótese estabelecida, foi traçado um plano de investigação, estando este dividido nas etapas e seus respectivos conjuntos de procedimentos metodológicos, a saber:

Primeira etapa: revisão bibliográfica e cartográfica

A revisão dos trabalhos científicos veio corroborar a importância das práticas conservacionistas e de manejo do solo, como elementos primordiais na conciliação entre o aproveitamento econômico e a conservação ambiental, em direção a uma atividade agrícola sustentável.

Esta etapa possibilitou definir as bases teóricas e metodológicas para a investigação, bem como, a seleção de alguns conceitos, procedimentos operacionais de estudo e de interpretações, visando a identificação das causas, conseqüências e formas de recuperação da estrutura existentes sobre o problema enfocado – a degradação dos solos por compactação causada pelo uso e manejo do solo no cultivo da soja, como expressou o item anterior.

Para tanto, procedeu-se ao levantamento de materiais bibliográficos e cartográficos em diferentes instituições, selecionando títulos referentes ao assunto a ser trabalhado, tais como livros, teses, periódicos, entre outros. As

leituras e os fichamentos foram realizados como apoio para construção de textos, os quais, após organização, constituíram o capítulo referente aos fundamentos teórico-metodológicos desta pesquisa. (capítulos 3 e 4)

Ainda nesta etapa foram levantados resultados de estudos desenvolvidos na região, visando uma contextualização regional e uma caracterização local da área de pesquisa, o que possibilitou a delimitação do objeto empírico em etapa posterior.

Segunda etapa: caracterização do quadro físico regional e do processo de ocupação, bem como, a delimitação da área de estudo

Mediante a definição das bases teórico-metodológicas, seguida da compreensão do quadro físico regional e do processo de ocupação, fez-se necessária a delimitação da área de estudo, no intuito de testar a hipótese levantada.

Seguindo a metodologia proposta por AB'SÁBER (1969) para o estudo das paisagens, no primeiro nível, foram estabelecidas duas fases. Na primeira, referente à caracterização do meio físico regional, o passo inicial foi o levantamento do material cartográfico e de sensoriamento remoto referente à região. Dentre estes, os materiais cartográficos produzidos por FELTRAN FILHO (1997), em escala final de 1:400.000, constituiu-se numa referência básica para a contextualização regional, bem como, na identificação e delimitação de uma área representativa para a realização do estudo. Tendo como base a densidade de drenagem, os seus padrões geométricos e os limites estabelecidos nas bordas, o autor identificou, nas chapadas do Oeste Mineiro, sete unidades geomorfológicas distribuídas em dois grandes compartimentos.

No compartimento ocidental, localiza-se o município de Uberlândia e, dentre as unidades geomorfológicas classificadas pelo autor supracitado, quatro estão presentes nos limites do referido município. Destas, a unidade Alto Uberabinha e rio Claro⁶ foi escolhida por ser representativa da problemática exposta.

⁶ A denominação original atribuída por FELTRAN FILHO (1997) a esta unidade é "Alto Uberabinha, Rio Claro, Indianópolis e Santa Juliana", no entanto, como no compartimento ocidental estão presentes apenas as áreas referentes ao alto curso do rio Uberabinha e à bacia do rio Claro, optou-se nesta pesquisa por tal denominação.

A partir da compilação e reorganização destes materiais cartográficos foram organizados os mapas temáticos sobre a geologia, geomorfologia, solos e uso do solo do referido compartimento ocidental, no qual se insere a unidade geomorfológica citada, de modo a obter-se uma contextualização mais geral que permitisse a seleção da área específica para a investigação. Foram realizados, ainda, trabalhos de campo para reconhecimento da área mapeada, bem como, para a seleção de áreas potenciais para o estudo em detalhe.

Os procedimentos desta primeira fase possibilitaram identificar na unidade geomorfológica Alto Uberabinha e rio Claro, uma bacia de primeira ordem, representativa quanto ao relevo, tipo de solo, uso e manejo.

A escolha da bacia do córrego Bandeira, como objeto empírico, fez-se mediante a singularidade das características da bacia hidrográfica enquanto unidade espacial de estudo, uma vez que constitui-se *"na melhor unidade para o manejo dos recursos naturais"*, em decorrência de ser *"uma unidade física que pode ser bem delimitada e identificados os processos de funcionamento."* FERRETI (1997, s/p). Ou conforme observa FREITAS e KER (1996, p. 14), *"por se tratar de um ecossistema agrícola, de fácil controle, conhecido e facilmente monitorável em todos os aspectos, a MH⁷ constitui um campo ideal para estudos do comportamento dos solos frente ao uso e manejo."*⁸

Ainda segundo estes últimos autores, a escolha de uma bacia para a realização de estudos, depende, principalmente, de sua representatividade quanto às características sócio-econômicas e fisiográficas perante a região onde se encontra inserida. Como os documentos cartográficos disponíveis e publicações específicas sobre a região, permitiram verificar que as bacias hidrográficas de primeira ordem, situadas nos topos amplos e largos da chapada do Oeste Mineiro, apresentam uma certa repetitividade quanto aos seus padrões de drenagem, topografia, solos existentes e tipos de uso, acredita-se que tais exigências tenham sido atendidas.

⁷ MH: microbacia hidrográfica (FREITAS e KER, 1996, p.14)

⁸ Nesta pesquisa optou-se por utilizar o termo bacia hidrográfica para referir-se ao objeto empírico, embora algumas bibliografias consultadas fizessem o uso do termo microbacia. Nesse sentido, CORATO e BOTELHO (2001), vêm desenvolvendo um levantamento para verificar o uso dos termos microbacia, sub-bacia e bacia hidrográfica nos trabalhos científicos, revelando que existe uma tendência crescente do uso da bacia hidrográfica como unidade de análise, enquanto a microbacia não tem apresentado um uso tão expressivo e vem sendo utilizada nos estudos ligados à planejamento e manejo do solo.

Os critérios de escolha desta bacia, além do já exposto, também foram guiados pela identificação de homogeneidade pedológica (presença de um mesmo tipo de solo) e por contemplar as três situações propostas para a pesquisa: uma área com vegetação remanescente de cerrado e outras duas com o cultivo da soja, porém sob sistemas de manejo diferenciados - o sistema plantio direto e o sistema plantio convencional. Acrescente-se a estas questões, que estas áreas deveriam estar em posição topográfica semelhante, de modo a controlar a comparação pretendida.

Dando início a segunda fase desta etapa, foi desenvolvido um estudo cartográfico em escala de maior detalhe (1/25.000) para a bacia escolhida. Este procedimento concretizou-se na elaboração da carta-base topográfica, realizada a partir do material cartográfico produzido pela Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército (1983), bem como, das fotos aéreas do IBC/GERCA (1979), no sentido de auxiliar a delimitação dos limites da bacia hidrográfica. Sobre esta, foram lançados os mapas temáticos de maior interesse, tais como o hipsométrico (elaborado de modo convencional) e o clinográfico (DI BIASI, 1992), o que permitiu ter um conhecimento do desnível altimétrico e suas áreas de ocorrência, bem como, das classes de declividade. A elaboração destes mapas veio de encontro à condição estabelecida inicialmente, com relevo e solo semelhantes, propiciando um maior controle na escolha dos pontos representativos em cada uma das três situações para a abertura das trincheiras.

Nesta base ainda foram lançadas informações sobre o uso do solo de 1979, obtidas a partir de fotointerpretação, com base nas fotos aéreas, em escala 1/25.000 (IBC/GERCA, 1979), bem como, informações sobre o uso recente do solo (1999), apoiado na carta de planejamento de uso do solo, que contém as glebas de cultivo (PINUSPLAN REFLORESTADORA, 1999; inédito), fornecida pelo proprietário da área. No entanto, esta última não cobre toda a área referente à bacia do córrego Bandeira, e, como não há materiais cartográficos recentes, que possibilitem fazer um estudo em escala de detalhe, parte da área não foi mapeada. No entanto, este fato não comprometeu o controle da evolução do histórico do uso e do tipo de manejo empregado.

Nesse sentido, cabe ressaltar que a imagem de satélite Landsat/TM 5 (1997), digital, escala 1:100.000, ampliada para 1:50.000, foi utilizada apenas

como material de apoio para uma visão geral da área, não sendo possível utilizar suas informações na elaboração do mapa de uso do solo em função da incompatibilidade de escala.

Os procedimentos desta fase também foram acompanhados de vários trabalhos de campo no sentido de validar os mapas de contextualização, bem como elucidar dúvidas da fotointerpretação e da carta de planejamento de uso do solo da propriedade. Durante estes trabalhos, realizou-se também entrevistas com o proprietário e o gerente da Fazenda da Pinusplan Reflorestadora Ltda, com a finalidade de coletar mais dados sobre o histórico de uso e manejo adotados nas três áreas delimitadas, sobretudo naquelas com cultivo agrícola, dando ênfase aos últimos 5 anos, correspondentes ao momento de adoção do sistema de plantio direto na propriedade.

Terceira etapa: Escolha dos pontos para implantação das trincheiras a partir dos ensaios com penetrômetro

De forma a contemplar o segundo nível proposto por AB'SÁBER (1969) – aquele referente ao estudo da estrutura superficial da paisagem, decidiu-se por abrir trincheiras, para cada uma das três situações escolhidas para o estudo (vegetação natural de Cerrado, sistema plantio convencional e sistema plantio direto), no intuito de fazer uma observação mais detalhada do solo e das conseqüências do manejo.

Todavia, nas situações acima citadas poderiam ocorrer variações locais quanto à compactação do solo, sobretudo nas áreas agrícolas, em função do não-controle do tráfego de maquinários. Conforme exposto anteriormente, a estrutura do solo pode estar sendo mais afetada pelo processo de compactação, do que se possa perceber visualmente através das marcas deixadas pelas rodas dos maquinários na superfície. Sendo assim, haveria o risco de instalar a trincheira em um ponto que não representasse a realidade da área a ser amostrada, resultando numa super ou subestimação do estado de compactação.

Diante destas preocupações, recorreu-se aos ensaios com penetrômetro, para verificar em cada parcela a ser estudada, o comportamento do solo frente a resistência à penetração, os quais forneceram um dos indicativos rápidos sobre o grau de compactação do solo (figura 1).



FIGURA 1 – Foto do ensaio de resistência do solo à penetração realizado em área de vegetação natural de Cerrado.

De acordo com STOLF (1991, p.229), os penetrômetros "são aparelhos destinados a determinar a resistência do meio no qual penetram" e, dentre os modelos utilizados, adotou-se o penetrômetro de impacto agrícola. Diferente de outros modelos, o autor revela que este tipo de penetrômetro apresenta características dinâmicas, uma vez que seu princípio de funcionamento constitui-se basicamente na haste que penetra o solo devido ao "impacto de um peso que cai de uma altura constante, em queda livre". A leitura da profundidade penetrada em cada impacto foi realizada nesta haste, a qual é graduada em cm.

Os ensaios com penetrômetro nas áreas com as três situações delimitadas para a pesquisa, foram realizados durante o mês de maio de 2000, período em que iniciava a estação seca na região. Geralmente, ao realizar este tipo de ensaio, recomenda-se a determinação da umidade do solo pois, entre os vários fatores que exercem influência neste indicativo do processo de compactação, tem-se o teor de água no solo (CAMARGO e ALLEONI, 1997; TORRES *et. al*, 1998). No entanto STOLF, FERNANDES e FURLANI NETO (1983), observam que apesar da interferência da variação de umidade ao longo do perfil, o gradiente abaixo de 20 cm é pequeno, não comprometendo os resultados.

Sendo assim, optou-se por não determinar a umidade do solo, sobretudo em função do número de pontos a ser amostrado. Além disso, os ensaios

visavam principalmente estabelecer parâmetros para que a locação das trincheiras não fosse aleatória, diferindo dos casos em que se usa este tipo de ensaio para obter valores da resistência imposta ao sistema radicular.

Para a área de Cerrado, os ensaios foram realizados em duas posições: uma, ao lado da trincheira instalada no desenvolvimento do projeto entre DEGEO/UFU (atual IGUFU/UFU) e Universidade de Bayreuth/Alemanha⁹, sendo reaproveitada para esta pesquisa, e outra, alguns metros distante da referida trincheira e livre do trânsito das pessoas. Para cada uma das posições efetuou-se três repetições. (figura 2).

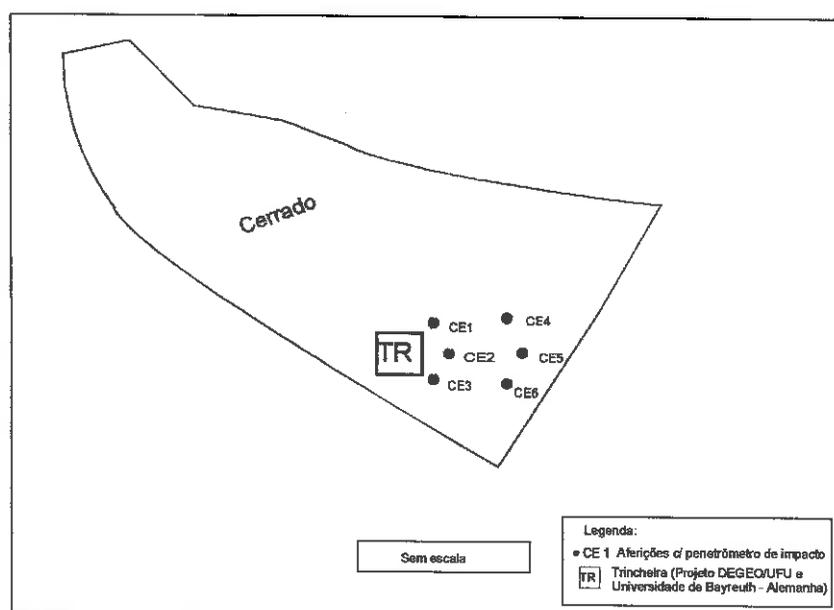


FIGURA 2 – Pontos amostrados nos ensaios de resistência à penetração em área de vegetação natural de Cerrado.

No sistema plantio convencional, os ensaios com penetrômetro de impacto foram realizados em 13 pontos distribuídos numa parcela de 720 x 60 m (figura 3), enquanto que para o sistema plantio direto foram realizados ensaios em 8 pontos distribuídos numa área de 820 x 365 m (figura 4). De acordo com STOLF, FERNANDES e FURLANI NETO (1983), quando este tipo de técnica é utilizada

⁹ Este projeto foi realizado no sentido de avaliar a sustentabilidade de diferentes tipos de uso da terra nas propriedades físicas e químicas do solo do Cerrado, resultando na elaboração do relatório intitulado "Managing acid soils: water and nutrient fluxes as indicators of sustainable land use in the Brazilian Savanna" (LILIENFEIN et. al. 1999) e na publicação de vários artigos em revistas internacionais.

para fazer o levantamento da compactação em talhões, deve-se proceder o ensaio, no mínimo, em cinco locais/talhão.

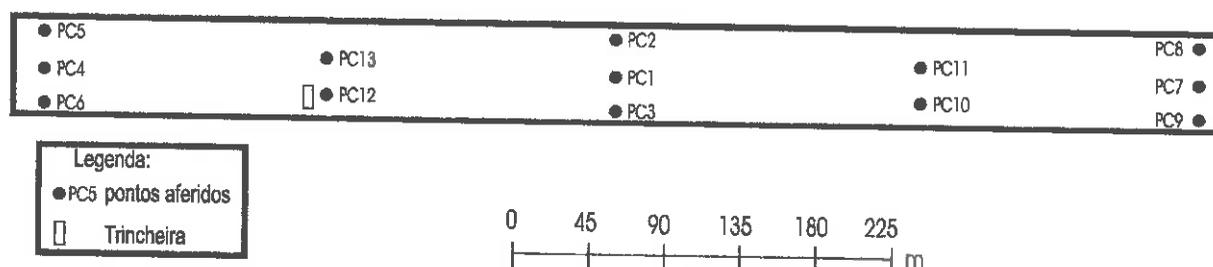


FIGURA 3 – Pontos amostrados nos ensaios de resistência do solo à penetração em área de plantio convencional.

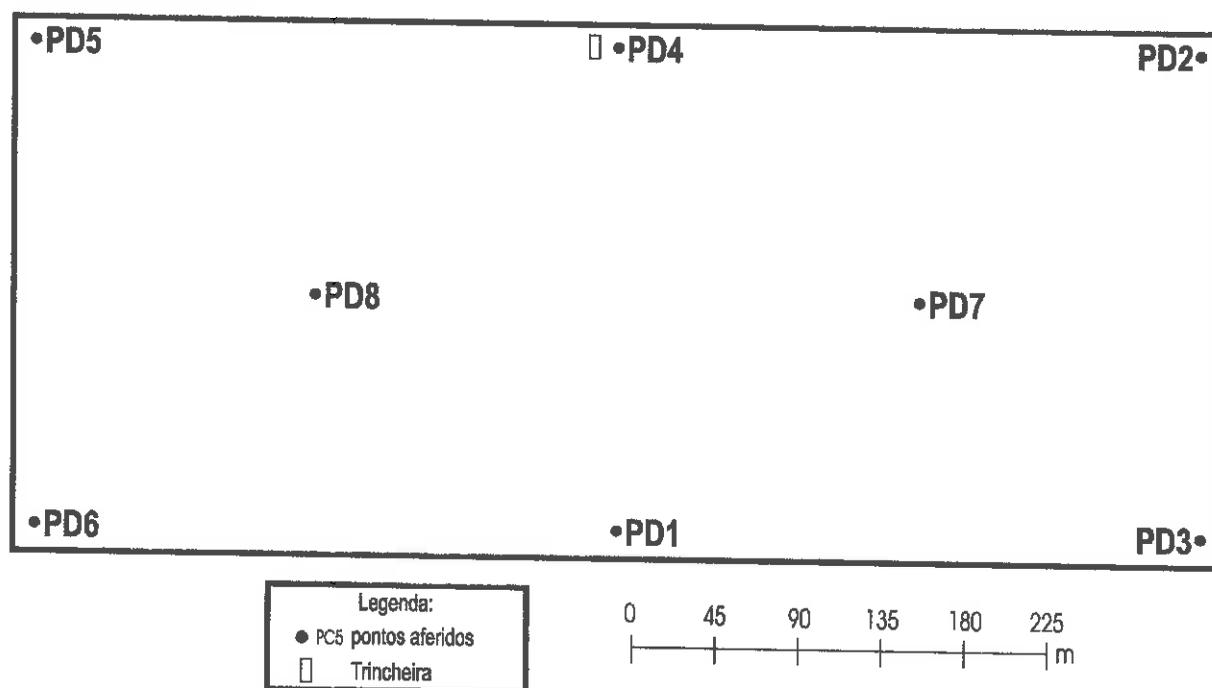


FIGURA 4 – Pontos amostrados nos ensaios de resistência do solo à penetração em área de plantio direto.

Assim, a verificação da compactação ao longo das parcelas agrícolas atende as recomendações dos autores. A maior quantidade de pontos verificados na parcela de plantio convencional, deve-se à amostragem mais detalhada que se quis obter desta área, uma vez que a literatura aponta este sistema de manejo como aquele que provoca maiores alterações estruturais.

Para as áreas de cultivo, os ensaios foram realizados em quatro situações diferenciadas: linha da cultura com e sem roda da colheitadeira e entrelinha da cultura com e sem roda da colheitadeira.

Após a realização dos ensaios, fez-se o tratamento dos dados conforme os procedimentos recomendados por STOLF, FERNANDES e FURLANI NETO (1983), sendo as leituras realizadas a cada impacto e de forma acumulada, o que exigiu o cálculo posterior da profundidade (cm) penetrada. Em seguida, obteve-se o valor calculado, usando a seguinte fórmula:

$$VC = \frac{\text{impactos}}{\text{profundidade}} \times 10$$

onde:

VC (impactos/dm) = valor calculado

Profundidade (cm) = profundidade penetrada em cada impacto

Impactos = n.º de impactos gastos para provocar a penetração correspondente a variação de profundidade.

10 = multiplica-se por este valor para transformar a medida de cm em dm, no intuito de não se obter valores muito pequenos, dificultando a representação em gráficos.

Os autores supracitados recomendam que a primeira leitura seja realizada logo após o primeiro impacto, em função de ser uma camada sujeita a maiores perturbações, sugerindo ainda, que as demais leituras sejam feitas conforme o comportamento da compactação, não havendo um número fixo de impactos para a realização das mesmas. Nesta pesquisa optou-se por fazer a leitura a cada impacto, de forma a obter um maior detalhe sobre a camada compactada. Por esse motivo ao fazer o cálculo, o valor relativo a impactos será sempre igual a 1 (um).

A partir deste cálculo, os dados foram tabulados para intervalos de classe de 2 cm, criados tanto para a profundidade inicial como para a final. Mas conforme recomendações do fabricante, ao optar por um destes critérios, o

mesmo deverá ser constante até o final do tratamento dos dados. Nesta pesquisa fez-se a opção pelo intervalo de classe relativo a profundidade inicial.

Diante deste procedimento e no intuito de verificar qual a tendência em cada uma das situações quanto aos valores de resistência à penetração, criou-se intervalos de classe de acordo com o número de impactos necessários para perfurar 10 cm ou 1 dm de solo. Nesse sentido, considerou-se como muito fraca (1-3 impactos/dm), fraca (3 a 8 impactos/dm), moderada (5 a 10 impactos/dm) e forte (10 a 20 impactos/dm). Tais valores foram estabelecidos a partir da distinção dos números de impactos no conjunto de todos os pontos.

Após a tabulação dos dados, os mesmos foram representados através de gráficos para melhor interpretação e visualização dos resultados. Todavia, como houve sobreposição de informações entre os pontos, dificultando a leitura dos gráficos, optou-se pela apresentação final dos resultados em forma de figura, indicando para cada ponto a resistência apresentada. Os gráficos que propiciaram a interpretação dos dados encontram-se em anexo (anexo 1). Nas áreas agrícolas, a organização dos dados se fez ainda por situação de cultivo (linha da cultura com e sem roda da colheitadeira e entrelinha da cultura com e sem roda da colheitadeira), conforme o exposto na revisão da literatura.

Assim, estes ensaios possibilitaram verificar o comportamento da resistência à penetração do solo em cada uma das situações delimitadas para a pesquisa, através da classe de maior frequência, bem como, escolher o ponto mais representativo para a instalação da trincheira nas áreas de Cerrado, de sistema plantio convencional e sistema plantio direto.

Quarta etapa: Descrição morfológica e coleta de amostras

Ainda no segundo nível da metodologia proposta por AB'SÁBER (1969), foram iniciados os procedimentos no intuito de fazer uma observação mais detalhada de um dos elementos da estrutura superficial da paisagem – o solo, assim como, das conseqüências do manejo nas suas propriedades físicas. Diante das informações obtidas através da etapa anterior, em que foi efetuada a escolha dos pontos representativos em cada situação escolhida para a pesquisa, procedeu-se a abertura das trincheiras, de modo convencional.

Para a área de cerrado, fez-se o reaproveitamento da trincheira aberta durante o desenvolvimento do citado projeto do convênio entre DEGEO/UFU e Universidade de Bayreuth (Alemanha) e que ainda continua sendo utilizada para novos estudos. Esta decisão se fez mediante a análise dos dados de resistência à penetração, os quais não revelaram diferenças significativas entre os pontos amostrados, ao lado e afastado da trincheira reaproveitada (figura 2). A trincheira de 1 m de largura por 1,80 m de comprimento foi devidamente preparada antes de iniciar a descrição morfológica do perfil (LEMOS e SANTOS, 1996).

Nas áreas agrícolas com sistema plantio convencional e sistema plantio direto, as trincheiras foram abertas mediante dois critérios. O primeiro, como já foi explicado anteriormente, baseou-se nos ensaios com penetrômetro, a fim de verificar a resistência do solo. Entre os vários pontos aferidos, a trincheira foi implantada naquele que representava a principal tendência de cada sistema de manejo, quanto aos valores obtidos nos ensaios realizados nos pontos (figuras 3 e 4).

O segundo critério estabelecido foi que as mesmas deveriam contemplar as variações apresentadas na área de cultivo e que poderiam influenciar na estrutura do solo. Assim, a trincheira aberta no plantio convencional foi de 3,70 m de comprimento, 1,15 m de largura e 1 m de profundidade e no plantio direto de 3,40 m de comprimento, 90 cm de largura e 1 m de profundidade, sendo instaladas de forma transversal ao sentido das linhas da cultura e levando em consideração a linha e a entrelinha da cultura em que a roda da colheitadeira não passou e a linha e a entrelinha da cultura em que a roda da colheitadeira passou, devido às advertências contidas na literatura.

LEMOS e SANTOS (1996) recomendam que, para os latossolos, a análise do perfil deve ser realizada até a profundidade de 1,80 a 2,00 m. Na área natural de cerrado estas indicações foram seguidas. Já para as áreas de plantio agrícola, a análise do perfil foi feita em menor profundidade (90 cm), por dois motivos: primeiro, porque o solo nas três situações delimitadas para a pesquisa (cerrado, plantio convencional e direto) apresentam características semelhantes a partir de cerca de 50 cm, o que pôde ser comprovado com dados de pesquisas anteriormente realizadas na área; segundo porque nesta profundidade seria

possível ter tanto a parte do perfil que sofreu influência do uso agrícola, como a parte livre de tal influência, isto é, não afetada pelo manejo.

Após estes cuidados, prosseguiu-se às descrições morfológicas usuais dos perfis de solo, adaptando-se os procedimentos indicados pelos autores supracitados no que refere a cada item da morfologia. Ressalta-se, porém, que nas descrições referentes à porção do perfil modificada pelo uso agrícola, optou-se por reconhecer os volumes com diferentes graus de compactação, como poderá ser visto através do desenho esquemático de cada perfil. (figuras 43 e 49, adiante).

Assim, na descrição morfológica dos perfis das áreas agrícolas observou-se mais detalhadamente a espessura e demais características morfológicas de compactação, idem para a recuperação da estrutura. Procurou-se dar ênfase na observação do trecho superior dos perfis de solo, também denominado de perfil cultural (volume ocupado pelas raízes das culturas), no intuito de verificar o comportamento do sistema radicular e suas relações com o fenômeno da compactação, sem contudo, proceder-se ao estudo específico desse sistema e, nem tampouco adotando-se as nomenclaturas usuais, optando-se por numeração e correlação com a nomenclatura tradicional dos horizontes.

Em síntese, os perfis de sistema plantio convencional e sistema plantio direto, foram descritos de forma semelhante àquele da área de Cerrado, porém sendo delimitados, ao invés dos horizontes, os diferentes volumes quanto à resistência. Em cada volume foi observado, *a priori*, o comportamento radicular e a estrutura do solo, de forma a encontrar indícios da alteração com o uso agrícola. Estes volumes, por sua vez, foram numerados de cima para baixo conforme as diferenças apresentadas, o que poderá ser observado mais detalhadamente através da descrição morfológica.

Em cada um dos perfis analisados procedeu-se à coleta de amostras deformadas e indeformadas em seus horizontes ou volumes, no intuito de fazer uma caracterização mais detalhada em laboratório, como descrito na quinta etapa, adiante.

Nessa fase, foram realizadas ainda tomadas de fotos para ilustrar o observado em campo, bem como, das amostras indeformadas, coletadas para confecção das lâminas delgadas e para densidade do solo.

As amostras para análises convencionais (granulometria e densimetria de partículas) foram coletadas em sacos plásticos, deformadas. Aquelas para micromorfologia e densimetria de solo foram coletadas indeformadas, respectivamente, em caixas de papel cartão (5 x 7 x 4 cm) (BREWER, 1976) e em torrões (EMBRAPA, 1979) que foram embebidos em parafinas e secos ao ar livre.

Quinta etapa: análises de laboratório e descrição micromorfológicas

No sentido de obter mais informações sobre os elementos que compõem o solo e as alterações em suas características físicas naturais diante do manejo, foram realizadas algumas análises laboratoriais, tanto com as amostras deformadas quanto indeformadas, a saber:

a) Análises físicas

- **Granulometria** (análise textural)

Foi determinada através do método do densímetro (EMBRAPA, 1979), usando como dispersante o hidróxido de sódio (NaOH). As porcentagens das diferentes partículas do solo (areia total, silte e argila) foram obtidas a partir da densidade das suspensões do solo, a qual, por sua vez, está relacionada com o tempo para leitura (decantação pela lei de Stokes) e com a temperatura desta solução.

A argila dispersa (ou argila natural) foi calculada utilizando o método da pipeta (EMBRAPA, 1979) seguindo procedimentos iniciais semelhantes àqueles para a determinação da textura por este método, substituindo porém o dispersante químico por água destilada.

De posse dos valores relativos à argila total e argila natural, fez-se o cálculo do grau de flocculação, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ grau de flocculação} = [(\text{argila total} - \text{argila natural}) / \text{argila total}] \cdot 100$$

- **Densidade do solo ou densidade global (Ds)**

Esta determinação foi realizada através do método do torrão impermeabilizado com parafina (EMBRAPA, 1979), em que

$D_s = \text{massa do torrão} / \text{volume do torrão}$

Onde,

Massa do torrão = obtida a partir do peso do torrão seco em estufa a 105° C por 24 horas.

Volume do torrão = calculado a partir do mergulho do torrão parafinado na água contida em um bécker com volume conhecido. Para este cálculo, desconta-se o volume da parafina¹⁰.

- **Densidade de partículas (Dp)**

Foi calculada pelo método do balão volumétrico, completado com álcool etílico (EMBRAPA, 1979), em que:

$D_p = \text{Massa} / \text{volume do solo}$

Onde,

Massa = 20 g de solo (amostra trabalhada)

Volume do solo = volume calculado a partir da diferença do volume de álcool etílico gasto para completar o balão volumétrico de 50 ml que contém a amostra de solo.

- **Porosidade total (PT)**

Calculada a partir dos valores das densidades aparente do solo e de partícula:

$$PT (\%) = [(D_p - D_s) / D_p] \cdot 100$$

b) estudo micromorfológico

A análise de lâminas delgadas foi realizada no intuito de conhecer as microestruturas do solo, com ênfase na organização do espaço poroso, tanto da

¹⁰ Para o cálculo do volume da parafina, adotou-se 0,9 g/cm³ como o valor padrão da densidade do referido produto. Com base neste dado, o volume da parafina foi obtido partindo da seguinte relação: densidade da parafina = massa da parafina/volume da parafina.

área testemunha como daquelas decorrentes dos tipos de manejo adotados no cultivo da soja (KERTZMAN, 1996, dentre outros).

As amostras foram preparadas no Laboratório de Mecânica de Solos/Fornas Centrais Elétricas, em Aparecida de Goiânia/GO. Os procedimentos de preparo adotados obedeceram às seguintes fases: impregnação das amostras, desbaste e polimento, montagem (colagem), corte da amostra e acabamento, conforme BREWER (1976).

De forma resumida, inicialmente, as amostras foram secas em estufa a 80° C e, após ser levada ao dessecador a vácuo, as mesmas foram impregnadas com resina *Epofix* na proporção de 25 ml de resina para 3 ml de catalizador.

Assim que endureceram, as amostras foram serradas, desbastadas e polidas, usando técnicas e materiais usuais para estes fins (serra diamantada, politrizes, abrasivos de óxido de alumínio (Al_2O_3) nas granulações 120, 220, 320 e 400 e abrasivos de carbeto de silício de *mesh* 1000, lâminas delgadas). Em seguida, a amostra desbastada foi colada nas lâminas de vidro plana e retangular com dimensões de 5,2 cm x 3,0 cm x 0,2 cm. Após um novo polimento com politriz, a amostra colada na lâmina foi cortada até uma espessura aproximada de 1,0 mm, partindo-se finalmente para a fase de acabamento, quando foi efetuado outro polimento com politriz, até atingir a espessura padrão de aproximadamente 0,03 mm (30 μ).

As observações micromorfológicas obedeceram aos critérios de BREWER (1976) e ao recomendado por CASTRO (1989). Resumidamente, contemplaram a identificação dos constituintes (plasma, esqueleto e poros) e seus arranjos estruturais de base do fundo matricial. Deu-se ênfase à morfoporosidade como indicador do comportamento dos materiais. Foram tomadas fotomicrografias e foram estabelecidos cálculos por estimativa visual com o fim de comparar as três situações e todas as possibilidades de características da compactação, desde a máxima até a ausente.

Sexta etapa: análise e interpretação dos dados

No intuito de atingir o terceiro nível da metodologia adotada, no caso relativo à compreensão da dinâmica da paisagem através do comportamento dos solos estudados, procedeu-se à organização e análise dos dados obtidos, tanto

através de informações fornecidas pelo proprietário, como via descrições de campo e análises laboratoriais.

Na seqüência, estabeleceu-se o cruzamento dos dados, na perspectiva de deduzir-se o comportamento dos solos face às alterações que ocorreram em função das três situações de uso e manejo. Assim, tal procedimento fez-se mediante a comparação das propriedades físicas do solo nas áreas de sistema plantio convencional e sistema plantio direto em relação à área remanescente de cerrado, a qual foi adotada como testemunha.

Nessa perspectiva, procurou-se encontrar indicadores das conseqüências do uso e manejo do solo com a cultura da soja, bem como, procedeu-se à avaliação da eficácia do plantio direto como sistema de cultivo para a recuperação estrutural e porosa dos solos da área.

Para finalizar, ressalta-se que o cruzamento e a representação dos dados, tiveram, como produtos, textos interpretativos com as respectivas ilustrações, no intuito de deixar uma contribuição para o melhor aproveitamento agrícola no município de Uberlândia, e, acima de tudo, para que este estudo se traduza numa contribuição no sentido de mostrar a importância dos seres humanos ocuparem e usarem o espaço em harmonia com a natureza, respeitando suas características e os seus limites intrínsecos, à luz da tecnologia de controle disponível.

CAPÍTULO V

5 - CARACTERIZAÇÃO REGIONAL DO QUADRO NATURAL E DO PROCESSO DE OCUPAÇÃO

5.1 - Considerações sobre as características físicas regionais

Conforme apresentado no capítulo anterior, o entendimento da estrutura superficial da paisagem na área de estudo desta pesquisa, foi consubstanciado a partir de estudos desenvolvidos sobre a região. Neste contexto, foi considerado como de grande contribuição, o trabalho sobre as chapadas do Oeste Mineiro, de autoria de FELTRAN FILHO (1997), em função da síntese que o envolve e do material cartográfico produzido, do qual foram extraídos documentos e informações para a análise aqui apresentada. Entre os produtos finais deste estudo destaca-se os mapas temáticos reduzidos a partir da escala de trabalho de 1:100.000 e apresentados na escala de 1:400.000, constituindo referência básica para a delimitação e contextualização do objeto empírico.

Os grandes compartimentos, Ocidental e Oriental, identificados pelo autor supracitado, abrangem, em sua maior parte, áreas da mesorregião do Triângulo Mineiro, estando inserida uma pequena porção da mesorregião do Alto Paranaíba que, na realidade, é uma extensão daquela.

Estes compartimentos se individualizam na paisagem por constituírem superfícies elevadas e suavizadas perante as demais áreas de relevo dissecado que as contornam, sendo estas modeladas pelos rios Araguari e Quebra Anzol e alguns de seus tributários.

A dissecação do relevo nas bordas das chapadas e áreas adjacentes, que promoveu a individualização e configuração atual, é resultante da ação desses cursos fluviais que esculpíram as deposições argilosas e detrítico-lateríticas do Terciário/Quaternário, bem como, as camadas rochosas superiores dos Grupos São Bento e Bauru da Bacia Sedimentar do Paraná que as sustentam, até atingirem as rochas subjacentes do embasamento cristalino Pré-Cambriano.

O rio Araguari, que se constitui no principal eixo de drenagem regional, dividiu o conjunto das chapadas nos dois grandes compartimentos regionais

referidos, sendo que o compartimento Oriental ainda foi dividido pelo rio Quebra Anzol em dois sub-compartimentos: Norte-Oriental e Sul-Oriental.

Nestes dois grandes compartimentos foram identificados por FELTRAN FILHO (1997) sete unidades geomorfológicas, com base na densidade de drenagem, seus padrões geométricos e os limites estabelecidos pelas bordas das chapadas. Destas, são exclusivas do compartimento Oriental, as unidades *Córrego Estiva*, *Rio Jordão* e *Rio Bagagem* e do compartimento Ocidental, as unidades *Uberlândia* e *Bacia do Bom Jardim*. As outras duas unidades denominadas *Baixo Uberabinha*, *rio das Pedras (ocidental)* e *Araguari (oriental)*, a noroeste do conjunto das chapadas e, *Alto Uberabinha* e *Rio Claro (ocidental)*, *Indianópolis (Norte-Oriental)* e *Santa Juliana (Sul-Oriental)*, na parte sul, sudeste e central desse conjunto, apresentam áreas distribuídas em ambos compartimentos.

No compartimento ocidental, encontra-se o município de Uberlândia, constituindo-se em uma área representativa das quatro unidades geomorfológicas identificadas neste compartimento (figura 5, adiante).

As culturas temporárias, com destaque para a soja e milho, ocupam extensas áreas dessas unidades geomorfológicas, sendo pouco expressiva apenas na unidade Baixo Uberabinha e rio das Pedras.

Dentre as porções das quatro unidades presentes no município, escolheu-se para realizar um estudo mais aprofundado, aquela denominada Alto Uberabinha e rio Claro, por apresentar topos amplos e largos, ocupados intensivamente pelo cultivo da soja e, ainda, por englobar as terras do alto curso do rio Uberabinha, fornecedor de água para o consumo da população de Uberlândia.

Desta, forma a apreciação sobre os aspectos físicos e o processo de ocupação dará prioridade a esta unidade geomorfológica onde se localiza a área de estudo selecionada para esta pesquisa.

Ressalta-se, porém, que os limites desta unidade geomorfológica não coincidem com as demarcações municipais, estando uma porção da mesma inserida no município vizinho de Uberaba, inclusive a nascente do rio Uberabinha.

Mas, em função da extensão da área delimitou-se para este estudo apenas aquela porção inserida no município de Uberlândia.¹¹

5.1.1) Geomorfologia

Ao caracterizar o relevo do Triângulo Mineiro, BACCARO (1991) apresenta-o inserido em um conjunto de relevo denominado por AB'SABER (1971), de "Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central" e pelo RADAMBRASIL (1983), como "Planalto e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná", fazendo parte da sub-unidade "Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná".

O relevo do Triângulo Mineiro é resultado de mudanças que atingiram não só esta região, como todo o território brasileiro. De acordo, ainda, com BACCARO (1991), o Triângulo estaria incluído em zonas de extensos e intensos aplainamentos, como foi afirmado por diversos autores, entre eles KING (1962) e BARBOSA (1970) que sugeriram uma classificação para as superfícies que foram trabalhadas em fases distintas.

KING (1962) *apud* BACCARO (1991) denominou a superfície mais antiga que aparece na região de "Superfície Sul-Americana", a qual é marcada na paisagem por nivelamentos de topos, correspondendo às superfícies de cimeira da chapada com altitude em torno de 900 a 1000 metros e, "Velhas", o ciclo posterior, o qual abriu incisões em formas de vales ramificados na superfície de cimeira, originando algumas superfícies embutidas nas bordas das chapadas, com altitudes de 650 a 750 metros, o que pode ser observado entre os municípios de Araguari e Uberlândia.

BARBOSA (1970) *apud* BACCARO (1991) deu uma nova denominação para a classificação anterior, chamando de "Superfície Araxá" àquela correspondente à Superfície Sul-Americana e caracterizou ainda uma superfície

¹¹ Apesar da nascente do rio Uberabinha e a bacia do rio Claro não estarem presentes no município de Uberlândia, estando no município vizinho de Uberaba, optou-se por usar a denominação atribuída por FELTRAN FILHO (1997) de "Alto Uberabinha e rio Claro", pois toda a área apresenta semelhanças quanto às características e a delimitação por município, na presente pesquisa, foi somente em função da extensão da área.

mais rebaixada, a qual ele não denominou, mas que corresponderia à Superfície Velhas.

As unidades geomorfológicas que se apresentam no Triângulo Mineiro, segundo BACCARO (1991), são quatro: Área de relevo intensamente dissecado; Área de relevo medianamente dissecado; Área de relevo residual e Áreas elevadas de cimeira, com topos planos, amplos e largos.

Para o município de Uberlândia, a autora realizou um estudo em 1989 e identificou três dessas unidades geomorfológicas, com exceção das áreas com relevos residuais.

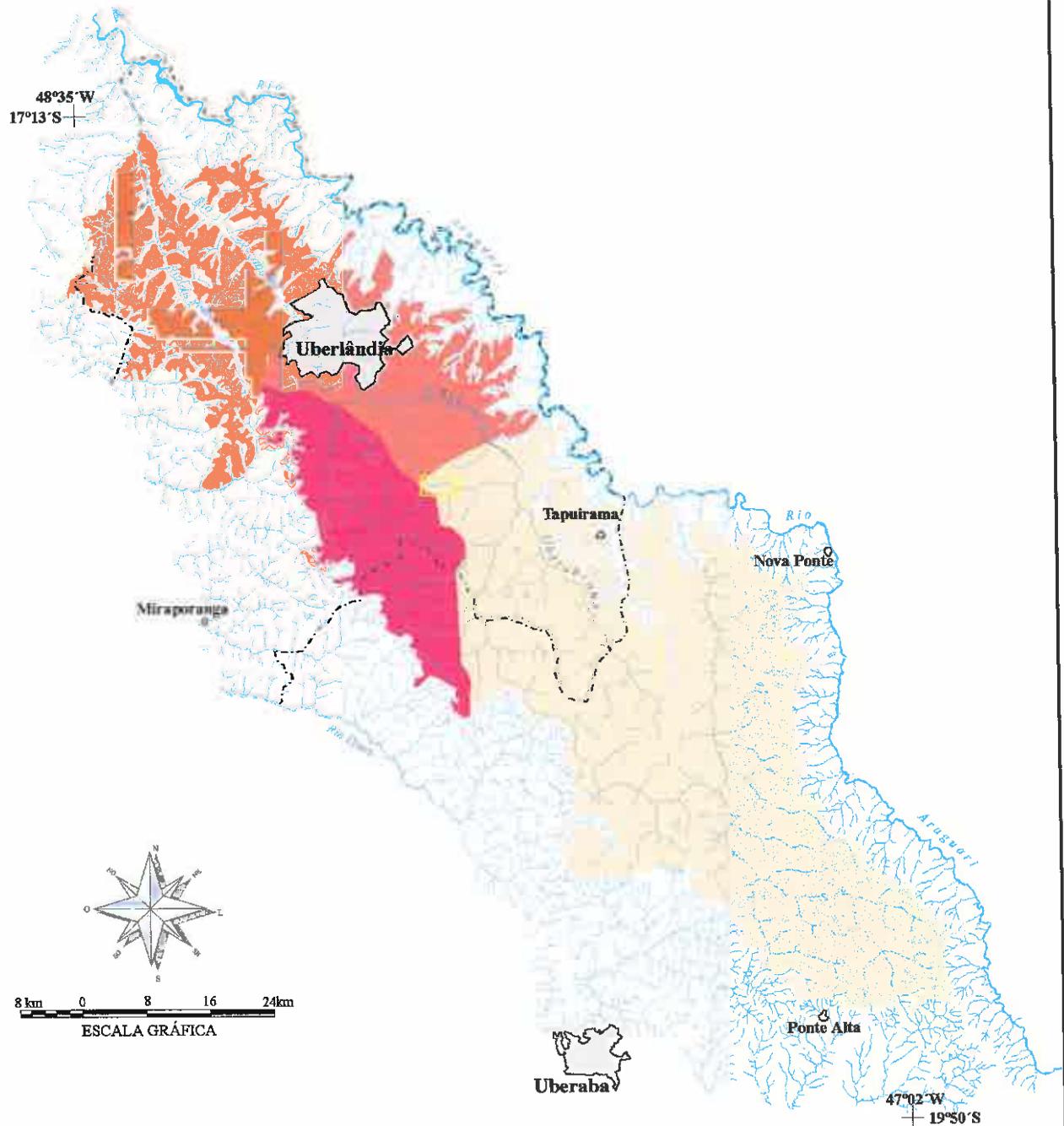
Seguindo a classificação atribuída pela referida autora para o Triângulo Mineiro, FELTRAN FILHO (1997) aponta que as chapadas do Oeste Mineiro estariam inseridas nas *áreas elevadas de cimeira* entre 950 e 1050 m e nas *áreas de relevo medianamente dissecado* entre 750 e 900 m. A área escolhida para a presente pesquisa integra a primeira unidade acima citada, na porção referente ao município de Uberlândia.

Em função dos motivos justificados no início deste capítulo, escolheu-se para trabalhar a porção do município que se insere na unidade *Alto Uberabinha e rio Claro*, a qual será caracterizada a seguir, tendo por base a obra de FELTRAN FILHO (1997).

Esta é a unidade de maior extensão no compartimento ocidental, sendo também representativa no município de Uberlândia, como mostra a figura 5. Caracteriza-se por apresentar relevo plano e regionalmente mais elevado, com altitudes variando entre 850 a maiores de 1050 m (figura 6). Os interflúvios são tabulares, simétricos, tanto transversal como longitudinalmente, constituindo em áreas dispensoras de água superficial e de recarga do freático, enquanto os divisores são de difícil identificação dadas as fracas declividades e ausência de rupturas marcadas. Nota-se também, que há um certo caimento topográfico de sudeste para noroeste (figura 6), de aproximadamente 4 %, coincidindo com a mesma inclinação apresentada pela bacia sedimentar do Paraná.

O condicionamento estrutural é evidente na rede de drenagem, pelos padrões em treliça ou retangulares e com formas variadas, próximos à anelar, nos trechos superiores da drenagem, sendo possível ainda, observar a formação de ângulos retos na confluência entre os cursos d'água e seus afluentes.

FIGURA 5 - UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DAS CHAPADAS DO OESTE MINEIRO - COMPARTIMENTO OCIDENTAL



LEGENDA

Unidades Geomorfológicas

- Baixo Uberabinha e rio das Pedras
- Bacia do Bom Jardim
- Uberlândia
- Alto Uberabinha e rio Claro

- Área urbana
- Área de estudo
- Cursos d'água
- Limite do Município de Uberlândia

FONTE:

IBGE, Cartas Topográficas - 1/100.000 (várias datas)
 Imagens de Satélite Landsat/TM 5 - 1/100.000 (várias datas)

Adaptado por: Costa, A.A. (2000)
 Original elab.: Feltran Filho (1995)
 Original dig.: E. F. de Lima (Lab. Geoprocessamento/DEGEO/UFU)

ELABORAÇÃO DIGITAL:

Wagneide Rodrigues - Geógrafa
 Loçandra Borges de Moraes - Geógrafa

LOCAL/DATA:

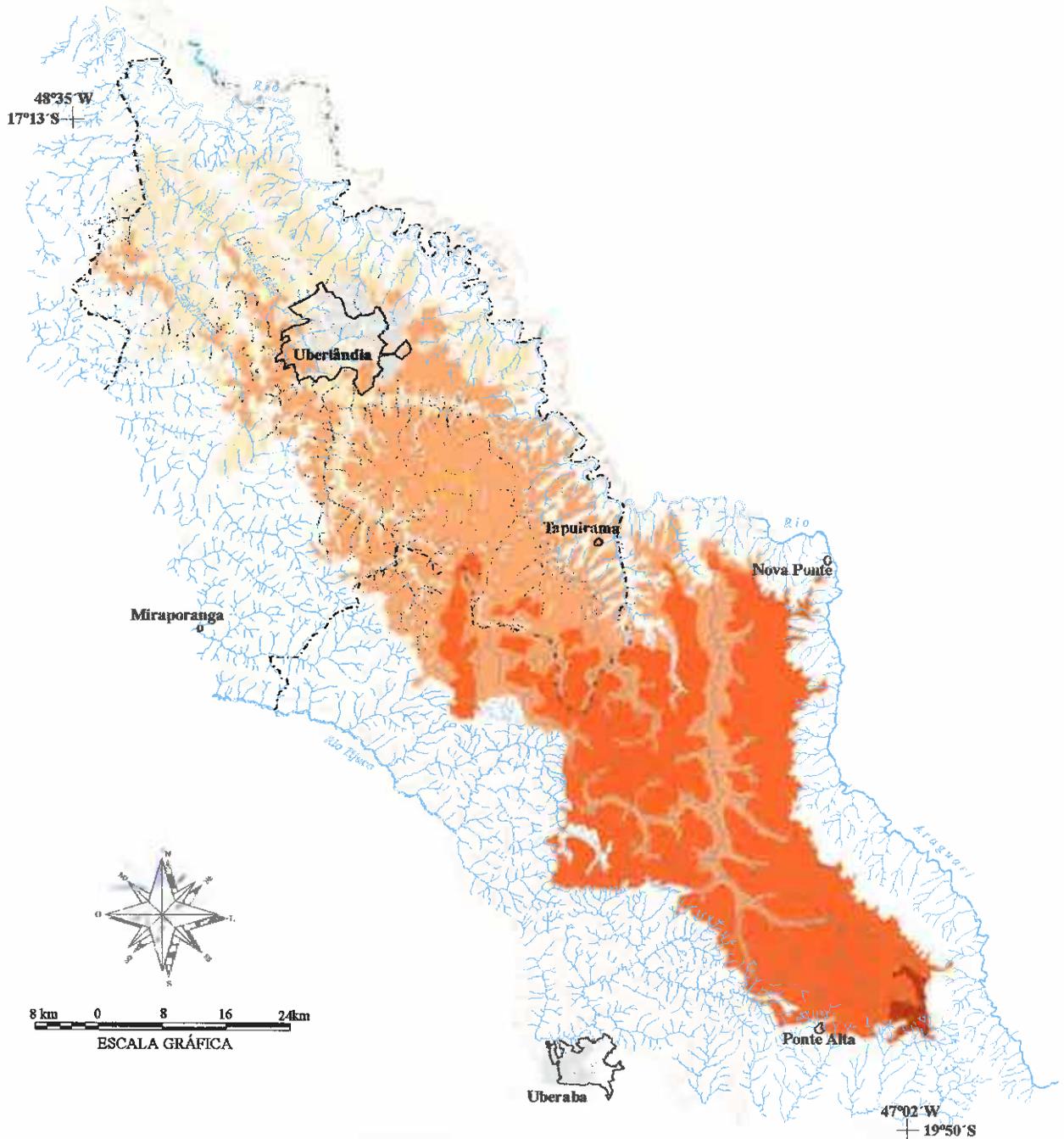
Goiânia, dezembro de 2000

SITUAÇÃO GEOGRÁFICA ESTADO DE MINAS GERAIS



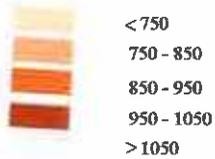
0 150 300Km
 Escala Gráfica

**FIGURA 6 - HIPSOMETRIA DAS CHAPADAS DO OESTE MINEIRO
COMPARTIMENTO OCIDENTAL**



LEGENDA

Classes hipsométricas (em metros)



- Área urbana
- Área de estudo
- Cursos d'água
- Limite do Município de Uberlândia

FONTE:

IBGE, Cartas Topográficas - 1/100.000 (várias datas)
Imagens de Satélite Landsat/TM 5 - 1/100.000 (várias datas)

Adaptado por Costa, A.A. (2000)
Original elab.: Feltran Filho (1995)
Original dig.: E. F. de Lima (Lab. Geoprocessamento/DEGEO/UFU)

ELABORAÇÃO DIGITAL:

Wagneide Rodrigues - Geógrafa
Loçandra Borges de Moraes - Geógrafa

LOCAL/DATA:

Goiânia, dezembro de 2000

**SITUAÇÃO GEOGRÁFICA
ESTADO DE MINAS GERAIS**



A rede de drenagem nesta unidade é diferente das demais unidades identificadas no compartimento ocidental, sendo pouco densa e com os cursos fluviais assentados sobre rochas sedimentares, indicando que os mesmos tiveram uma baixa capacidade erosiva, enquanto que nas demais unidades já atingiram as rochas subjacentes.

Observa-se neste compartimento a presença de áreas deprimidas, com elevada umidade ou com a acumulação temporária de água, conhecidas regionalmente como lagoas.

Em seu estudo FELTRAN FILHO (1997) buscou o entendimento da origem e evolução destas áreas deprimidas que estão presentes quase que exclusivamente neste compartimento e procurou correlacioná-las à evolução do relevo nos topos das chapadas. Apesar de reconhecer a necessidade de mais estudos para entender a dinâmica da evolução morfológica dos topos da chapada, o autor sugeriu que a origem dessas depressões se deve ao abatimento geoquímico interno e profundo das rochas da Formação Marília, pelo processo de dissolução das camadas carbonáticas presentes nas mesmas, reforçando a hipótese já levantada por outros autores que trabalharam na região, como NISHIYAMA (1989); SCHNEIDER (1996).

Esta última autora também desenvolveu um estudo sobre as áreas de chapada, numa porção correspondente a unidade geomorfológica *Alto Uberabinha e rio Claro* classificada por FELTRAN FILHO (1997), enfocando, porém, apenas o alto curso da bacia do rio Uberabinha. Para se referir a tal área, usou o termo *Topo da chapada*, que constitui uma subunidade do conjunto mais amplo denominado de *Chapadas*.

Como principal característica ambiental dessas áreas, a autora supracitada aponta as extensas áreas brejosas, associadas às nascentes de pequenos cursos d'água ou depressões fechadas e rasas, onde tem-se os campos úmidos. Nessas áreas estão presentes feições de microrelevo conhecidas regionalmente por covoais ou murundus, os quais variam entre 0,5 a 15 m de diâmetro e 0,3 a 2,0 m de altura, os quais, segundo SCHNEIDER (1996) também foram ocupados com a soja.

5.1.2) Geologia

Como a evolução do relevo das chapadas está relacionada diretamente com a estrutura geológica, optou-se nesta pesquisa, por caracterizar a litologia presente na unidade geomorfológica em que se insere a área de estudo e seu entorno. A importância de uma caracterização mais ampla está no fato de se alcançar um entendimento do substrato rochoso presente nas áreas de chapada, uma vez que nos topos amplos e largos a atuação erosiva da rede de drenagem ainda não expôs as camadas geológicas mais profundas que, de certo modo, as sustentam. Contudo, priorizou-se a caracterização das Formações Cretáceas e pós-Cretáceas por serem apontadas como o material de origem dos solos estudados, além de ser dominantes na chapada.

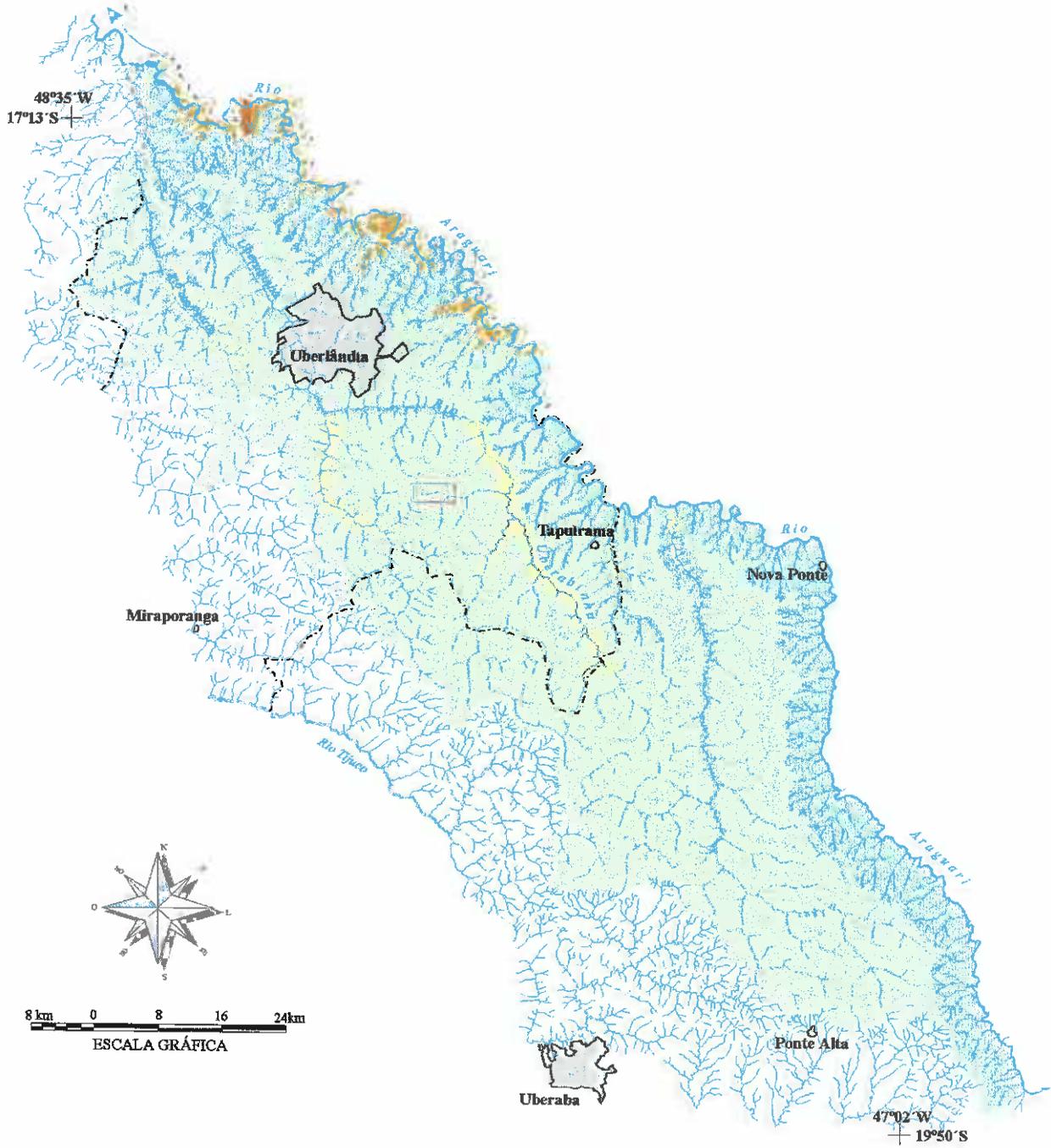
De acordo com a compilação e levantamento realizado por FELTRAN FILHO (1997), a área a ser analisada apresenta uma estratigrafia variada, de diferentes idades, sendo possível identificar desde afloramentos de rochas muito antigas do Pré-Cambriano até depósitos aluvionares mais recentes, que se distribuem nas áreas entre os topos das chapadas e as áreas dissecadas de seu entorno, ocupadas por vertentes abruptas e fundo de vales, como pode ser visto na figura 7.

O compartimento ocidental, no qual se insere a área de estudo desta pesquisa, encontra-se na parte setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná e é representada na região pelos arenitos da Formação Botucatu e basaltos da Formação Serra Geral, ambas do Grupo São Bento, bem como, por arenitos das Formações Adamantina e Marília do Grupo Bauru.

Subjacentes a essas unidades geológicas estão presentes rochas mais antigas, as quais constituem a base deposicional. No Triângulo Mineiro, onde encontra-se a maior parte do compartimento ocidental, NISHIYAMA (1989) mostra que esta base é formada por rochas metassedimentares Pré-Cambrianas dos Grupos Araxá (Proterozóico médio) e de rochas do Complexo Basal Goiano (Arqueano).

As rochas do Complexo Goiano, mais antigas da região, estão expostas no município de Uberlândia, de acordo com o autor supracitado, apenas em uma pequena área às margens do rio Araguari, resultante do entalhamento do seu vale

**FIGURA 7 - GEOLOGIA DAS CHAPADAS DO OESTE MINEIRO
COMPARTIMENTO OCIDENTAL**



LEGENDA

Unidades Geológicas

- Aluviões recentes
- Formação Marília
- Formação Serra Geral
- Formação Botucatu
- Grupo Araxá (Psaq)
- Grupo Araxá (Psaq)
- Complexo Basal Goiano

- Área urbana
- Área de estudo

Cursos d'água

Limite do Município de Uberlândia

FONTE:

HASUI, Y. Mapa Geológico do Triângulo Mineiro e parte do Alto Paranaíba, 1:250.000, 1967 (modificado)
NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia, 1988 (modificado)

Adaptado por Costa, A.A. (2000)
Original elab.: Feltran Filho (1995)
Original dig.: E. F. de Lima
(Lab. Geoprocessamento/DEGEO/UFU)

ELABORAÇÃO DIGITAL:

Wagneide Rodrigues - Geógrafa
Loçandra Borges de Moraes - Geógrafa

LOCAL/DATA:

Goiânia, dezembro de 2000

**SITUAÇÃO GEOGRÁFICA
ESTADO DE MINAS GERAIS**



0 150 300Km
Escala Gráfica

em camadas superiores, sendo que esta encontra-se fora dos limites da unidade geomorfológica de interesse dessa pesquisa.

As rochas pertencentes ao Grupo Araxá também são antigas e, segundo SOUSA JÚNIOR *et. al.* (1983), apesar de terem sido dobradas simultaneamente às rochas granito-gnáissicas do Complexo Goiano, encontram-se depositadas sobre as mesmas.

Sobrejacente às litologias antigas, tem-se as rochas sedimentares da Formação Botucatu do Grupo São Bento, a qual, segundo NISHIYAMA (1989), é representada pelos arenitos eólicos, encontrados em algumas áreas do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em especial, aquelas localizadas nas porções mais dissecadas.

No mapa geológico das chapadas do Oeste Mineiro elaborado por FELTRAN FILHO (1997), a área de ocorrência da referida formação é muito restrita e localiza-se nas partes em que o relevo foi mais trabalhado, indicando que, provavelmente, a exposição de suas rochas seja resultante da remoção erosiva do pacote superior.

A Formação Serra Geral, que é constituída por rochas de caráter vulcânico, apresenta segundo NISHIYAMA (1989) uma distribuição horizontal muito ampla no Triângulo Mineiro, encontrando-se, em grande parte, recoberta, por rochas sedimentares do Grupo Bauru ou pelos sedimentos de idade Cenozóica. Os derrames basálticos mais expressivos são encontrados expostos, sobretudo, próximo aos vales dos principais cursos d'água, onde as camadas superiores já foram erodidas.

As outras formações que aparecem no compartimento ocidental são de idades mais recentes e pertencem ao Grupo Bauru. A divisão adotada para o Grupo Bauru baseia-se em BARCELOS (1984), que identificou no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba três unidades estratigráficas: Uberaba, Adamantina e Marília, sendo esta última subdividida em membros Ponte Alta e Serra da Galga.

No compartimento ocidental, conforme foi constatado por FELTRAN FILHO (1997) com exceção da Formação Uberaba, as demais estão presentes.

Os sedimentos da Formação Adamantina foram encontrados por BARCELOS (1984) em algumas localidades do Triângulo Mineiro. Ao caracterizar as rochas desta formação, NISHIYAMA (1989) mostra que os arenitos

apresentam granulação média a grossa, coloração marrom, marrom avermelhada, marrom arroxeadada e avermelhada, teor de matriz siltico-argilosa variável de acordo com os bancos, apresentando ainda, feições maciças com estruturas semelhantes a perfurações de vermes.

Estes arenitos, no município de Uberlândia, encontram-se depositados sobre as rochas basálticas, porém em seu estudo NISHIYAMA (1989) não caracterizou nenhum contato dessa natureza, uma vez que não há afloramentos que permitam esta visualização, devido ao recobrimento por outras formações mais recentes. Tais observações também foram confirmadas por FELTRAN FILHO (1997), que por não ter identificado sedimentos desta Formação nas áreas de chapadas, optou por não indicá-la no mapeamento por ele realizado.

A Formação Marília apresenta afloramentos, segundo NISHIYAMA (1989) em extensas áreas do Triângulo Mineiro, sendo limitadas pelos principais rios da região: Paranaíba, Grande e Araguari. O autor observa que as rochas desta formação apresentam-se, geralmente, recobertas pelos sedimentos cenozóicos, sobretudo, nos topos das chapadas.

No Oeste Mineiro, FELTRAN FILHO (1997) identificou as rochas desta Formação como dominante da superfície das chapadas, sendo representada por arenitos pouco consolidados e conglomerados superpostos a camadas carbonáticas, o que dá origem a relevos com topos levemente ondulados a planos, com presença de cascalheiras nas partes mais elevadas ou com solo argiloso vermelho. Ainda segundo o autor as bordas das chapadas recobertas pelos sedimentos desta Formação são abruptas e festonadas, tendo como sustentação os arenitos com cimentação carbonática.

No Triângulo Mineiro foi proposto por BARCELOS (1981) *et. al apud* BARCELOS (1984) uma divisão para a Formação Marília do Grupo Bauru em Membro Ponte Alta para os níveis carbonáticos, constituídos de calcário tipo calcrete e Membro Serra da Galga para os sedimentos arenosos e conglomeráticos superpostos.

O membro Serra da Galga, conforme NISHIYAMA (1989); FELTRAN FILHO (1997), aparece em grande parte dos topos das chapadas, recobrando os sedimentos do membro Ponte Alta.

No município de Uberlândia, de acordo com NISHIYAMA (1989), os afloramentos são específicos do Membro Serra da Galga que ocupam uma grande extensão a sudeste e noroeste. A sudeste encontra-se limitados pelo rio Araguari e ribeirão Bom Jardim, estendendo-se para o sul no município de Uberaba, para o norte, passando pela cidade de Uberlândia e em direção aos distritos de Martinésia e Cruzeiro dos Peixotos e, para oeste, rumo aos municípios de Monte Alegre de Minas e Tupaciguara.

Segundo o autor acima citado, no município de Uberlândia os sedimentos da Formação Marília sobrepõem os derrames basálticos ou aparecem em contato gradacional e/ou interdigitado com a Formação Adamantina. Este autor retrata também que a caracterização com maiores detalhes da Formação Marília tem sido dificultada pela presença da cobertura cenozóica, que impede o seu afloramento. Algumas informações têm sido obtidas através de testemunhos de perfuração obtidos em poços tubulares profundos que se localizam próximo à cidade de Uberlândia, sendo possível verificar a presença de arenitos finos imaturos com nódulos carbonáticos, arenitos conglomeráticos e conglomerados fortemente cimentados por material carbonático.

Recobrando, em grande parte as rochas do Grupo Bauru, têm-se os sedimentos de idade Cenozóica identificados em nossa região por SOUSA JÚNIOR *et. al.* (1983); BARCELOS (1984); NISHIYAMA (1989); BACCARO (1991); DEL GROSSI (1991).

Segundo BARCELOS (1984), este tipo de cobertura na região do Triângulo Mineiro aparece nas calhas dos principais rios, constituindo os depósitos aluvionares, mas também são observadas nos espigões, cobrindo as rochas do Grupo Bauru, o que impede a exposição das mesmas.

Tal fato foi observado também por BACCARO (1991), que identificou a presença dos sedimentos inconsolidados de idade considerada Cenozóica, em diferentes níveis topográficos, recobrando os topos das chapadas, as vertentes e vales fluviais.

Em Uberlândia, de acordo com NISHIYAMA (1989), os sedimentos cenozóicos aparecem em grande parte do município, recobrando rochas mais antigas e distribuídos em níveis topográficos, semelhantes às demais áreas do Triângulo Mineiro. Segundo o autor tais sedimentos apresentam-se diversificados

no município, sendo formados por leitos de cascalheiras, sedimentos com predomínio de termos arenosos e concreções limoníticas.

Ainda segundo o autor supracitado, os sedimentos cenozóicos apresentam uma baixa cimentação, o que tem contribuído para a erosão acelerada dos solos, nas áreas onde estão presentes, sobretudo, nos locais em que predominam os termos arenosos.

Apesar de haver alguns estudos a respeito destes sedimentos, muitas dúvidas ainda existem sobre os mesmos e, de acordo com DEL GROSSI (1991), os autores discutem se sua evolução é pedogenética ou correlativas às fases de aplainamentos que ocorreram no passado.

Na figura 7, os sedimentos do Cenozóico aparecem apenas como depósitos aluviais próximo ao vale de alguns rios, sendo que as áreas de cobertura da chapada foram mapeadas por FELTRAN FILHO (1997) como pertencentes à Formação Marília, inclusive aquela referente a área de estudo da presente pesquisa.

A esse respeito, o autor se posiciona contra a opinião de outros estudiosos, afirmando que esse material de cobertura teria originado a partir da evolução pedogenética das rochas subjacentes da Formação Marília.

Entretanto, apesar desta afirmação, ainda há muitas discussões e pesquisas sobre o tema, não havendo um consenso entre os autores sobre esse material que cobre grandes extensões das áreas de topo nas chapadas. Mas, independente de serem da Formação Marília ou não, o que se pode deduzir é que os mesmos constituem o material de origem dos solos argilosos latossólicos estudados na presente pesquisa.

5.1.3) Clima

O clima regional no Triângulo Mineiro é marcado por duas estações distintas: o verão, chuvoso e o inverno, seco. Conforme DEL GROSSI (1991), nesta região o clima é tipicamente tropical e a presença da estação seca no inverno e os fortes aguaceiros do verão são suas características marcantes. A autora acrescenta que as precipitações correspondem ao elemento climático principal ao se definir o clima regional.

Segundo MONTEIRO *apud* FELTRAN FILHO (1997), a dinâmica das massas de ar, no decorrer do ano, exercem influência e modificam as características climáticas de uma região, sendo que as massas de maior atuação no Triângulo Mineiro, são a Tropical Atlântica (Ta) e Polar Atlântica (Pa). Acrescenta ainda que durante todo o ano as condições atmosféricas regionais estão sob o comando básico das mesmas massas de ar e que suas mudanças de deslocamento é que seriam responsáveis pelas diferenças climáticas entre o verão e o inverno.

O inverno na região caracteriza-se pela escassez de chuvas, menor nebulosidade e aumento da insolação. A explicação para essa estabilidade atmosférica, conforme DEL GROSSI (1991); FELTRAN FILHO (1997) se deve ao fato de que, nesse período, há um domínio da massa de ar Tropical Atlântica, a qual, ao atingir o continente, perde parte da umidade, em função de uma barreira natural formada pelo relevo, ocorrendo precipitações nas regiões litorâneas e seca no interior do país. As poucas chuvas que ocorrem durante o inverno, na região aqui estudada, são provocadas pelo deslocamento da Tropical Atlântica e o avanço da Polar Atlântica, sendo esta última responsável também, segundo LIMA (1989b), pelas ondas de frio, comuns neste período.

As temperaturas no inverno são relativamente altas durante o dia e baixas à noite, o que segundo FELTRAN FILHO (1997), justifica-se pela insolação e ausência da cobertura de nuvens.

O verão é úmido e com altas temperaturas. Neste período, a massa Tropical Atlântica também está atuante na região, podendo causar chuvas devido ao seu aquecimento, todavia o autor supracitado aponta que os maiores índices pluviométricos são devido às linhas de instabilidade tropicais. NIMER (1977), explica que, no final da primavera, há uma invasão constante de ventos do W e NW na região do Brasil-Central, trazidos por estas linhas de instabilidade, as quais provocam chuvas e trovoadas devido ao ar em convergência no seu interior. Segundo o autor a origem das frentes de instabilidade está relacionada com as ondulações formadas pelo contato da frente polar atlântica (FPA) com o ar quente advindo da zona tropical, sendo que as mesmas, são muito dinâmicas e se deslocam para E e SE à medida que a FPA avança em direção ao equador.

De acordo com a EMBRAPA (1982), o Triângulo Mineiro apresenta um período chuvoso entre outubro a março ou abril e um período seco, equivalente aos demais meses do ano. A média anual das precipitações e temperatura encontra-se, respectivamente, entre 1300 e 1700 mm e de 20 a 24° C, sendo que a temperatura aumenta de leste para oeste.

No estudo acima citado, foi identificado a presença de três tipos climáticos regionais conforme a classificação de Köppen: *Aw*, megatérmico, em que a temperatura do mês mais frio é superior a 18° C, aparecendo em áreas de baixas altitudes no oeste do Triângulo Mineiro e nos vales dos principais rios; *Cwa* mesotérmico, com temperatura do mês mais frio inferior a 18° C e do mês mais quente superior a 22° C, ocorrendo nas regiões serranas do leste do Triângulo Mineiro; e o *Cwb* mesotérmico, com temperatura do mês mais frio semelhante ao anterior, porém do mês mais quente inferior a 22° C, predominando em regiões de elevada altitude.

FELTRAN FILHO (1997) fez uma análise comparativa sobre as condições climáticas baseada em registros de cinco diferentes localidades do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, entre os anos de 1981 a 1985, sendo estas: Capinópolis, Uberlândia, Uberaba, Patos de Minas e Araxá. Estes postos encontram-se em diferentes níveis e posições em relação às chapadas e foram escolhidos visando ter uma representatividade do clima regional.

Destas localidades, se inserem na unidade geomorfológica "Alto Uberabinha e rio Claro" parte do município de Uberaba e Uberlândia.

Para esta pesquisa optou-se, no entanto, por adotar como referência, o trabalho de ROSA, LIMA e ASSUNÇÃO (1991) que é específico sobre o município de Uberlândia, no qual localiza-se a área de estudo. Embora o mesmo seja baseado em médias, enfoca as diferenças das condições atmosféricas conforme os períodos do ano, o que é interessante para esta pesquisa, pois tem-se uma noção do comportamento do preparo do solo diante das mesmas.

A análise acima citada é relativa aos anos de 1981 a 1990 e foi desenvolvida tendo como base os dados climáticos obtidos na "Estação Uberlândia", localizada no Parque do Sabiá.

Entretanto, é preciso lembrar que ao extrapolar estes dados para o restante do município de Uberlândia deve-se levar em consideração as diferenças

quanto à compartimentação do relevo, que pode influenciar no clima local, sobretudo, no que diz respeito às temperaturas e pluviosidade. Nesse sentido, DEL GROSSI (1991, p. 73) observa que *“as diferenças altimétricas ocasionam áreas mais pobres em chuvas nas faces das elevações sotopostas à direção das correntes (sombras de chuvas), enquanto que, em alguns contrafortes das elevações, encontram-se ‘ilhas’ com maiores precipitações”*.

De acordo com ROSA, LIMA e ASSUNÇÃO (1991), o clima do município de Ubertândia é considerado do tipo Aw megatérmico, apresentando uma temperatura média no período analisado de 22° C e tendo fevereiro, outubro e novembro como os meses mais quentes e, junho e julho, os mais frios.

O índice pluviométrico médio nesse período foi de 1550 mm, com as maiores precipitações nos meses de dezembro e janeiro e, as menores, nos em junho e julho.

Estes dados revelam que os meses mais frios são também aqueles com menor pluviosidade, o que está relacionado com a atuação das massas de ar no inverno. É também neste período do ano, que a umidade relativa do ar atinge valores muito baixos, como demonstrou ROSA, LIMA e ASSUNÇÃO (1991), ao observarem que os meses de agosto e setembro apresentaram as menores médias para este quesito.

Diante das condições climáticas presentes na região no período do inverno, DEL GROSSI (1993) observa que pode haver maior ressecamento, desagregação e redução da coesão do solo, diminuindo a resistência do material superficial e favorecendo a atuação dos processos erosivos, que se agravam nos subsequentes meses chuvosos e quentes.

Com isso, as primeiras chuvas terão um impacto maior, principalmente, se a vegetação for retirada deixando o solo desprotegido. Esta é uma prática comum no plantio convencional da soja, cujo preparo ainda ocorre nos meses de inverno, ficando o solo exposto, diretamente aos raios solares, até os meses chuvosos do verão.

Percebe-se, também, que a desproteção do solo com a retirada da vegetação, deixa-o sujeito à ação eólica, principalmente, no período seco, quando, de acordo com DEL GROSSI (1993), observa-se uma baixa umidade do

solo e o vento passa a atuar de forma significativa na remoção, transporte e deposição do material fino elevando-o a alturas consideráveis.

Aliado à contribuição das chuvas, em relação aos processos erosivos, está o papel das amplitudes térmicas que, de acordo com a autora acima citada, influencia nos processos de contração e expansão do solo decorrente das diferenças de temperatura, contribuindo para que haja a desagregação no período seco e o conseqüente transporte no período chuvoso.

Os processos erosivos do solo podem ser agravados se a água da chuva não tiver uma boa capacidade de infiltração, como acontece nos solos compactados, provocando escoamento superficial intenso, o que será responsável pelo transporte das partículas do solo. Por isso, a importância do manejo adequado do solo.

5.1.4 - Solos

Ao desenvolver um estudo que necessite o conhecimento mais detalhado sobre os tipos de solos da região do Triângulo Mineiro, o pesquisador irá encontrar uma grande dificuldade, pois além dos poucos trabalhos existentes sobre a região, os mesmos não permitem realizar uma caracterização adequada, em função da generalização cartográfica apresentada em mapeamentos que adotam escalas pequenas. Os mapeamentos mais conhecidos sobre a região foram elaborados pela EMBRAPA (1982) na escala de 1:500.000 e pelo RADAMBRASIL (1983) na escala de 1: 1.000.000.

O entrave maior está no sentido de compreender a distribuição geográfica dos tipos de solos no Triângulo Mineiro, uma vez que mesmo na publicação em escala maior da EMBRAPA, o levantamento realizado considerou algumas das classes de solo como inclusão nas unidades mapeadas, por não serem representativas para constituir uma unidade. Essa dificuldade aumenta, sobretudo, se considerarmos que o solo é um elemento que apresenta muitas variações em pequenas distâncias, sobretudo em função da variação de outros elementos da estrutura superficial da paisagem, como o relevo, o tipo de rocha e o clima.

Para a identificação dos tipos de solo presentes nas chapadas do Oeste Mineiro, FELTRAN FILHO (1997) além destes trabalhos citados, que são a base dos estudos regionais, recorreu ainda ao trabalho publicado pelo IGA/CETEC (1982), na escala de 1:1.000.000 - elaborado, a partir do já citado reconhecimento de solos da EMBRAPA e de interpretação de fotoíndices, escala 1:100.000, do IBC/GERCA, 1979 - ao qual não foi possível o acesso na presente pesquisa.

O autor supracitado deparou, nos trabalhos de campo realizados nas chapadas do Oeste Mineiro, com as contradições apresentadas pelos mapeamentos disponíveis, observando que as áreas consideradas como de Latossolos Vermelho-Amarelos, na verdade, apresentavam várias manchas de Latossolos Vermelho-Escuros, o que vem reforçar a nossa preocupação quanto à generalização cartográfica.

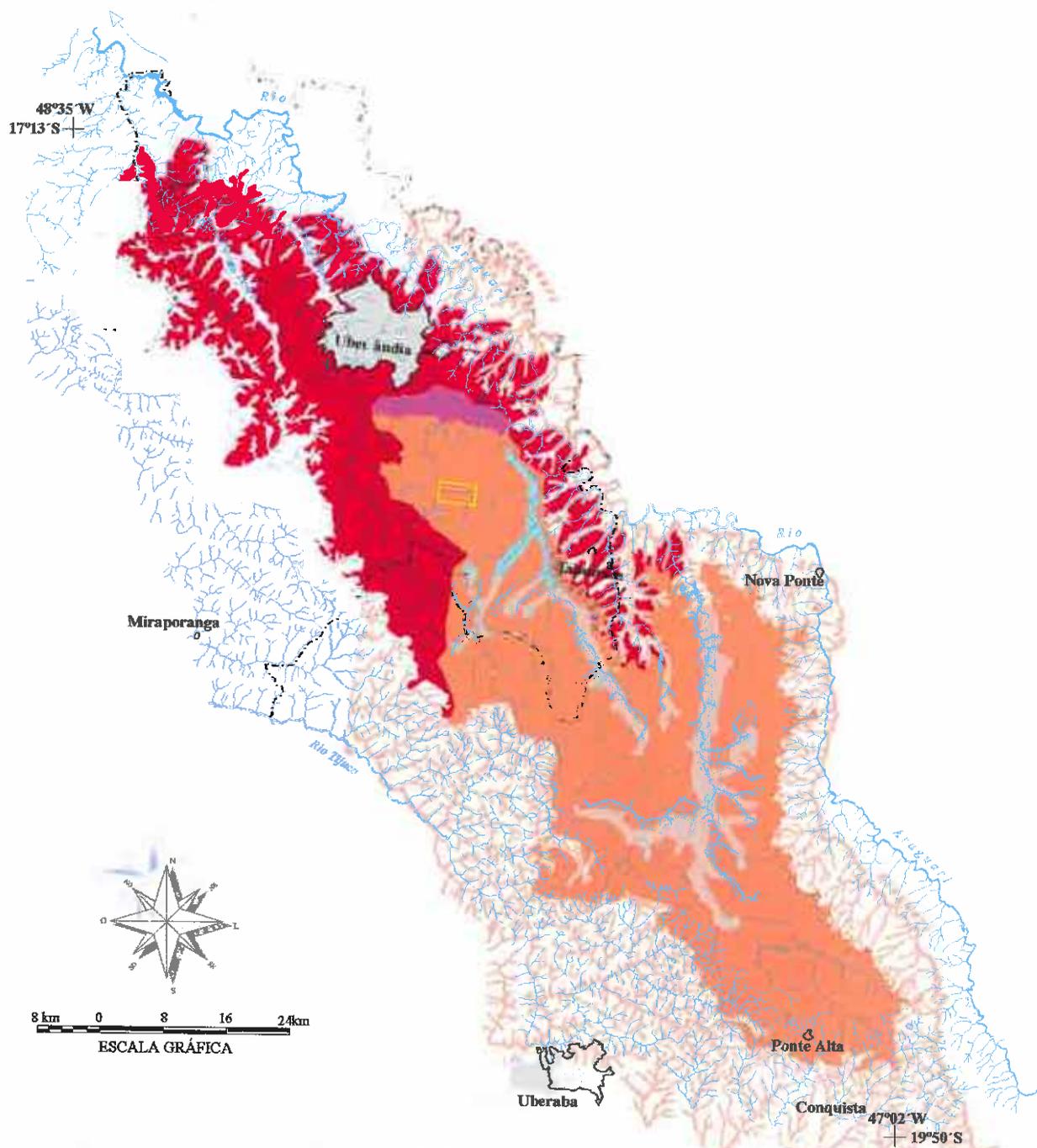
De acordo com levantamento realizado por FELTRAN FILHO (1997), no compartimento ocidental, como pode ser visto na figura 8, predominam os Latossolos Vermelho-Amarelos (LV), seguido dos Latossolos Vermelho-Escuros (LE), havendo uma menor ocorrência dos Latossolos Roxos e Solos Hidromórficos.

Segundo o autor, os Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem nas maiores altitudes do compartimento ocidental, entre as classes altimétricas de 850 m a maiores de 1050 m, aparecendo nas áreas de topo planos da chapada. Já os Latossolos Vermelho-Escuros ocorrem nas partes em que as altitudes são um pouco inferiores, entre as classes altimétricas menores de 750 a 850 m, distribuindo-se nas partes mais dissecadas do referido compartimento, onde a rede de drenagem é mais densa e as vertentes são mais curtas, o que pode ser observado comparando-se as figuras 6 e 8.

Os Latossolos Roxos aparecem em áreas restritas do compartimento ocidental, em que as rochas basálticas da Formação Serra Geral foram expostas devido ao entalhamento dos cursos fluviais, sendo a área mais expressiva ao longo do médio curso do rio Uberabinha.

Os solos mapeados como hidromórficos ocorrem em faixas estreitas ao longo da rede fluvial, sobretudo, em altitudes acima de 850 m e nas porções de topos amplos e largos da chapada.

**FIGURA 8 - SOLOS DAS CHAPADAS DO OESTE MINEIRO
COMPARTIMENTO OCIDENTAL**



8 km 0 8 16 24km
ESCALA GRÁFICA

LEGENDA

- Unidades de Solos**
- Latossolo Vermelho-Escuro
 - Latossolo Vermelho-Amarelo
 - Latossolo Roxo
 - Hidromórfico
 - Área urbana
 - Área de estudo
 - Cursos d'água
 - Limite do Município de Uberlândia

FONTE:

EMBRAPA (1980). Mapa de Reconhecimento dos Solos do Triângulo Mineiro; e observações de campo

Adaptado por Costa, A. A. (2000)
Original elab.: Feltran Filho (1995)
Original dig.: E. F. de Lima
(Lab. Geoprocessamento/DEGEO/UFU)

ELABORAÇÃO DIGITAL:

Loçandra Borges de Moraes - Geógrafa

LOCAL/DATA:

Goiânia, dezembro de 2000

**SITUAÇÃO GEOGRÁFICA
ESTADO DE MINAS GERAIS**



0 150 300Km
Escala Gráfica

Comparando-se as figuras 5 e 8, observa-se que na unidade Alto Uberabinha e rio Claro, que se caracteriza pelos topos amplos e largos da chapada, predominam os Latossolos Vermelho-Amarelos, sendo também a área onde foram mapeados os Solos Hidromórficos do compartimento ocidental.

De acordo com a EMBRAPA (1982), fazem parte da classe dos Latossolos Vermelho-Amarelos, os solos profundos, não hidromórficos, com horizonte B latossólico, de coloração variando do amarelo ao vermelho, com matiz 5YR ou mais amarelo, podendo variar no horizonte B para cores brunadas e vermelho-amareladas nos matizes 5YR a 10YR. São solos muito porosos e friáveis e, na maioria das vezes, fortemente drenados, ocorrendo exceções apenas nos casos em que as áreas são de topografia deprimida. Devido ao alto grau de estabilidade dos agregados, à grande porosidade e à boa permeabilidade, os latossolos costumam ser resistentes aos processos erosivos. Esses solos podem ser álicos ou distróficos de acordo com a quantidade de alumínio extraível no horizonte B.

Segundo FELTRAN FILHO (1997), são originários, principalmente das rochas da Formação Marília, no entanto, como foi dito anteriormente, não há consenso entre os estudiosos quanto à origem dos solos argilosos das chapadas. Estes, vêm sendo muito utilizados, atualmente, pela agropecuária por apresentarem características favoráveis como topografia plana, horizontes profundos, inexistência de afloramentos rochosos e presença de sistema hídrico perene, apesar da baixa fertilidade natural.

Esse tipo de solo é ocupado ainda por vários outros tipos de atividades, dando origem, segundo o autor acima citado, a paisagens florestadas, agrícolas, urbanas, suburbanas e seminaturais. Observa-se ainda nesses solos a presença de irrigação por pivô-central e o predomínio de grandes propriedades.

Em função das condições favoráveis de relevo, observa-se, freqüentemente, os cultivos intensivos com motomecanização, os quais têm sido responsáveis por problemas como erosão e compactação.

Os solos hidromórficos também estão presentes na unidade geomorfológica "Alto Uberabinha e rio Claro" (figura 8) e aparecem, principalmente, ao longo, dos rios que deram nome à unidade, sendo que apenas o rio Uberabinha corta o município de Uberlândia.

O solo que apresenta hidromorfismo e que aparece nas áreas de chapada, de acordo com a EMBRAPA (1982) é o Gley Húmico álico e distrófico.

A classe de solos Gleis Húmicos, segundo o referido estudo, compreende os solos que variam entre mal a muito mal drenados. Estão presentes nas várzeas, nas áreas úmidas que se encontram em cotas elevadas no rebordo das chapadas e nas veredas, onde o lençol freático aflora ou encontra-se elevado. Apresentam um horizonte A turfoso, chernozêmico com altos teores de matéria orgânica próximo à superfície.

Na região são oriundos, segundo o estudo supracitado, dos sedimentos areno-argilosos ou argilo-arenosos do Quaternário. Por serem álicos e distróficos possuem argila de atividade baixa. Devido ao excesso de água seu aproveitamento principal é com pastagens naturais.

Nesses solos, conforme FELTRAN FILHO (1997), aparece uma vegetação composta por vegetais arbóreos e gramíneas, dando origem às matas galerias e veredas.

Como pôde ser verificado na figura 8, a área de pesquisa é dominada pela ocorrência dos Latossolos Vermelho-Amarelos, portanto, solos que, em condições naturais, apresentam propriedades físicas favoráveis ao aproveitamento agrícola.

5.1.5 - Vegetação:

LIMA (1996) fez um levantamento de vários pesquisadores que estudaram e tentaram compreender a origem da vegetação do Cerrado. Segundo o autor, a literatura científica aponta os fatores climáticos e edáficos como os principais responsáveis pelo surgimento da vegetação típica desse bioma.

EITEN (1990) retrata que na literatura existem várias classificações sobre a fitofisionomia do cerrado, o que faz com que a terminologia varie de autor para autor.

Entre os estudos realizados sobre a vegetação do Triângulo Mineiro, tem-se aquele realizado por MAGNANO, SILVA, FONZAR (1983), cuja classificação apresenta a cobertura vegetal natural e antrópica, com a seguinte classificação: savanas, floresta estacional semidecidual, floresta estacional decidual e áreas de tensão ecológica, sendo que estas apresentam subdivisões. O estudo leva em

conta os dados sobre clima, litologia e geomorfologia, mas a escala adotada (1:1.000.000), não parece ser muito apropriada como base de dados para estudos detalhados, devido às generalizações cartográficas.

Um outro levantamento foi realizado pela EMBRAPA (1982) na escala de 1:500.000, que considera a região do Triângulo Mineiro inserida no "Complexo do Brasil Central ou do Cerrado" e apresenta a seguinte classificação: formações florestais, formações campestres, comunidades hidrófilas, comunidades higrófilas e formações sucessórias, sendo que cada uma destas classes foram novamente subdivididas. Apesar de se tratar de um estudo um pouco mais detalhado, não parece ser adequado pela escala adotada por haver muita semelhança entre as subclasses, o que dificulta a identificação das mesmas em condições reais, principalmente, porque a vegetação natural já foi retirada e substituída por culturas, sendo poucos os lugares preservados.

Para o município de Uberlândia, o levantamento mais utilizado como base para as pesquisas, é aquele realizado por SCHIAVINI e ARAÚJO (1989), na escala de 1:25.000. O estudo foi realizado na Estação Ecológica do Panga, localizada no referido município, mas de acordo com os autores, a vegetação mapeada "*apresenta uma excelente representatividade dos diversos tipos fitofisionômicos encontrados na região dos Cerrados do Brasil Central*" (SCHIAVINI e ARAÚJO, 1989, p.61)

Os tipos fitofisionômicos levantados foram: Mata Mesofítica, Cerradão, Cerrado (strictu sensu), Campo Cerrado, Campo sujo, Campo Úmido e Veredas e Áreas Alteradas.

De um modo geral, o município de Uberlândia apresenta uma vegetação muito alterada, sobretudo, em função do intenso processo de ocupação ocorrido nas últimas décadas. Sendo assim, nos dias atuais, estes tipos fitofisionômicos identificados para as áreas de Cerrado, encontram-se, na maioria dos casos, descaracterizados, apresentando marcas da ação antrópica.

Para as áreas de chapadas, FELTRAN FILHO (1997) também observou que o processo intenso e contínuo de ocupação foi responsável pela alteração da vegetação original, restando poucas áreas preservadas. O autor identificou para estas áreas seis tipos fisionômicos: paisagem natural, paisagem seminatural, paisagem reflorestada, paisagem agrícola, paisagem suburbanizada e paisagem

urbana, sendo que para cada uma destas classificações representou cartograficamente os principais tipos de ocupação, conforme pode ser visto na figura 9.

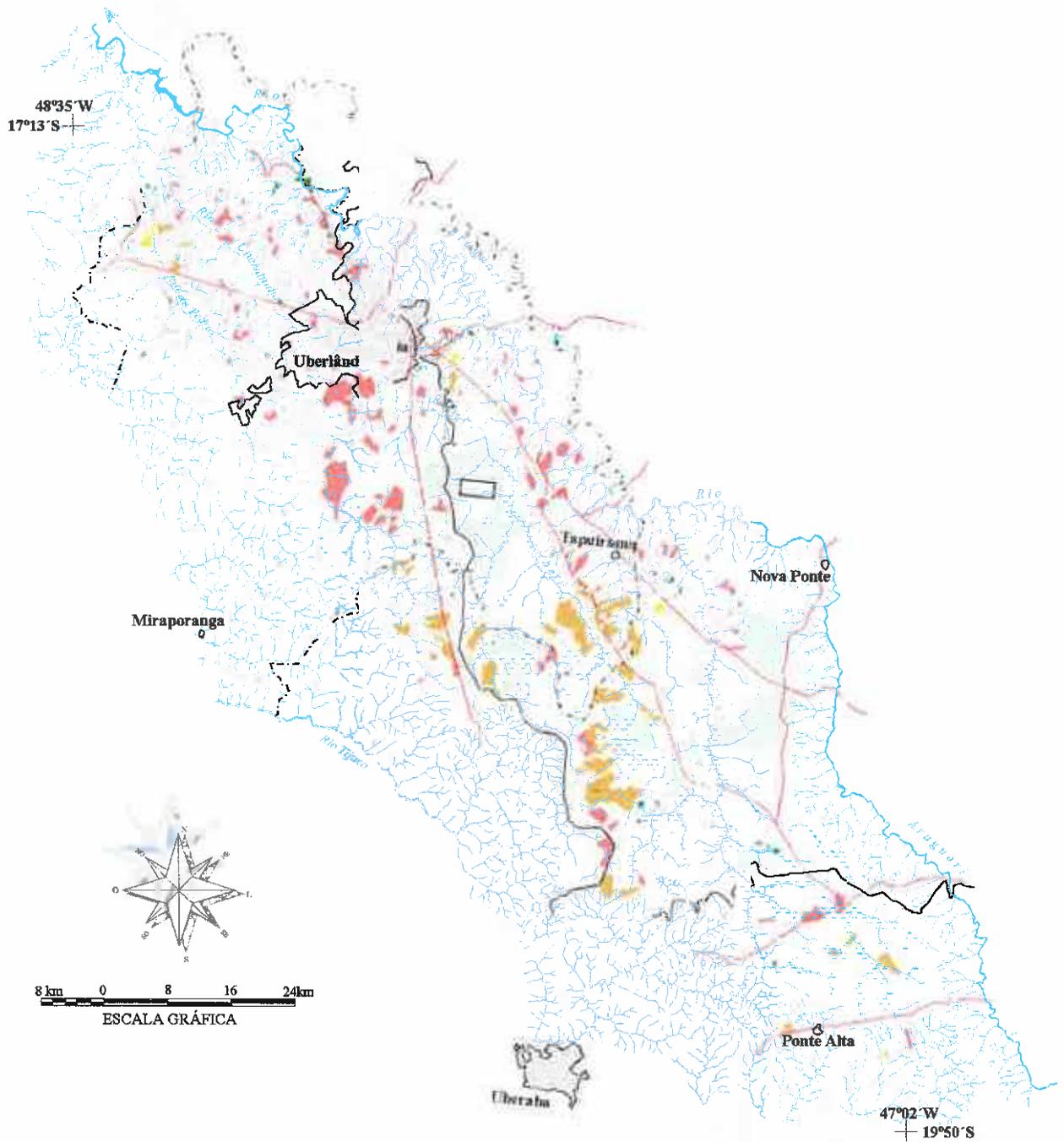
A paisagem natural está representada por matas/cerradão, cerrado strictu sensu e campos hidromórficos. Os topos das chapadas apresentavam, originalmente, os tipos fitofisionômicos característicos das áreas de Cerrado, mas diante da rápida ocupação, a vegetação natural foi retirada, não havendo preocupação em deixar áreas de reserva. Atualmente, nas chapadas do Oeste Mineiro, observa-se apenas pequenas manchas espalhadas de vegetação natural de Cerrado.

A paisagem seminatural é constituída por áreas cuja vegetação natural apresenta sinais de descaracterização devido à ação antrópica. São exemplos deste tipo de paisagem, os “pastos sujos”, as áreas desmatadas e posteriormente abandonadas, as áreas de exploração mineral e, sobretudo, as pastagens seminaturais de cerrados, com presença de vegetação herbácea e arbustiva. Esta paisagem foi representada cartograficamente como pastagem e no compartimento ocidental aparece, principalmente, nas partes mais dissecadas e de menores altitudes, o que pode ser observado comparando as figuras 6 e 9.

A paisagem reflorestada é ocupada por espécies destinadas ao aproveitamento econômico, sobretudo, pinus e eucaliptos. Os reflorestamentos foram implantados nas áreas de Cerrado, por grandes empresas, na década de 60, diante dos incentivos fiscais do governo, visando a ocupação desta região. Trata-se de espécies vegetais arbóreas homogêneas, estranhas ao cerrado, o que geram alterações na fauna local. Estas espécies já ocuparam áreas extensas e contínuas dos topos das chapadas, mas atualmente, vem sendo substituídas por lavouras de grãos, sobretudo soja e milho. No compartimento ocidental, observa-se que as áreas de pinus ainda são mais representativas, sobretudo na unidade *Alto Uberabinha e rio Claro*, na qual a Fazenda da Pinusplan Reflorestadora Ltda - onde realizou-se o presente estudo - constitui um exemplo típico desta ocupação.

A paisagem agrícola é representada pelas culturas perenes e temporárias. Essas culturas nas últimas décadas vêm ganhando muito espaço, substituindo a

**FIGURA 9 - USO DO SOLO NAS CHAPADAS DO OESTE MINEIRO
COMPARTIMENTO OCIDENTAL**



LEGENDA

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Cerrado | Área urbana |
| Mata | Área de estudo |
| Campo hidromórfico | Cursos d'água |
| Pastagem | Rodovia |
| Reflorestamento (pinus) | Ferrovia |
| Reflorestamento (eucalipto) | Limite do Município de Uberlândia |
| Cultura temporária | |
| Cultura perene | |

FONTE:

IBGE, Cartas Topográficas - 1/100.000 (várias datas)
Imagens de Satélite Landsat/TM 5 - 1/100.000 (várias datas)

Adaptado por Costa, A. A. (2000)
Original elab.: Feltran Filho (1995)
Original dig.: E. F. de Lima (Lab. Geoprocessamento/DEGEO/UFU)

ELABORAÇÃO DIGITAL:

Loçandra Borges de Moraes - Geógrafa

LOCAL/DATA:

Goiânia, dezembro de 2000

**SITUAÇÃO GEOGRÁFICA
ESTADO DE MINAS GERAIS**



0 150 300 Km
Escala Gráfica

vegetação natural de Cerrado e outras atividades. No compartimento ocidental as culturas perenes tem pequena representatividade, ocorrendo em pequenas manchas isoladas, enquanto que as culturas temporárias são as de maior destaque nos topos da chapada, ocupando grandes extensões em todas as unidades geomorfológicas, com exceção da unidade *Baixo Uberabinha e rio das Pedras*. As principais culturas são o milho e a soja.

As paisagens suburbanizada e urbanizada estão representadas cartograficamente pela área urbana. Com a concentração da população neste espaço, tem ocorrido uma expansão do sítio urbano, retirando a vegetação para a implantação da infra-estrutura urbana e construções, o que altera o ambiente local e o entorno. A paisagem suburbanizada no compartimento ocidental mais representativa é aquela no entorno de Uberlândia.

A paisagem urbanizada nos topos da chapada corresponde aos espaços em que a paisagem natural foi toda transformada e substituída por uma paisagem construída pelo homem. No compartimento ocidental, localiza-se somente a cidade de Uberlândia e seus distritos.

Destas paisagens identificadas por FELTRAN FILHO (1997), a atenção especial na presente pesquisa é para aquelas que apresentam vegetação natural e culturas temporárias, por contemplar a problemática exposta inicialmente.

Na unidade geomorfológica *Alto Uberabinha e rio Claro*, através de trabalhos de campo da presente pesquisa, foi possível comprovar que a vegetação original encontra-se muito alterada, restando apenas alguns remanescentes do que um dia foi a vegetação das áreas de Cerrado. As culturas temporárias ocupam extensas áreas e, na maioria das vezes, a vegetação preservada resume-se a uma faixa estreita de mata ciliar.

Em uma pesquisa realizada na bacia do rio Uberabinha, inserida nesta unidade geomorfológica, SCHNEIDER (1996) observou que os Campos Úmidos vêm sendo aproveitados para o cultivo da soja, o que segundo a autora, além de constituir em desrespeito a legislação ambiental, por serem áreas de proteção permanente, consiste em uma questão preocupante devido a rapidez e a frequência com que tal fato tem ocorrido.

Como é possível perceber, a chapada do município de Uberlândia tem passado por transformações em sua vegetação original, resultando em novas

paisagens. Essas mudanças são decorrentes do processo de ocupação, como pode ser visto a seguir.

5.2 - O processo de ocupação regional

A região do Cerrado, como pôde ser visto no terceiro capítulo, até meados da década de 60, apresentava irrelevante processo de ocupação, bem como, pequeno aproveitamento econômico, devido aos problemas de acidez e baixa fertilidade do solo.

A inserção desta região no processo produtivo ocorreu diante do interesse do governo brasileiro em promover o desenvolvimento econômico do país, bem como, de propiciar a integração nacional. Nesse sentido, PERET (1997); CLEPS JUNIOR (1998) apontam que, a concepção de “*vazio inexplorado*” ou “*grande 'vazio' nacional*”, reforçou o discurso governamental na necessidade de ocupar e inserir novas tecnologias e cultivos nas áreas de Cerrado.

CUNHA (1994) observa que a incorporação do Cerrado à agricultura brasileira e a transformação da região no principal pólo de crescimento da produção agrícola do país ocorreu mediante o avanço da pesquisa, a qual, além de aprofundar o conhecimento deste ecossistema em seu vários aspectos (solo, clima, flora, fauna e interação destes componentes), desenvolveu tecnologias no sentido da “*construção do solo*”, a qual já foi discutida anteriormente no terceiro capítulo. Para o autor, “*a agricultura dos cerrados brasileiros é efetivamente um produto da tecnologia moderna. Ela não se modernizou; nasceu moderna*” (CUNHA, 1994, p.123).

Frente a esta realidade, é que se implantaram os planos governamentais nesta região, os quais, em linhas gerais, disponibilizavam excelentes condições de créditos e recursos para serem empregados em modernas técnicas de correção e adubação do solo, irrigação, maquinários agrícolas, eletrificação rural, dentre outros.

O que se deve destacar nesta análise, é que as transformações na agricultura, decorrentes da modernização, foram profundas em todo país, seja em âmbito social, econômico, político, ambiental e cultural, embora algumas regiões

tenham sido mais atingidas que outras. Sem dúvida, este processo trouxe melhorias para a agricultura proporcionando aumento da produção e produtividade, mas agravou acentuadamente outros aspectos, como a questão social no campo e os problemas ambientais em decorrência de uma ocupação relativamente rápida, desordenada e intensiva.

Dentre as áreas de Cerrado, a mesorregião do Triângulo Mineiro foi uma das que passou por profundas transformações em decorrência desta política agrícola. De acordo com CLEPS JUNIOR (1998), os planos governamentais que atingiram diretamente esta região foram o PCI (Programa de Crédito Integrado), o POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento do Cerrado) e o PRODECER (Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados).

Destes, SCHNEIDER (1996) destaca a influência dos dois primeiros no sentido de promover uma modificação do padrão do uso agrícola do solo, na bacia do rio Uberabinha, onde encontra-se a área de estudo da presente pesquisa.

O PCI foi implantado, de acordo com CLEPS JUNIOR, em 1972, pelo Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), como parte do I Plano Nacional de Desenvolvimento. Segundo o autor, esse programa foi de caráter estadual pioneiro, servindo como base para a implantação posterior de outros programas em nível federal, no intuito de aproveitar as áreas de Cerrado para a produção de grãos exportáveis. Inicialmente, o PCI abrangia apenas o Triângulo Mineiro, porém, acabou sendo estendido para outras mesorregiões de Minas Gerais.

Ainda, de acordo com o autor supracitado, os investimentos do PCI na expansão dos cerrados mineiros resultaram, de um modo geral, no favorecimento do consumo de insumos químicos modernos e maquinários agrícolas, na criação de condições para a incorporação produtiva de terras do Estado de Minas Gerais à atividade agropecuária, destacando ainda, sua posição de projeto piloto, como modelo para a elaboração do POLOCENTRO.

Este último programa, por sua vez, foi criado em 1975 e, segundo FERREIRA *apud* SCHNEIDER (1996), seu objetivo era incentivar e apoiar a

ocupação do Cerrado, no Centro-Oeste e no Estado de Minas Gerais, destinando 3,7 milhões de hectares para a agricultura, pecuária e reflorestamento.

SCHNEIDER (1996); SHIKI (1997) acrescentam que o referido programa pode ser considerado como o maior investimento estatal direcionado à ocupação dos Cerrados.

De acordo com CLEPS JUNIOR (1998), no Triângulo Mineiro este programa foi implantado ao longo da BR 365, entre os municípios de Patrocínio e Canápolis, estando inserido na área de abrangência do mesmo, o município de Uberlândia.

PESSÔA (1982), ao estudar a modernização da agricultura neste último município, observou que, assim como no Brasil, este processo em Uberlândia ocorreu de forma desigual, atingindo mais umas áreas do que outras.

Entre estas áreas, conforme já foi mencionado anteriormente, está a bacia do rio Uberabinha, na qual a área de estudo da presente pesquisa encontra-se inserida. SCHNEIDER (1996) realizou um estudo sobre o meio ambiente e o uso agrícola neste espaço, constituindo assim, em uma importante referência bibliográfica. De acordo com este trabalho, os topos das chapadas reproduziram o exposto acima, ou seja, apresentaram, nas últimas décadas, mudanças significativas quanto ao seu uso e ocupação, iniciando-se pelo predomínio da pecuária extensiva, seguido do reflorestamento para fins comerciais e, mais recentemente, pela cultura da soja, que ainda se encontra em expansão, principalmente nas áreas de terrenos planos das chapadas. A esse respeito serão apresentados a seguir os principais aspectos.

Pecuária extensiva:

Na bacia do rio Uberabinha, até o fim da década de 60, as atividades desenvolvidas eram semelhantes ao restante do município de Uberlândia e das áreas de Cerrado, em que de acordo com PESSÔA (1982), era praticada a agricultura de subsistência, com o uso de técnicas tradicionais e restritas às áreas de solos férteis. Paralelamente, desenvolvia-se a pecuária, apenas para atender o mercado local, uma vez que a expansão desta atividade ocorreu somente anos depois.

Como os solos das chapadas inseridas nesta bacia eram considerados inaproveitáveis para a agricultura, SCHNEIDER (1996) observa que os mesmos eram utilizados, exclusivamente para a pecuária extensiva. O manejo do solo neste período era restrito às queimadas periódicas para renovar as gramíneas naturais, as quais serviam de pastagem para o gado.

Os solos eram utilizados somente para a produção de alimentos, sendo a preparação da terra e o cultivo realizados na estação chuvosa, o que caracterizava uma forma de exploração não intensiva, pois o solo ficava em repouso durante toda a estação seca. Além disso, não havia o uso intenso de motomecanização, o que tem contribuído nos últimos anos, para a compactação dos solos.

SCHNEIDER (1996) comprovou através de material de sensoriamento remoto, referente a 1964, que no alto e médio curso da bacia do rio Uberabinha, a vegetação nativa ainda predominava, com cerrados, campos hidromórficos e manchas esparsas de mata, somando 97,79% da área.

Diante destas informações, pode-se dizer que as áreas de chapada não tinham sofrido grandes transformações até a década de 60, pois a vegetação natural era relativamente preservada. A pecuária extensiva predominava utilizando as pastagens naturais e não causava tantos impactos se comparado aos manejos do cultivo da soja, a qual emprega grande quantidade de maquinários e insumos agrícolas.

O reflorestamento

O uso do solo das chapadas do município de Uberlândia começou a sofrer importantes mudanças no princípio da década de 70, em decorrência das políticas públicas implantadas pelo governo, que criou alguns incentivos favorecendo o cultivo de florestas homogêneas para fins comerciais, sobretudo, na região do Cerrado.

CAMPANHOLE apud SCHNEIDER (1996) revela que as primeiras ações do governo, no sentido de expandir o cultivo destas florestas, foram a reformulação do Código Florestal, instituído em 1965, e a criação de uma política a nível nacional, regulamentada em 1966, incentivando o cultivo de eucaliptos e de pinus.

Esses incentivos fiscais variavam entre pessoa física e jurídica, mas ambos os casos eram muito vantajosos, pois o valor aplicado na atividade de florestamento e reflorestamento poderia ser abatido totalmente ou parcialmente na declaração do imposto de renda, de acordo com cada categoria.

Além dos incentivos fiscais, SCHNEIDER (1996) revela que o baixo valor imobiliário das terras, na região do Cerrado, foi outro fator preponderante para a grande ocupação com este tipo de atividade.

Tais fatores, somados à questão de que as terras das chapadas não eram visadas para o aproveitamento agrícola, devido à inadequação das propriedades químicas, explicam a grande ocupação destas áreas com o reflorestamento, tanto de pinus quanto de eucalipto.

No município de Uberlândia, segundo PESSOA (1982), o reflorestamento foi implantado em larga escala, sendo que em muitos casos, este tipo de atividade ocupava quase toda a propriedade, infringindo as determinações dos órgãos competentes, no que se refere à área de reserva legal.

Como pôde ser visto anteriormente, no mapa de uso do solo, referente ao compartimento ocidental das chapadas do oeste mineiro, áreas representativas com este tipo de atividade ainda são mantidas, inclusive no município supracitado. Dentre estas áreas, encontra-se aquela pertencente à Reflorestadora Pinusplan Ltda, a qual é proprietária também das áreas agrícolas avaliadas no presente estudo.

Mas apesar da grande expansão do reflorestamento para fins comerciais, SCHNEIDER (1996) observa que, a partir de 1975 começou a haver uma redução nos incentivos fiscais e os benefícios passaram a se limitar, às pessoas que tinham acima de 1000 ha, devendo estas propriedades estarem localizadas dentro dos chamados Distritos Florestais, os quais foram criados para atingir as metas do PNPC (Programa Nacional de Papel e Celulose), que visava transformar o país num dos principais exportadores mundiais de papel e celulose. Esta redução foi se acentuando até que, em 1988, segundo a autora, apenas as regiões do Jequitinhonha, Nordeste e Espírito Santo, poderiam abater 6% das despesas com florestamento e reflorestamento no imposto de renda.

Em síntese, percebe-se, ao analisar este contexto, que o governo cessou os incentivos fiscais após atingir o seu único propósito que era a ocupação das

áreas de Cerrado, as quais até então eram consideradas improdutivas. Ao governo não interessava a comercialização da madeira, pois os projetos criados com a finalidade de produzir celulose, não se concretizaram.

Sendo assim a atividade florestal deixa de ser interessante e, as pessoas que desfrutaram durante anos das vantagens proporcionada pela política governamental, passam a vivenciar uma nova realidade. Segundo SCHNEIDER (1996), com o fim dos incentivos fiscais e a ausência de mercado consumidor de madeira nas proximidades, fez com que a atividade de reflorestamento fosse paralisada na região do Triângulo Mineiro, o que foi acompanhado de uma significativa redução das áreas destinadas a este tipo de uso. Este fato também foi constatado pela autora na bacia do rio Uberabinha.

A soja

Segundo SCHNEIDER (1996), somente no final da década de 70, que as áreas da chapada da bacia do Uberabinha foram atingidas pela modernização da agricultura brasileira.

As terras, que eram consideradas inadequadas do ponto de vista da agricultura, passam diante deste processo a serem atraentes para o cultivo de um novo produto, a soja, em função das condições topográficas extremamente favoráveis à mecanização - elemento fundamental nesta cultura.

Os solos do Cerrado, que até então, eram considerados improdutivos por serem de baixa fertilidade e com elevada acidez, passam a ser atraentes para o uso agrícola diante das novas técnicas de correção e adubação.

Com a modernização da agricultura na região do Triângulo Mineiro e com a política de incentivo do governo, muitas destas técnicas foram colocadas à disposição dos agricultores com mais facilidade do que antes, como é o caso do uso do calcário para a correção da acidez. Nesse sentido, SCHNEIDER (1996) mostrou que, mediante os recursos financeiros oferecidos pelo POLOCENTRO, as jazidas de calcário calcítico, na borda da chapada entre Uberlândia e Uberaba, passaram a ser exploradas, não havendo necessidade de se importar este mineral de outros estados brasileiros, como era feito anteriormente por alguns agricultores, que o adquiriam em Rio Claro (SP).

Mas a escolha da soja, enquanto produto a ser cultivado na região, de acordo com a autora, se deve sobretudo à política governamental que incentivava a produção para a exportação, com o objetivo de obter divisas para o país. Em depoimentos de produtores das áreas da bacia do rio Uberabinha, a autora constatou que estes tiveram que se submeter a um contrato que os obrigava a cultivar a soja por 5 anos, demonstrando o interesse que o governo tinha em relação à produção desta cultura.

De acordo com PESSÔA (1982), a soja surgiu como um novo produto e teve uma boa aceitação entre os agricultores do município de Uberlândia, vindo a se destacar perante os produtos tradicionais como arroz, milho e feijão, os quais predominavam até a década de 60 e 70.

SCHNEIDER (1996) acrescenta, porém, que, inicialmente, grande parte dos agricultores locais ainda se dedicavam à pecuária, que era tradicional na região, e que, somente uma minoria, havia aderido às mudanças advindas da modernização no setor agrícola. Foi somente com a difusão da modernização no setor primário e com a expansão da fronteira agrícola para o interior do país, que o município passou a dedicar ao cultivo da soja.

Diante das modernas técnicas agrícolas, que permitiram produzir nas áreas de Cerrado, iniciou-se um processo de migração de produtores advindos de outras regiões do Brasil, principalmente, do sul, na busca de novas terras.

Ainda, de acordo com a autora supracitada, estes migrantes, sobretudo, os denominados sulistas, arrendavam a terra para o cultivo agrícola, em um sistema totalmente diferenciado do tradicional. Trata-se de uma relação capitalizada, onde o arrendatário pagava em dinheiro ao proprietário da terra, um valor correspondente a uma determinada porcentagem da produção, sendo esta quantia especificada nos contratos.

Apesar destas vantagens e da soja ter uma boa aceitação no mercado, a autora ressaltou que o forte atrativo para trazer novos sojicultores, foram as vantagens quanto ao financiamento, oferecidas pelo POLOCENTRO, com apenas 7% de juro ao ano e com um prazo de três anos para pagar a primeira parcela do financiamento.

Desta forma, era compensador para quem se dedicava ao cultivo da soja, pois, as facilidades de crédito, as baixas taxas de juro e o prazo de carência para

pagamento do empréstimo, somados às condições naturais favoráveis das áreas de chapada, tinha-se praticamente garantia de lucro. Por isso, é que ocorreu a grande expansão da soja na região, onde se observou a invasão, até mesmo em áreas hidromórficas, como foi comprovado por SCHNEIDER (1996).

Somado a todas estas questões, houve um outro acontecimento, segundo a autora, que veio reforçar a expansão da soja. Como a atividade reflorestadora neste período não interessava mais ao governo, os privilégios a ela destinados foram cortados. Os proprietários das terras com este uso, passaram a ter dificuldades na comercialização do produto, restando como compradoras apenas as siderurgias de Belo Horizonte e São Paulo, o que motivou a busca de uma nova solução.

A soja era um produto novo e com promessa de boa lucratividade, o que levou muitos produtores da própria região a se dedicarem ao seu plantio, fazendo com que esta leguminosa viesse a substituir áreas anteriormente ocupadas por vegetação natural, pastagens, reflorestamento e outras culturas.

Todas estas questões são pertinentes a uma análise mais detalhada, no entanto, na presente pesquisa o enfoque é para a questão ambiental, pois como se sabe, a soja foi introduzida nas áreas de Cerrado sob a prática de manejo convencional, a qual, de acordo com a literatura, é responsável pela degradação do solo, principalmente, por compactá-lo e por reduzir a matéria orgânica, cujo papel na agregação do solo é preponderante. Assim, por aproximadamente vinte anos, a soja foi cultivada nesta região sem a preocupação com o manejo e a conservação do solo, o que veio a se tornar realidade somente depois que começaram a surgir uma série de problemas como compactação e erosão, prejudicando, sobretudo, a produção, por aumentar as perdas de insumos e reduzir a produtividade.

O município de Uberlândia caracteriza bem esta situação, pois desde a introdução desta cultura, a qual substituiu, principalmente, a vegetação natural de Cerrado e as pastagens naturais, o plantio convencional tem sido a forma de manejo dominante. Esta realidade, começou a mudar somente alguns anos atrás, com a introdução do plantio direto, que segundo informações dos produtores da região, é recente no referido município, pois apenas em meados da década de 90, é que os agricultores uberlandenses passaram a utilizá-lo.

De modo geral, no período em que o plantio convencional era o sistema de manejo utilizado, o cuidado dos agricultores com o solo, restringia-se à rotação anual, realizada entre a soja e o milho. Todavia, conforme observa, SHIKI (1997), este tipo de sistema já nasceu intensivo nas áreas de Cerrado, devido a vários fatores como os avanços tecnológicos, principalmente aqueles relativos à genética e nutrição de plantas, transferência de capital do Sul/Sudeste, acúmulo de experiência dos agricultores e incentivos públicos.

Diante desta realidade, certamente o arranjo estrutural dos solos da chapada foi intensamente modificado, sendo que um dos indicativos deste processo já foi observado pelos agricultores, os processos erosivos. O plantio direto vem surgindo como uma tentativa de reverter este quadro, e sobretudo, de buscar melhorias para a produção, passando a ser utilizado em muitas propriedades agrícolas.

Em algumas delas tem-se recorrido ao uso de avançadas tecnologias, para fazer o acompanhamento da produção, como é o caso da Reflorestadora Pinusplan Ltda, proprietária da área na qual se insere as três situações avaliadas nesta pesquisa.

De acordo com um estudo realizado por CASTILLO (1999), em 1998, foi instalado em algumas propriedades de Uberlândia e municípios vizinhos, um projeto piloto de agricultura de precisão¹², através do qual faz-se primeiramente um monitoramento da colheita, para que, em seguida, caso seja constatada variabilidade na produção, possa fazer o levantamento das causas. Entre as áreas agrícolas beneficiada por este projeto encontra-se aquela pertencente à Reflorestadora Pinusplan Ltda, todavia para a presente pesquisa não teve acesso a nenhum produto ou informação resultante deste tipo de avaliação.

¹² Segundo CASTILLO (1999), este projeto está sendo implantado pela Agrisat, uma empresa com sede em Uberlândia/MG, constituída por quatro outras empresas do setor agrícola (Case IH, Manah, Dupont e Algar) e criada com a finalidade de prestar serviços em agricultura de precisão.

CAPÍTULO VI

6 - BACIA DO CÓRREGO BANDEIRA: A ÁREA DA INVESTIGAÇÃO

Após a contextualização regional, apresentada no capítulo anterior, delimitou-se a bacia do córrego Bandeira como a área específica da investigação. A representatividade em relação ao quadro natural e ao processo de ocupação da unidade geomorfológica *Alto Uberabinha e rio Claro*, bem como, o fato de englobar as três situações delimitadas para a investigação (vegetação natural de Cerrado, plantio convencional e plantio direto), destacam-se como a síntese dos aspectos que motivaram esta escolha.

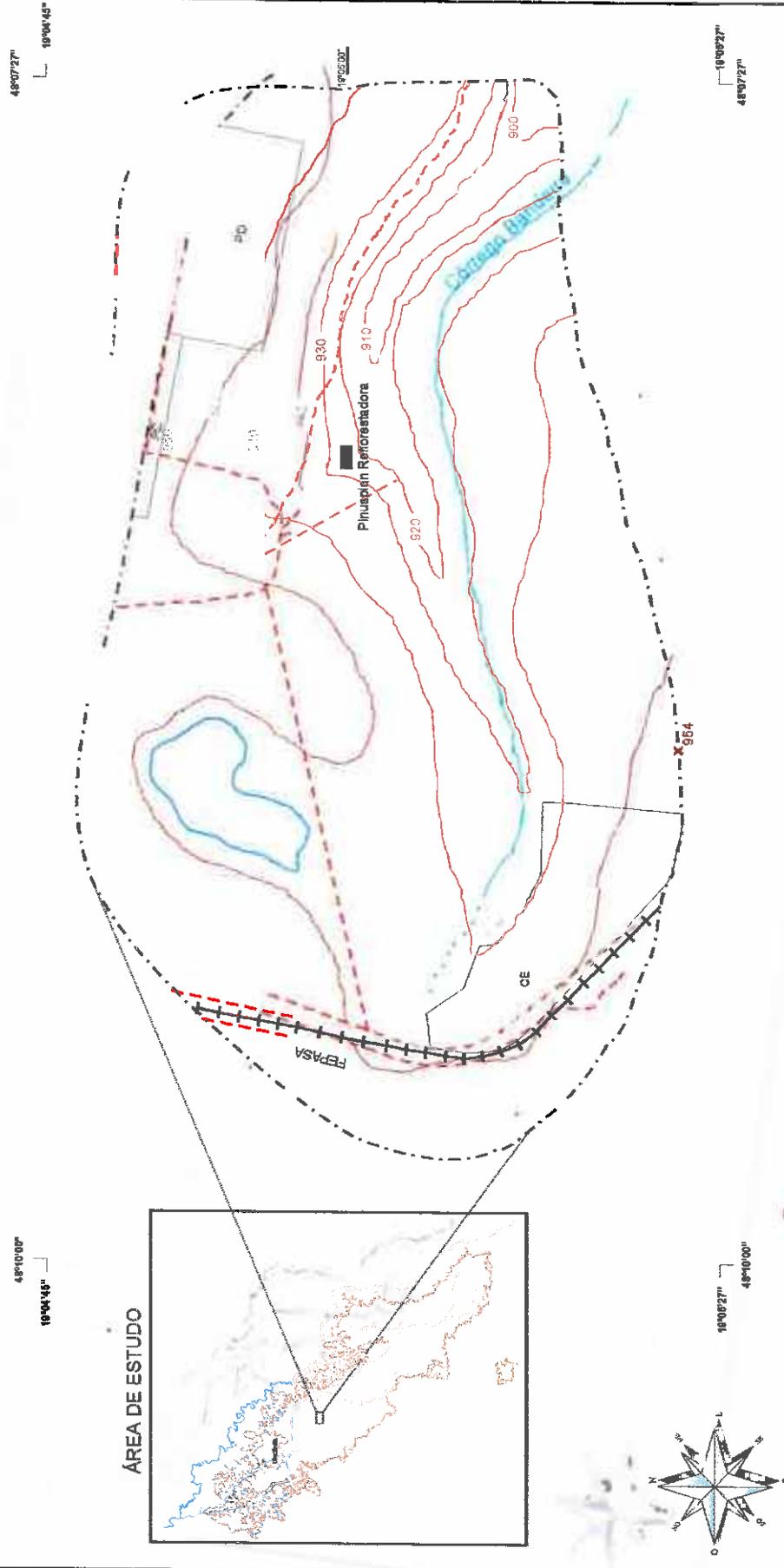
6.1 – Localização da área de estudo

A bacia do córrego Bandeira localiza-se aproximadamente entre as coordenadas geográficas de 19° 04' 45" a 19° 06' 27" S e 48° 07' 27" a 48° 10' 00" W (figura 10). Trata-se de uma bacia de primeira ordem, de acordo com a classificação de STRAHLER (1952) *apud* CHRISTOFOLETTI (1979) que deságua no córrego Rancharia o qual, por sua vez, é tributário do rio Uberabinha, fornecedor de água para a cidade de Uberlândia.

A referida bacia está inserida na denominada chapada Uberlândia-Uberaba (SCHNEIDER, 1996) ou segundo FELTRAN FILHO (1997), na unidade geomorfológica "Alto Uberabinha e rio Claro", conforme exposto anteriormente.

Através da referida figura, observa-se que as áreas com plantio convencional e plantio direto da soja (rotação anual com milho), encontram-se uma ao lado da outra. A área de Cerrado, apesar de estar um pouco mais afastada destas, apresenta características semelhantes de solo, conforme trabalhos desenvolvidos na área (FRASCOLI, 1998; LILIENFEIN *et al.* 1999), e de relevo, o que pode ser comprovado no item a seguir.

Figura 10 - Localização da Bacia do Córrego Bandeira



<p>Autoria: Auristela Afonso da Costa (2000)</p>	<p>-Elaboração Digital: Lenira Tercia Oliveira Olazar</p>
<p>Fonte: DSG/ M. E. Cartas topográficas Granja Planalto (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NO) e Córrego Rancheria (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NE), 1983. escala 1:25.000 IBC/GERCA. Fotografias aéreas, 1979. Escala 1:25.000</p>	<p>ESCALA GRÁFICA 0 250 500 750 1000 m</p>
<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Drenagem Área úmida Curvas de nível Ponto cotado Estradas vicinais Ferrovias Divisor da bacia Cerrado Plantio convencional Plantio direto 	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Drenagem Área úmida Curvas de nível Ponto cotado Estradas vicinais Ferrovias Divisor da bacia Cerrado Plantio convencional Plantio direto

6. 2 – Hipsometria e Clinografia

Os mapas hipsométrico (figura 11) e clinográfico (figura 12), na escala de 1:25.000, constituíram-se numa excelente ferramenta, por proporcionarem uma maior confiabilidade na escolha das situações amostradas, revelando os desníveis altimétricos e a declividade da bacia do córrego Bandeira.

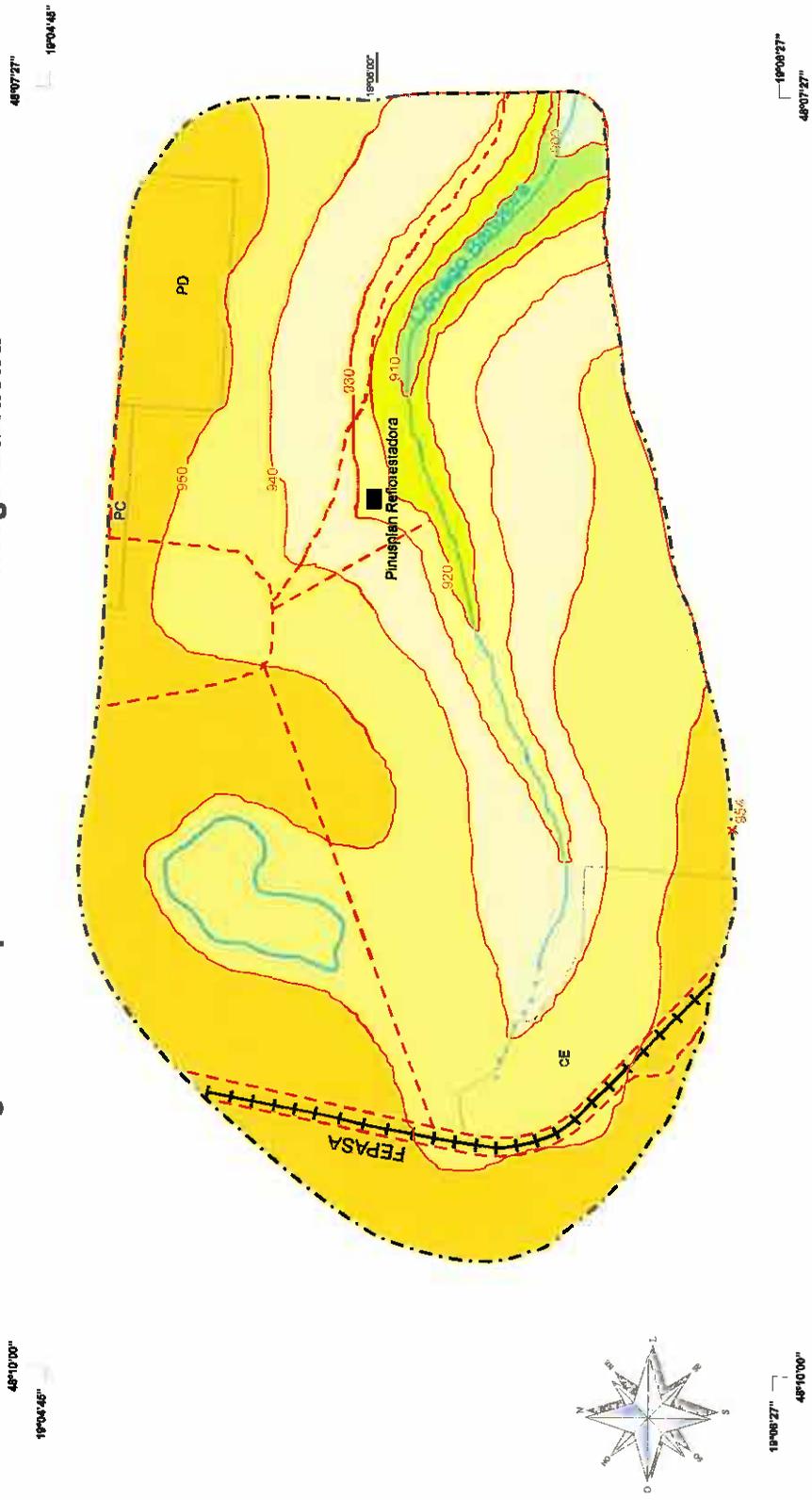
Conforme pode ser observado na figura 11, a altitude encontra-se entre 900 a pouco mais de 950 m, correspondendo às áreas de topos amplos e largos da chapada. Observa-se também que as três situações citadas anteriormente (vegetação natural de Cerrado, plantio convencional e plantio direto) encontram-se na mesma classe altimétrica, ou seja, acima de 950 m.¹³

A figura 12 mostra as classes de declividade na bacia do córrego Bandeira, onde, de um modo geral, predominam as áreas mais planas, com declives menores que 2% e de 2 a 4%. Apenas próximo ao ponto em que o córrego deságua é que o terreno apresenta maior declive atingindo a classe de 20 a 30 %. Nota-se, ainda, que de forma semelhante à altimetria, as três situações delimitadas para a investigação, encontram-se em uma mesma classe de declividade, ou seja, menor que 2%.

Portanto, pode-se constatar que as trincheiras estudadas, representativas de cada sistema de manejo, foram implantadas especificamente nas altitudes acima de 950 m e em declividades menores que 2%, estando indicadas nas figuras 11 e 12.

¹³ Apesar de parte da área de vegetação natural de Cerrado estar inserida entre as classes altimétricas de 940 e 950 m, o perfil analisado para esta situação, encontra-se na porção próximo à estrada de ferro, acima de 950 m. A mesma observação é válida para a declividade, estando portanto, na classe < 2%.

Figura 11 - Hipsometria da Bacia do Córrego Bandeira



Legenda

	Drenagem
	Área úmida
	Curvas de nível
	Ponto cotado
	Estradas vicinais
	Ferrovia
	Divisor da bacia
	Cerrado
	PC
	PD

Classes de altitudes em metros

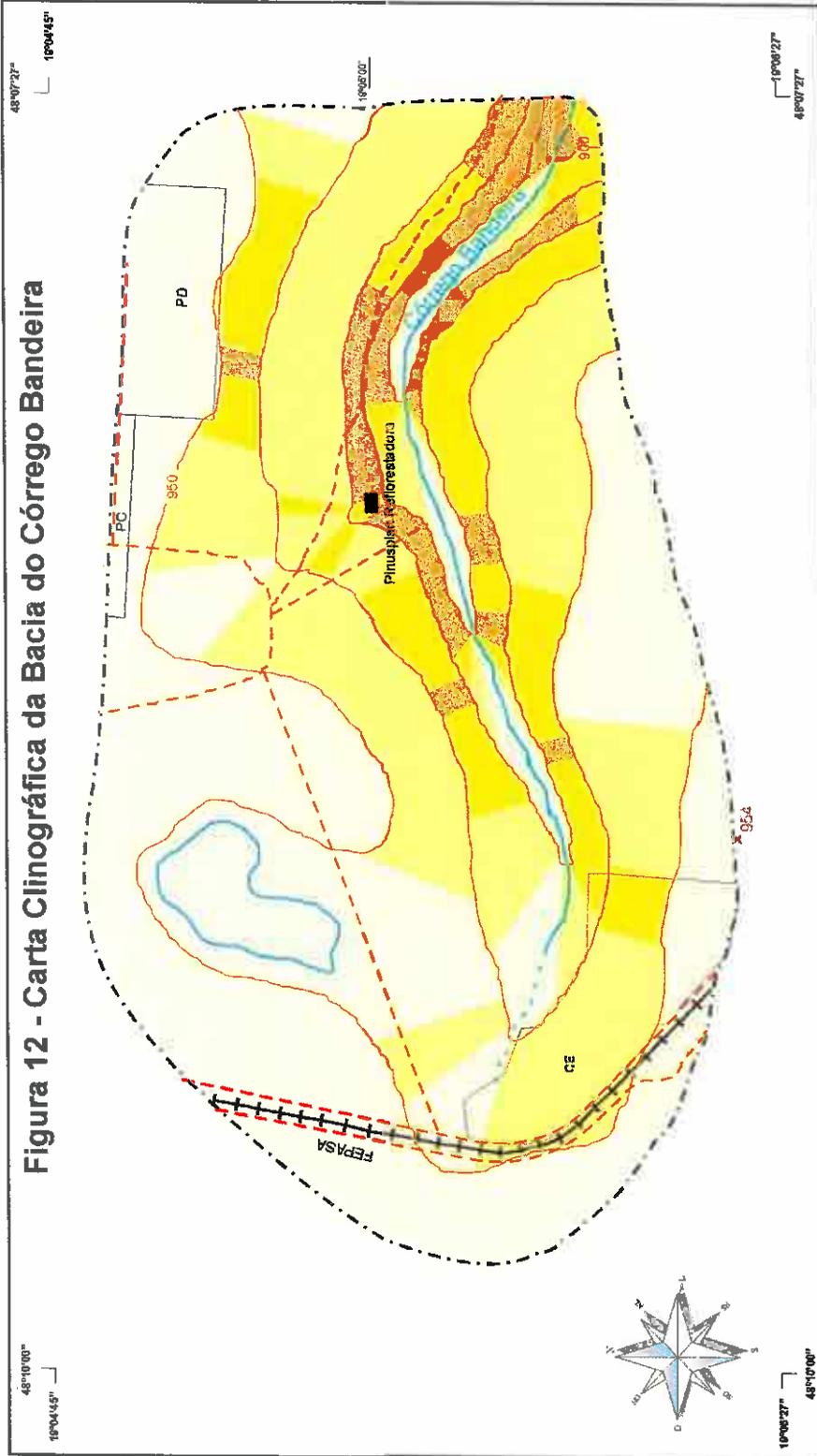
	< 900
	900 - 910
	910 - 920
	920 - 930
	930 - 940
	940 - 950
	> 950

0 250 500 750 1000 m
ESCALA GRÁFICA

Fonte: DSG/M. E. Cartas topográficas Granja Planalto (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NO) e Córrego Ranchiana (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NE), 1983, escala 1:25:000
IBC/GERCA, Fotografias aéreas, 1979, Escala 1:25:000

Autoria:
Auristela Afonso da Costa (2000)
- Elaboração Digital:
Lenira Tercia Oliveira Olazar

Figura 12 - Carta Clinográfica da Bacia do Córrego Bandeira



Legenda

	Drenagem
	Área úmida
	Curvas de nível
	Ponto cotado
	Estradas vicinais
	Ferrovia
	Divisor da bacia
	Cerrado
	Plantio convencional
	Plantio direto

Classes de declividade

	< 2%
	2 a 4%
	4 a 8%
	8 a 15%
	15 a 20%
	20 a 30%



Fonte: DSG/ M. E. Cartas topográficas Granja Planalto (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NO) e Córrego Rancharia (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NE), 1983. escala 1:25:000
IBC/GERCA. Fotografias aéreas, 1979. Escala 1:25:000

Autoria:
Auristela Atonso da Costa (2000)
Elaboração Digital:
Lenira Tercia Oliveira Oleazar

6.3 – O uso do solo na bacia do córrego Bandeira: considerações a respeito das áreas estudadas

O mapeamento do uso do solo na bacia do córrego Bandeira foi realizado com dois recortes temporais diferentes, correspondente ao uso do solo de 1979 e 1999, na escala de 1:25.000 (figuras 13 e 14). Os mapas permitiram um maior controle do histórico de uso das três áreas delimitadas para a investigação de detalhe.

A análise a seguir será realizada para subsidiar o entendimento das alterações na estrutura do solo em função do sistema de manejo da cultura da soja.

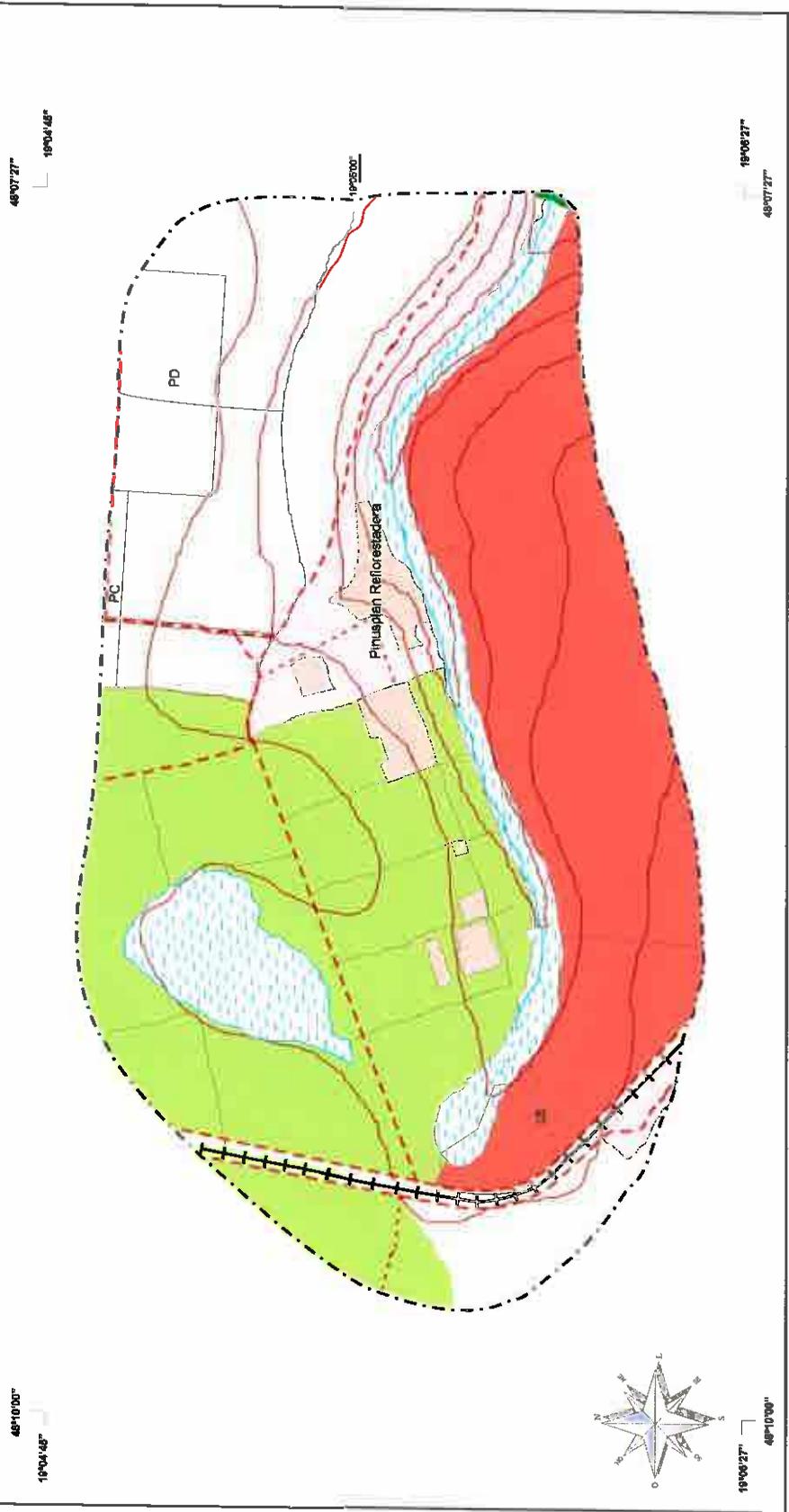
O mapa de uso do solo de 1979 (figura 13) mostra que já naquele período, a vegetação natural da bacia do córrego Bandeira, havia sido, em grande parte, retirada para dar lugar a outras atividades econômicas. Tal fato revela as profundas transformações que este espaço havia e/ou estava passando em função do processo de ocupação regional.

O uso do solo era diversificado, mas apresentava áreas representativas preparadas para a implantação de reflorestamento para fins comerciais, áreas utilizadas para o cultivo agrícola e Cerrado degradado destinado a pastagens. Em meio a estas atividades, nota-se algumas áreas com vegetação natural de Cerrado relativamente preservada, como aparece em grande parte da margem direita do córrego Bandeira, além dos campos úmidos ao longo da drenagem e nas porções mais elevadas (covoais).

Em um período mais recente, em 1999 (figura 14), é possível observar que o reflorestamento voltado para fins comerciais e as culturas temporárias ainda ocupam áreas significativas, havendo também a presença do Cerrado degradado, utilizado como pastagens naturais e/ou cultivadas. A vegetação natural restringe-se ao campo úmido ao longo da drenagem e a uma área com Cerrado, próxima à estrada de ferro e à nascente do córrego Bandeira (reserva legal), cuja fitofisionomia é de Campo Cerrado, conforme pesquisas desenvolvidas na área. (FRASCOLI, 1998; NEUFELDT, 1998; LILIENFEIN *et al.* 1999)

A porção à margem direita do córrego Bandeira não se encontra representada neste último mapa, conforme justificado nos procedimentos

Figura 13 - Uso do Solo da Bacia do Córrego Bandeira em 1979



Legenda

	Drenagem		Mata ciliar
	Área úmida		Cerrado
	Curvas de nível		Pastagem e Cerrado
	Ponto cotado		Degradado
	Estradas vicinais		Campo úmido
	Ferrovia		Cultura Temporária (Soja)
	Divisor da bacia		Reflorestamento em
	CE		Implantação
	PC		Edificações
	PD		

0 250 500 750 1000 m
ESCALA GRÁFICA

Fonte: DSG/M. E. Cartas topográficas Granja Planalto (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NO) e Córrego Rancharia (SE - 22 - Z - D - III - 2 - NE), 1963, escala 1:25:000
IBC/GERCA. Fotografias aéreas, 1979. Escala 1:25:000

Autoria:
Auristela Afonso da Costa (2000)
-Elaboração Digital:
Lenira Tercia Oliveira Olazar

metodológicos. Ressalta-se, porém, que através dos trabalhos de campo, verificou-se a ocupação de boa parte da área com a cultura da soja.

Comparando-se os dois mapas, como também confirmado em campo, percebe-se, que houve algumas alterações no uso do solo da bacia, no período analisado. De modo geral, as mudanças mais representativas referem-se à redução significativa da vegetação natural de Cerrado e à ampliação do reflorestamento de pinus voltado para fins comerciais, o qual englobou os campos úmidos com covaais e áreas destinadas à agricultura.

A comparação entre os mapas permitiu verificar, também, que as áreas delimitadas para o presente estudo, com cultivo agrícola, já apresentavam esse tipo de uso em 1979, o mesmo podendo ser observado em relação à área de vegetação natural de Cerrado.

Desta forma, comprovou-se, que pelo menos há vinte anos, as áreas escolhidas para a realização do estudo comparativo, seja aquelas destinadas ao cultivo agrícola, seja aquela com vegetação natural de Cerrado, já apresentavam o mesmo tipo de uso do solo correspondente ao atual. Para as áreas destinadas a atividade agrícola houve alteração, mas apenas no que diz respeito ao sistema de manejo, o que será relatado adiante.

No sentido de obter maiores esclarecimentos sobre o uso e o manejo adotado nas três áreas enfocadas, entrevistou-se o proprietário e o gerente da Fazenda da Pinusplan Reflorestadora Ltda, procedimento este, que possibilitou verificar que a referida empresa é proprietária, desde 1973, de grande parte das terras contidas na bacia do córrego Bandeira, estando inseridas também em seus limites as áreas supracitadas.

A entrevista com o proprietário da Pinusplan Reflorestadora Ltda, Sr. Fernando Antônio Ferraz Neto e com o gerente da mesma, Sr. Antônio Mauro R. Lucinda, confirmou que a área de vegetação natural de Cerrado está sendo preservada desde 1973. Anteriormente a mesma era utilizada como pastagem natural para a pecuária extensiva, mas após este período passou a constituir a área de reserva legal da propriedade, estando sua vegetação, ainda hoje, em fase de recuperação (figura 15).

As informações obtidas via entrevista permitiram verificar também que a implantação da atividade agrícola se fez em 1975, com a cultura do arroz, sendo

introduzida, no ano seguinte, a soja, a qual foi cultivada nos quatro anos posteriores, ou seja, até 1980. A partir de 1981 passou a ser efetuada a rotação anual de verão soja/milho, com alternância entre as parcelas a cada ano agrícola, o que prevalece até os dias atuais.

O sistema de manejo adotado de 1975 até 1994 ou 1995 (varia de acordo com a parcela agrícola) foi o plantio convencional, a partir de quando o plantio direto, passou a ser o sistema de manejo dominante para as áreas agrícolas da propriedade, restando apenas uma parcela de 10 ha com plantio convencional, que continua até hoje, para efeito de comparação. Esta, por sua vez, foi subdividida em duas áreas de 5 ha, nas quais são efetuadas rotações alternadas de verão com as culturas de soja e milho.

Cabe ressaltar, que durante todo esse período adotou-se a prática do pousio no inverno, procedimento este, que continua sendo efetuado somente na parcela com plantio convencional, pois nas áreas com plantio direto vem sendo realizada, a partir de 1999, a rotação anual de outono/inverno entre sorgo/milheto/nabo forrageiro. Estas culturas sucedem a rotação anual de verão, entre a soja e o milho, obedecendo uma programação estabelecida para as parcelas agrícolas, no sentido de alternar, a cada ano, o tipo de cultura.

As culturas de outono/inverno são destinadas ao aproveitamento econômico ou somente para a cobertura do solo, a título de proteção, sendo mantidas nas parcelas agrícolas até o início do novo plantio da cultura de verão, quando são aplicados os herbicidas, no intuito de não estabelecer uma concorrência entre a cultura implantada e a cultura de cobertura. Esta proteção do solo, durante todo o período entre a colheita e o plantio de uma nova cultura de verão, só é possível utilizando-se da rebrota das culturas de outono/inverno, uma vez que o ciclo vegetativo destas últimas é menor que o intervalo entre as primeiras.

De acordo com o gerente da propriedade, o principal motivo da mudança de manejo, passando de plantio convencional para sistema plantio direto, ocorreu em função, sobretudo, dos constantes processos erosivos que estavam sendo observados na primeira forma de manejo, embora se tratasse de uma área muito plana. Esta mudança, porém, segundo ele, não foi efetuada ao mesmo tempo em toda área agrícola, pois, em 1994, a implantação da nova forma de manejo se fez

em apenas 50% da área. Somente no ano seguinte, é que o restante da área agrícola passou a ser manejada com o plantio direto, com exceção daqueles 10 ha com plantio convencional, para efeito de comparação das vantagens ou desvantagens das práticas de manejo adotadas.

A passagem do plantio convencional para o plantio direto se fez, ainda, mediante o levantamento e a adequação prévia das características químicas e físicas do solo, realizados em 1994, para todas as parcelas agrícolas da propriedade.

A correção química do solo foi efetuada somente após a realização de análises laboratoriais para esta finalidade. Da mesma forma, a adequação das propriedades físicas realizou-se após a avaliação da compactação com base em observações *in loco*, por meio de tradagens e aberturas de trincheiras em alguns pontos. Cabe ressaltar que para esta última avaliação não foram realizadas análises laboratoriais, limitando-se às observações de campo.

Diante do levantamento preliminar realizado para as parcelas agrícolas, detectou-se, de acordo com o gerente da propriedade, que havia a necessidade de preparar o solo, pois as propriedades físicas e químicas não se apresentavam adequadas à implantação do novo sistema de plantio - o direto. O resultado mostrou que nem todos os elementos químicos estavam presentes no solo na proporção adequada ao cultivo, havendo também a presença de uma camada compactada com profundidade variável, porém com maior concentração entre 17 e 25 cm.

De um modo geral, as medidas de preparação das propriedades do solo, com a finalidade de receber a nova forma de manejo, consistiram na adubação de correção para a adequação química do solo e na subsolagem¹⁴ para romper as camadas compactadas e melhorar as propriedades físicas do solo.

Entre as áreas agrícolas diagnosticadas e preparadas para adequar as propriedades físicas e químicas estão as parcelas 1 e 2, correspondendo, respectivamente, às áreas de plantio convencional e plantio direto analisadas na presente pesquisa (figuras 16 e 17).

¹⁴ “É o processo mecânico para soltar e quebrar o material do subsolo, a fim de que haja um aumento na infiltração da água de chuva, maior penetrabilidade das raízes e melhor aeração.” (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990: 201)



FIGURA 15 - Foto da área de vegetação natural de Cerrado, adotada como referência no estudo comparativo.



FIGURA 16 -Foto da área de plantio convencional da soja (rotação anual com milho). Observar o solo sem cobertura vegetal antes do plantio.



FIGURA 17 - Foto da área de plantio direto da soja (rotação anual com milho). Observar a cobertura do solo proporcionada pelo nabo forrageiro.

Em síntese, a parcela com plantio convencional utiliza este sistema de manejo, de 1975 até os dias atuais, e, representa a sucessão Cerrado/plantio convencional. Já a parcela com plantio direto, somente a partir de 1995 é que se passou a adotar este manejo, pois anteriormente utilizava-se também o plantio convencional, caracterizando a sucessão Cerrado/plantio convencional/plantio direto. Cabe ressaltar que em 1994, ambas as parcelas passaram pela adequação das propriedades físicas e químicas, o que será abordado de forma mais específica, a seguir.

6.4 – O manejo agrícola nas parcelas estudadas e avaliação de suas conseqüências

Como as parcelas de plantio convencional e plantio direto investigadas nesta pesquisa passaram pela referida preparação física e química do solo, em 1994, cabe ressaltar que os efeitos dos sistemas de manejo aqui enfocados deverão ser interpretados, sobretudo, a partir deste período.

Na parcela 1, 10 ha são de plantio convencional e 43 ha de plantio direto. Dos 10 ha destinados ao plantio convencional escolheu-se 5 ha na parte superior da parcela, por encontrar-se seguramente locado na mesma posição altimétrica e classe de declividade que a área de vegetação natural de Cerrado, possibilitando o estudo comparativo (sub-parcela 1A, adiante). É oportuno ressaltar que a porção desta parcela manejada com plantio direto não foi escolhida para análise por estar em uma posição altimétrica inferior, acusada por uma ligeira ruptura de relevo (sub-parcela 1B, adiante).

Na parcela 2, de 59 ha, encontra-se a área com plantio direto delimitada para análise no presente estudo e, pelo mesmo motivo acima citado, escolheu-se sua parte superior para realizar os ensaios de campo e análise dos perfis de solo.

A adequação das propriedades físicas e químicas do solo na parcela 1 estendeu-se, conforme relato do gerente, tanto para a área que iria receber o plantio direto, quanto para aquela que iria continuar com plantio convencional.

A preparação física do solo se fez a partir de práticas mecânicas como a subsolagem, visando romper as camadas compactadas, seguida da aração e da gradagem como etapas antecessoras ao plantio.

O preparo químico do solo foi efetuado mediante adubação de correção com gesso, cloreto de potássio (KCl) e um adubo com maior concentração de fósforo, de nome comercial *Yoorin*, distribuídos a lanço, entre os meses de junho e setembro de 1994, antecedendo o plantio do milho. Em 1995, nova adubação de correção foi efetuada antes do plantio da soja, entre os meses de junho a setembro, à base de NPK na proporção 00-20-20 e micronutrientes, como pode ser visto na tabela 1.

TABELA 1 – Adubação da parcela 1 com plantio convencional (10 ha) e plantio direto (43 ha), no período de 1994 a 2000:

Tipo de cultivo	Período do ano	Quantid./proporção
Milho	Jun-set/1994 (adub. de correção)	850,0 Kg/ha de Yoorin 500,0 Kg/ha de gesso 180,0 Kg/ha de KCl
	Nov/1994 (adub. de manutenção)	350,0 Kg/ha de NPK (na proporção 04-20-20) + micronutrientes (FTE BR 12) 350,1 Kg/ha de NPK (na proporção 20-00-20, acrescentado em cobertura)
Soja	Jun-set/1995 (adub. de correção)	450,0 Kg/ha de NPK (na proporção 00-20-20) + micronutrientes (FTE BR 12)
Milho	Nov./1996 (adub. de manutenção)	350,0 Kg/ha de NPK (na proporção 05-30-15) + micronutrientes (FTE BR 12) 400,0 Kg/ha de NPK (na proporção 20-00-20, acrescentado em cobertura)
Soja	Nov./1997 (adub. de manutenção)	500,0 Kg/ha de NPK (na proporção 02-18-11) + Micronutrientes
Milho	Nov.1998 (adub. de manutenção)	450,0 Kg/ha de NPK (na proporção 08-20-12) + Micronutrientes 350,0 Kg/ha de NPK (na proporção 20-00-20, acrescentado em cobertura)
Soja	Nov/1999 (adub. de manutenção)	320,8 Kg/ha de NPK (na proporção 00-11-19) + Micronutrientes
Milho	Set/2000 (adub. de correção)	250,0 Kg/ha de gesso 150,0 Kg/ha de KCl
	Nov./2000 (adub. de manutenção)	200 Kg/ha de NPK (na proporção 00-20-06) + Micronutrientes

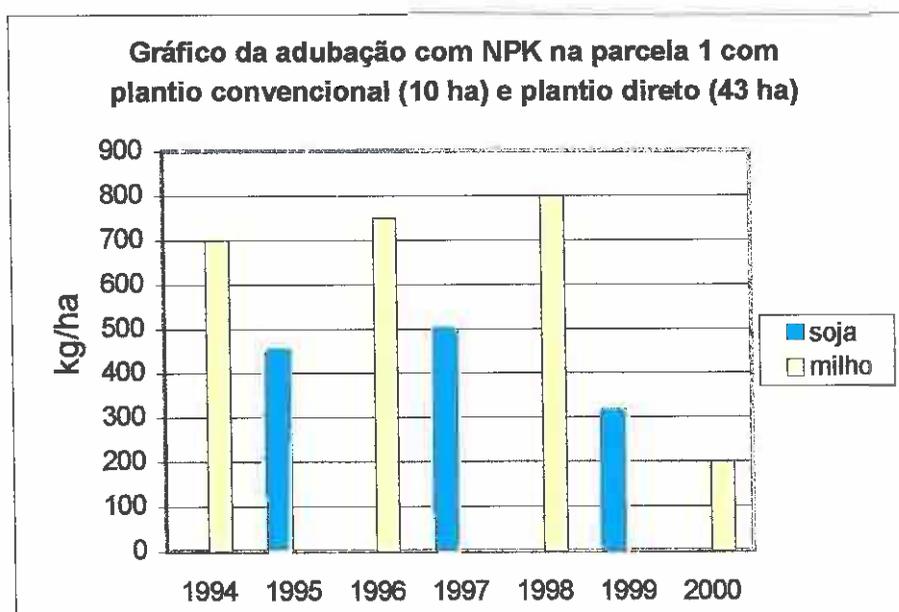
Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).

Org.: A.A. Costa

Através da tabela anterior, observa-se que, além das correções do solo realizadas em 1994 e 1995, a adubação de manutenção tem sido um procedimento que antecede o plantio das culturas anuais de verão em todo o período subsequente.

Quanto à adubação, a literatura aponta que, de um modo geral, o plantio convencional apresenta maiores gastos com adubos, sobretudo, em função do seu transporte por erosão e pela redução nos teores de matéria orgânica. Na parcela 1, diante dos dados disponíveis na tabela 1, pode-se constatar, que na última safra da soja e do milho houve redução significativa na quantidade de NPK, ao contrário do período anterior, cujo aumento era gradativo (figura 18).

FIGURA 18



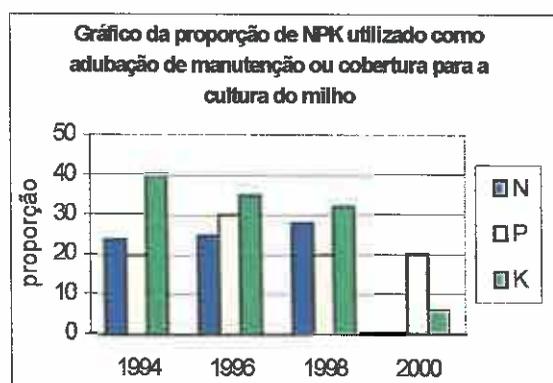
Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).

Org.: A.A. Costa

Alguns elementos químicos usados na adubação de manutenção ou cobertura passaram a ser aplicados em menor proporção, sendo que na cultura do milho houve queda gradativa na proporção de potássio, embora na última safra o mesmo já tivesse sido adicionado como adubação de correção (figura 19). Para a cultura da soja, reduziu-se a proporção de fósforo e o nitrogênio praticamente não foi utilizado (figura 20), o que é comum, pois o mesmo é fixado via simbiose, pelas bactérias nitrificadoras que se alojam nas raízes desta leguminosa.

Embora, o comportamento e a necessidade de cada elemento químico apresente diferenças conforme o tipo de cultura e variações climáticas, os dados indicam que, de modo geral, o manejo da parcela não tem apresentado atuação negativa nas propriedades químicas do solo. Esta queda na quantidade de adubo utilizada, poderia estar associada também ao efeito cumulativo benéfico da rotação anual de culturas.

FIGURA 19



Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000)
Org.: A.A. Costa

FIGURA 20



Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000)
Org.: A.A. Costa

Cabe ressaltar, porém, que os dados não são referentes apenas ao plantio convencional, incluindo também a porção com plantio direto, a qual cobre a maior parte da área (43 ha). Portanto, os dados de adubação referentes à parcela 1 não possibilita atribuir sua redução a este ou aquele sistema de manejo. Além disso, acredita-se que seria necessário um período maior de avaliação, para se chegar a uma interpretação mais segura.

Observa-se, ainda, através dos dados das tabela 1, 2, 3 e 4 que a rotação anual de verão entre soja/milho tem sido uma constante, corroborando as informações obtidas junto ao proprietário, que indicava haver este tipo de procedimento para as parcelas agrícolas desde a safra de 1980/81.

Em função da adequação das propriedades físicas e químicas, estendida para toda parcela 1, por ocasião da mudança do sistema de manejo, percebe-se, através da tabela 3 e 4, que houve no plantio convencional um aumento significativo na produtividade do milho. Antes deste período a produtividade havia variado entre 4230,0 a 5862,0 Kg/ha (1988/89 e 1992/93, respectivamente) (figura 21). Em contraposição, após este período a produtividade aumentou, variando

entre 6660 a 7140,0 Kg/ha na sub-parcela 1A (1995/96 e 1999/00, respectivamente) e 6480,0 a 8844,0 Kg/ha (1996/97 e 2000/01, respectivamente) na sub-parcela 1B (figuras 22 e 23).

TABELA 2 – Produtividade na parcela 1 com plantio convencional – antes da adequação das propriedades físicas e químicas do solo:

	Safra	Tipo de cultura	Produtividade (Kg/ha)
	Antes da adequação físico/química do solo (dados referentes à parcela 1 – 53,0 ha)	1985/86	Soja
1986/87		Milho	4764,0
1987/88		Soja	2400,0
1988/89		Milho	4230,0
1989/90		Soja	2298,0
1990/91		Milho	4260,0
1991/92		Soja	3222,0
1992/93		Milho	5862,0
	1993/94	Soja	3000,0

Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).

Org.: A.A. Costa

TABELA 3 – Produtividade na sub-parcela 1A com plantio convencional – depois da adequação das propriedades físicas e químicas do solo:

	Sub-parcela 1A (5ha) *		
	Safra	Tipo de cultura	Produtividade (Kg/ha)
Depois da adequação físico/química do solo (dados referentes apenas ao plantio convencional – 10 ha)	1994/95		
	1995/96	Milho	6660,0
	1996/97	Soja	2560,0
	1997/98	Milho	7010,0
	1998/99	Soja	2060,0
	1999/00	Milho	7140,0
	2000/01	Soja	3120,0

* sub-parcela em que se instalou a trincheira para analisar os efeitos do manejo convencional

Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).

Org.: A.A. Costa

TABELA 4 – Produtividade na sub-parcela 1B com plantio convencional – depois da adequação das propriedades físicas e químicas do solo:

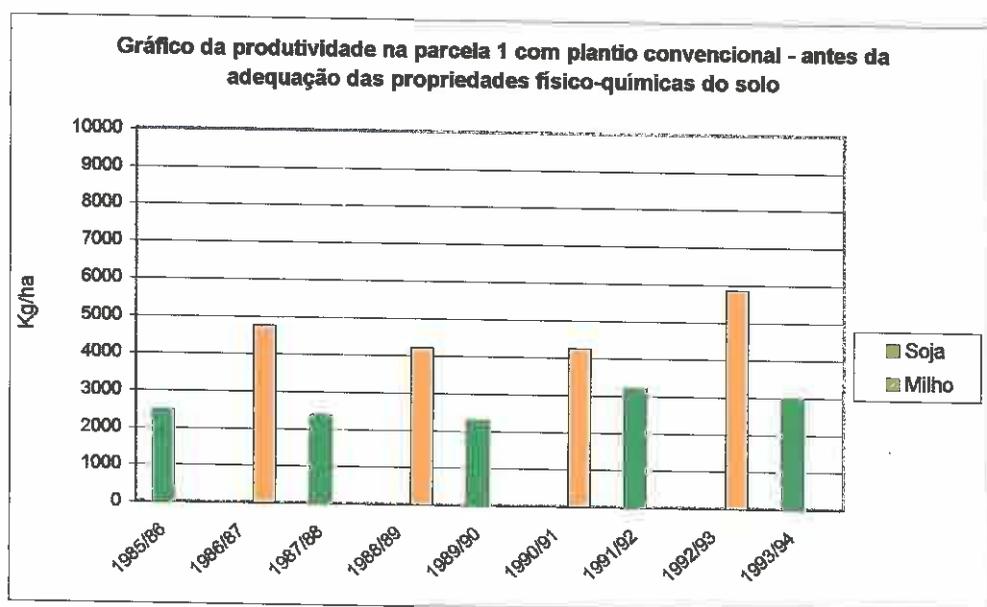
	Sub-parcela 1B (5 ha)*		
	Safra	Tipo de cultura	Produtividade (Kg/ha)
Depois da adequação físico/química do solo (dados referentes apenas ao plantio convencional – 10 ha)	1994/95		
	1995/96	Soja	2880,0
	1996/97	Milho	6480,0
	1997/98	Soja	2560,0
	1998/99	Milho	7160,0
	1999/00	Soja	3.018,0
	2000/01	Milho	8844,0

* sub-parcela desprezada, quanto à instalação da trincheira, por estar numa posição altimétrica ligeiramente inferior

Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).

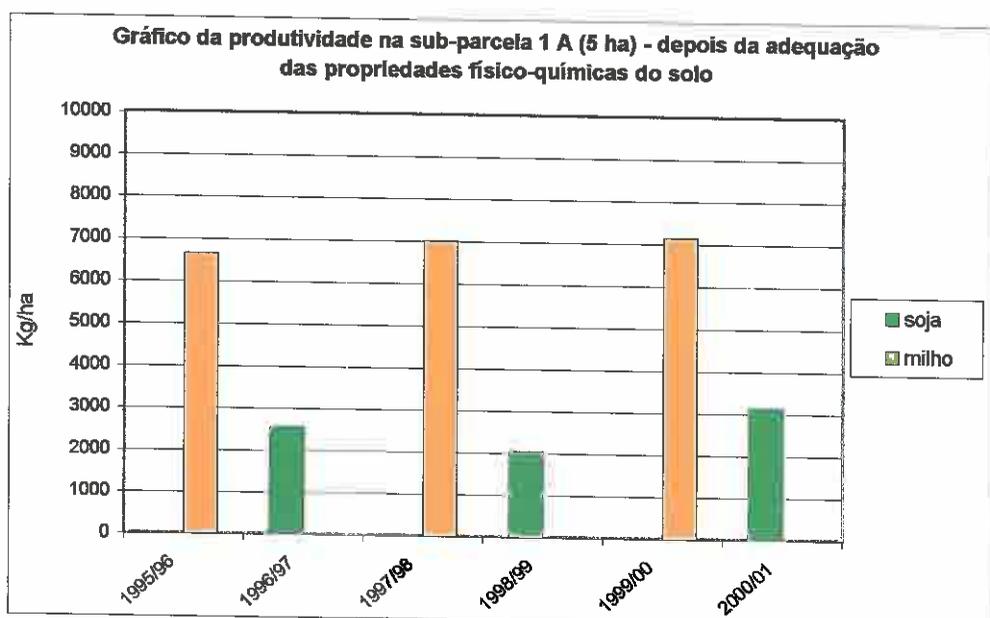
Org.: A.A. Costa

FIGURA 21



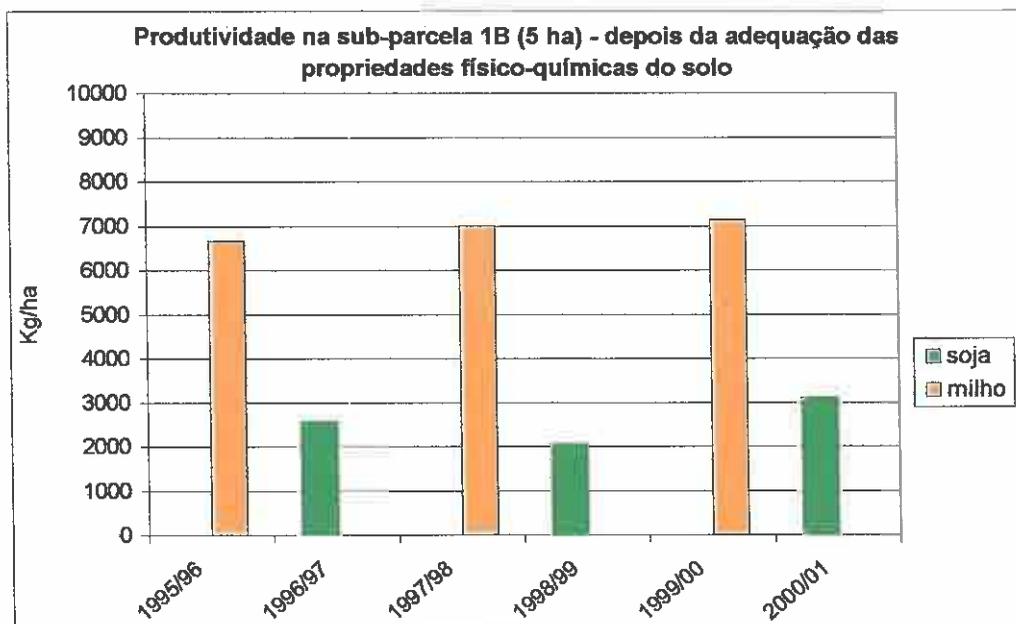
Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).
Org.: A.A. Costa

FIGURA 22



Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000)
Org.: A.A. Costa.

FIGURA 23



Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000)
Org.: A.A. Costa

Quanto à soja, os dados da referida tabela revelam que a mesma não apresentou efeito semelhante. Antes da adequação físico/química do solo, a produtividade havia variado entre 2298,0 a 3222,0 Kg/ha (1989/90 e 1991/92, respectivamente), enquanto que depois deste período variou entre 2060 a 3120 Kg/ha (1998/99 e 2000/01, respectivamente) para a sub-parcela 1A e 2560,0 a 3018,0 Kg/ha (1997/98 e 1999/00, respectivamente) para a sub-parcela 1B (tabelas 2,3 e 4 e figuras 22 e 23).

De um modo geral, os dados da referida tabela confirmam a influência das propriedades físicas e químicas do solo na produtividade, pois, quando havia somente plantio convencional, a mesma era baixa, se comparada ao período sucessor à adequação de tais propriedades no solo. Este fato revela que anos de plantio convencional podem prejudicar a produtividade, sobretudo do milho, chamando a atenção para a importância das práticas de manejo e conservação do solo, uma vez que a exploração intensa e contínua, sem considerar as características próprias do solo pode gerar seu depauperamento, o aparecimento da compactação e a acentuação dos processos erosivos.

Nesse sentido, é importante acrescentar que, no plantio convencional, durante o intervalo entre a colheita e o plantio da nova cultura de verão, o solo é deixado sob pousio e a cobertura é proporcionada pelos resíduos culturais e

plantas invasoras, o que não oferece uma boa proteção ao solo. Além disso, o preparo do solo é realizado alguns meses antes do plantio, através de aração e gradagem, deixando o mesmo descoberto e exposto à ação dos agentes erosivos durante o início da estação chuvosa, até que a cultura introduzida possa proporcionar uma boa cobertura vegetal.

Apesar de não ter sido registrada, em campo, a presença de feições erosivas lineares na parcela 1, é preciso ficar atento aos efeitos do plantio convencional no solo, pois conforme informações obtidas junto ao gerente da propriedade, a substituição deste manejo pelo sistema plantio direto fez-se devido aos frequentes problemas erosivos, mesmo tratando de uma área muito plana.

Na parcela 2 (59 ha), conforme citado anteriormente, encontra-se a área de plantio direto escolhida para fazer um estudo mais detalhado da influência desta forma de manejo nas características físicas do solo. O plantio direto começou a ser conduzido na referida parcela a partir de 1995, todavia o levantamento das propriedades químicas e físicas já havia sido realizado no ano anterior, quando se estendeu para toda a área agrícola da propriedade.

Os procedimentos para receber a nova forma de manejo foram semelhantes àqueles adotados na parcela 1, ou seja, foi realizada a adequação das propriedades físicas e químicas do solo antes do plantio. Desta forma, nos meses de junho a setembro de 1995, foi realizada a correção química a base de *Superfosfato Simples* (tabela 5), distribuída a lanço, seguida da prática mecânica de subsolagem para romper as camadas compactadas e facilitar a incorporação do adubo em camadas mais profundas. O preparo do solo para o plantio foi complementado com a aração de aiveca e gradagem (intermediária e nivelamento).

Observa-se também através da referida tabela, que antes do plantio da soja, em novembro de 1995, foi realizada a adubação de manutenção, o que desde então vem sendo uma prática constante.

A literatura aponta que após a consolidação do sistema plantio direto, o mesmo começa a apresentar redução na quantidade de adubos e corretivos, bem como, aumento na produtividade. Na parcela 2, estes benefícios do plantio direto ainda são tímidos, havendo redução significativa apenas na quantidade de NPK utilizado na última safra da soja, com oscilações no período anterior. Para o milho,

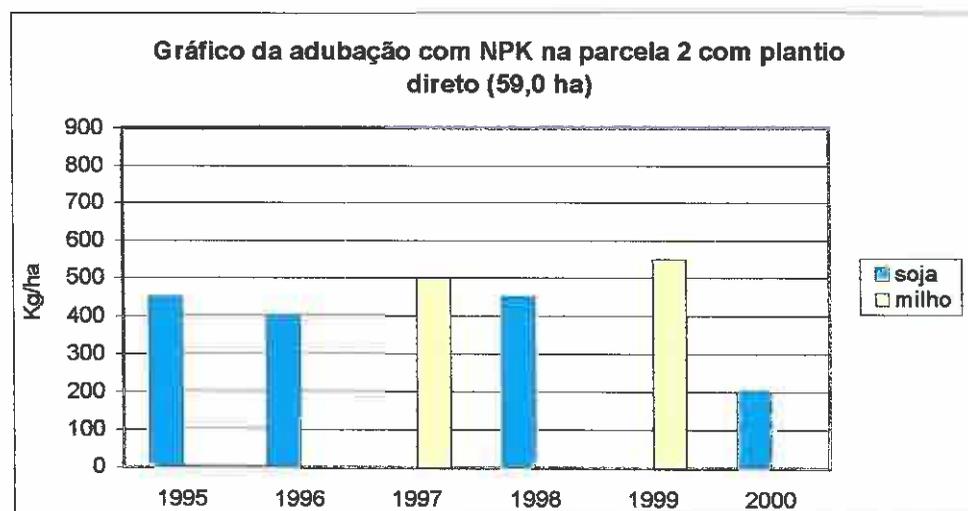
as duas safras após a implantação do plantio direto, revelam um aumento progressivo na quantidade de NPK, o que indica que, na parcela 2, o período com a nova prática de manejo não foi suficiente para proporcionar tal benefício (figura 24)

TABELA 5 – Adubação na parcela 2 com plantio direto (59,0 ha) , no período de 1995 a 2000:

Tipo de cultivo	Período do ano	Quantid./proporção
Soja	Jun-set/1995(adub. de correção)	1000,0 Kg/ha de Superfosfato simples
	Nov/1995 (adub. de manutenção)	450,0 Kg/ha de NPK (na proporção 00-20-20) + micronutrientes (FTE BR 12)
Soja	Nov./1996 (adub. de manutenção)	400,00,0 Kg/ha de NPK (na proporção 00-20-20) + micronutrientes (30 Kg/ton de Co)
Milho	Nov./1997 (adub. de manutenção)	500,0 Kg/ha de NPK (na proporção 08-20-20) + micronutrientes
Soja	Nov.1998 (adub. de manutenção)	450,0 Kg/ha de NPK (na proporção 00-18-12) + micronutrientes
Milho	Nov/1999 (adub. de manutenção)	250,0 Kg/ha de NPK (na proporção 12-16-12) + micronutrientes (0,2 B + 0,6 Cu) 300,0 Kg/ha de NPK (na proporção 20-00-20, distribuído a lanço, como cobertura)
Soja	Set/2000 (adub. de correção)	390 Kg/ha de gesso 150 Kg/ha de Cloreto de Potássio (KCl)
	Nov/2000 (adub. de manutenção)	200 Kg/ha de NPK (na proporção 00-20-06) + micronutrientes

Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda.
Org.: A.A. Costa

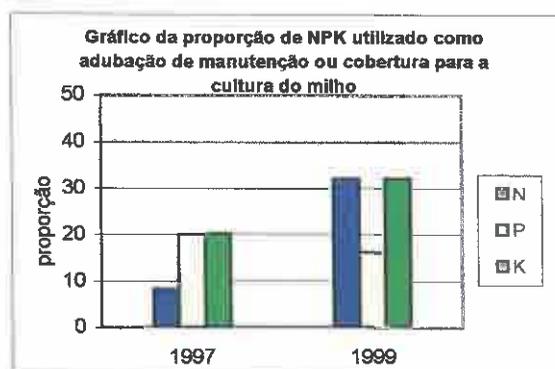
FIGURA 24



Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000)
Org.: A.A. Costa

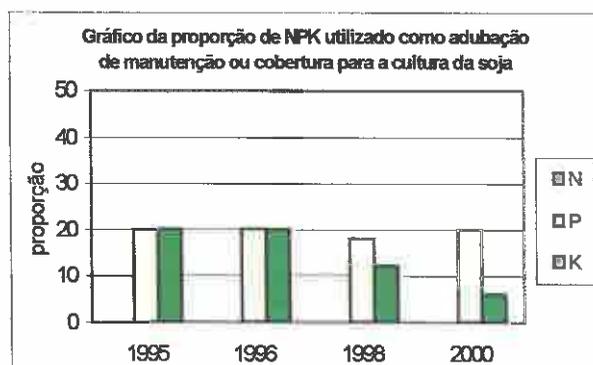
As figuras 25 e 26 revelam que, na parcela 2, também não houve uma redução significativa na proporção dos elementos químicos utilizados na adubação de manutenção ou cobertura. Para o cultivo da soja foi reduzido o uso do potássio como adubação de manutenção ou cobertura nas duas últimas safras, todavia, na safra de 2000/01, além da adubação de manutenção este elemento foi adicionado alguns meses antes do plantio, como adubação de correção, o que certamente teve implicações na menor quantidade utilizada. Para a referida cultura não foi utilizado nitrogênio, o que segundo foi explicado anteriormente, é comum no cultivo da soja, havendo, ainda, manutenção na proporção de fósforo. Para o milho houve redução apenas do fósforo, com aumento progressivo para os outros dois elementos.

FIGURA 25



Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).
Org.: A.A. Costa

FIGURA 26



Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).
Org.: A.A. Costa

Comparando-se as parcelas 1 e 2 quanto à adubação com NPK (figuras 18 e 24) percebe-se que, de um modo geral, tem havido uma ligeira redução do volume/ha de NPK, utilizado em manutenção ou cobertura, sendo que na parcela 1, este efeito foi observado nas últimas safras do milho e da soja, enquanto que na parcela 2, apenas para a última safra da soja. Quanto aos elementos químicos utilizados, nota-se que nas últimas safras, geralmente, tem reduzido a proporção dos mesmos, sobretudo na parcela 1 (figuras 19, 20, 25 e 26).

Em síntese, os dados quanto à adubação nas duas parcelas analisadas ainda não permitem correlacionar a redução na quantidade de adubo a um determinado tipo de sistema de manejo ou cultura. Para isso, acredita-se que seja

necessário um período maior de avaliação e que os dados referentes à parcela 1 estejam disponibilizados separadamente para o plantio convencional.

Ainda analisando os dados sobre a parcela 2, observa-se que uma prática de manejo comum é a rotação entre as culturas anuais de verão (soja/milho), apesar de ter havido o cultivo da soja em duas safras seguidas (1995/96 e 1996/97), conforme pode ser visto na tabela 5 e três safras seguidas de milho (1989/90 a 1991/92), como pode ser observado na tabela 6.

Outra medida adotada é o cultivo de outono/inverno que, conforme foi dito anteriormente, visa o aproveitamento econômico ou simplesmente a cobertura do solo. Na parcela 2, desde a mudança do manejo, foi cultivado nabo forrageiro em abril de 1999 e milheto em abril de 2000, sendo que ambos tiveram por finalidade a cobertura do solo.

TABELA 6 - Produtividade na parcela 2 com plantio direto (59,0 ha) – antes e depois da adequação das propriedades físicas e químicas, seguida da mudança de manejo:

	Safra	Tipo de cultura	Produtividade (Kg/ha)
Manejo convencional (antes da adequação das propriedades físico-químicas do solo)	1985/86	Milho	4062,0
	1986/87	Soja	3132,0
	1987/88	Milho	4038,0
	1988/89	Soja	2796,0
	1989/90	Milho	4332,0
	1990/91	Milho	3780,0
	1991/92	Milho	4980,0
	1992/93	Soja	2220,0
	1993/94	Milho	3900,0
Período em que se realizou a adequação das propriedades físico-químicas do solo para mudança de manejo	1994/95	—	—
Manejo com Sistema Plantio Direto	1995/96	Soja	2.190,0
	1996/97	Soja	3.528,0
	1997/98	Milho	6.300,0
	1998/99	Soja	2.520,0
	1999/00	Milho	6840,0
	2000/01	Soja	—

Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).

Org.: A.A. Costa.

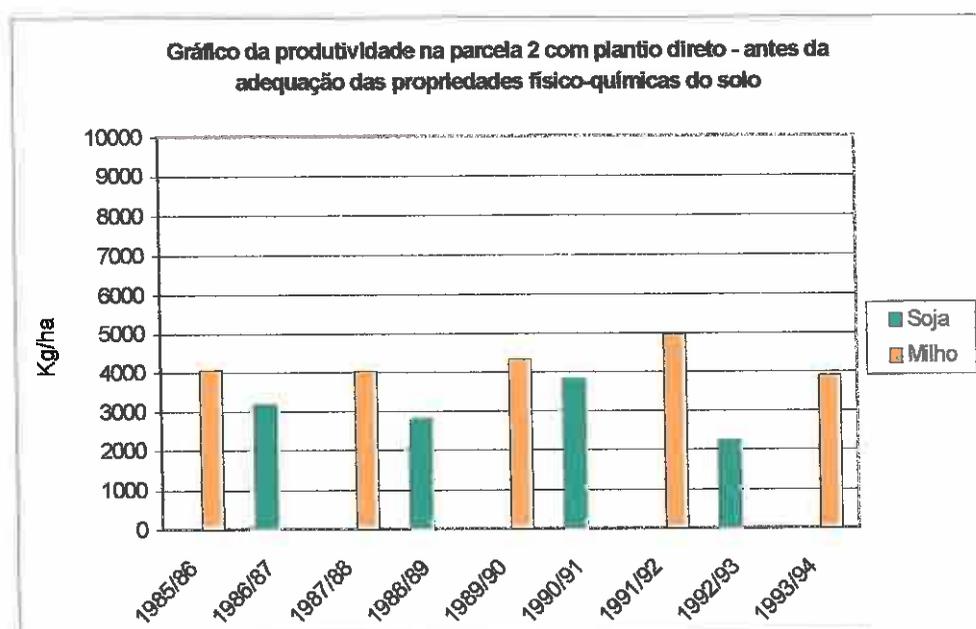
Quanto à produtividade, observa-se na tabela acima, que para a cultura do milho, antes da adequação das propriedades físico-químicas do solo, bem como, da implantação do sistema plantio direto, os valores variaram entre 3780,0 a

4980,0 Kg/ha (1990/91 e 1991/92, respectivamente). Após este período, houve um grande aumento da produtividade, atingindo 6840,0 Kg/ha na safra de 1999/00 (figuras 27 e 28).

A soja, nesta parcela, apresentou um aumento de produtividade pouco significativo e os valores oscilaram muito, conforme revelam os dados da tabela 6. Antes da melhoria das propriedades físico-químicas do solo e da mudança de manejo para sistema plantio direto, a produtividade revela uma queda gradativa com valores que variaram entre 2220,0 Kg/ha para a safra de 1992/93 a 3132,0 Kg/ha para a safra de 1986/87. Após esta fase, a produtividade continuou oscilando e chegou a atingir 3528,0 Kg/ha na safra de 1996/97, revelando um aumento de aproximadamente 50%, todavia o rendimento voltou a cair em 1998/99, aproximando da produtividade do sistema convencional (figuras 27 e 28).

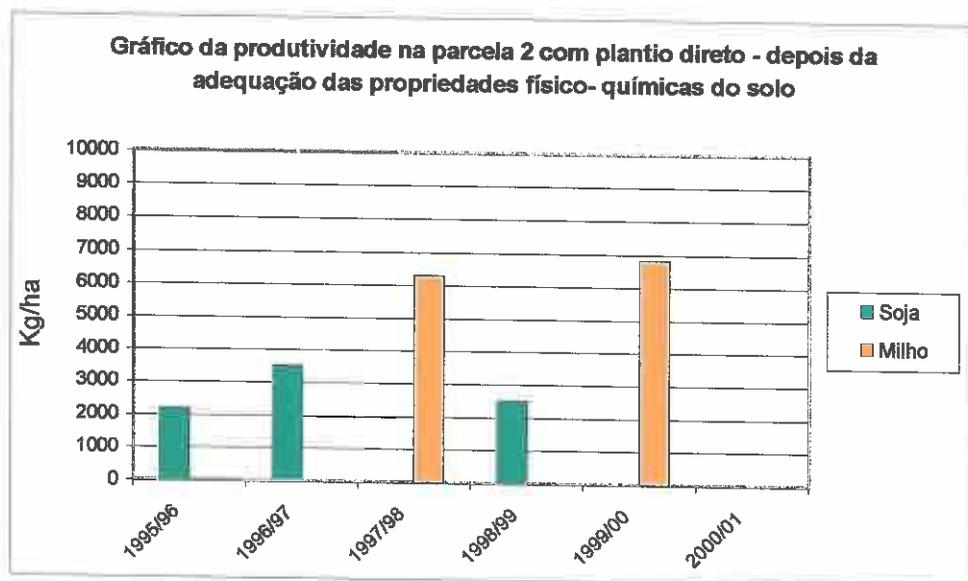
Observa-se ainda que nos dois períodos, o milho apresentou melhor produtividade que a soja, principalmente após a adequação físico-química do solo e implantação do sistema plantio direto.

FIGURA 27



Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000).
Org.: A. A. Costa

FIGURA 28



Fonte: Pinusplan Reflorestadora Ltda (2000)
Org.: A.A. Costa

Ao comparar os dados de produtividade das parcelas 1 e 2 após 1995, pode se constatar que não houve discrepância quanto a este quesito, que pudesse ser atribuída ao tipo de manejo. Observa-se que em ambas parcelas, tanto de plantio convencional quanto direto, houve aumento notável no rendimento do milho, após a adequação das propriedades físico-químicas do solo, apesar da soja não ter apresentado o mesmo efeito, tendo uma produtividade oscilante, ora com valores mais elevados, ora com valores próximos ao período que antecede esta adequação, no qual era adotado o manejo convencional.

Portanto, em termos de fertilidade química, o plantio direto não parece ser a causa fundamental da melhoria da produtividade, sendo que a mesma parece estar atribuída à adequação das propriedades físicas e químicas realizada em 1994, já que os comportamentos nada revelam de mais significativo.

Assim a tentativa de se fazer uma avaliação do sucesso ou não do plantio direto na produtividade pode ser muito precoce, uma vez que para uma análise mais segura sobre este quesito seria necessário dados disponíveis de um período mais longo. Somada a esta questão, faz-se necessário lembrar que a produtividade não depende exclusivamente do sistema de manejo, pois a mesma é reflexo de um conjunto de fatores como as condições ambientais e as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como por exemplo a

distribuição das chuvas, a porosidade, a biomassa, a atividade microbiana, entre outros.

Por outro lado, a vantagem do sistema plantio direto parece estar no controle dos processos erosivos, o que leva a supor que não houve tempo suficiente para reduzir os gastos com adubação e promover o aumento na produtividade, fato ressaltado com frequência na literatura científica consultada. Deste modo, faz-se necessário o exame mais detalhado da estrutura para verificar o grau de recuperação do solo.

6.5 – Avaliação do grau de compactação dos solos através da penetrometria para a locação das trincheiras

Os ensaios de penetrometria apresentaram-se como uma ferramenta útil, no sentido de permitir um levantamento espacializado dos graus de compactação do solo e de sua distribuição nas parcelas selecionadas.

Embora as profundidades que apresentaram resistência forte tenham variado muito, assim como os valores de resistência para cada uma das três situações investigadas na pesquisa, de um modo geral, observou-se a presença de uma camada pouco resistente na superfície, outra com maior resistência em profundidades variáveis, mas concentrada sobretudo de 10 a 34 cm, ocorrendo uma redução dos valores à medida que se atingia maiores profundidades.

Desta forma, a classificação dos pontos se fez com base no comportamento da resistência apresentada, sobretudo, pelos primeiros 34 cm, onde encontra-se a parte do perfil com maior influência do cultivo agrícola (perfil cultural).

O comportamento da resistência do solo para as áreas de vegetação natural de Cerrado, plantio convencional e plantio direto indicaram haver diferenças entre o uso e manejo, o que será analisado a seguir.

CERRADO

Nos dois pontos de ensaio (posição A e B), observou-se o exposto a seguir.

- **Posição A - Ponto ao lado da trincheira**

Neste ponto as três aferições (figura 29), indicaram estar havendo uma resistência moderada do solo à penetração (5 a 10 impactos/dm). As aferições CE1 e CE3 apresentaram valores ligeiramente mais baixos, entretanto mantiveram-se dentro desta classe. As maiores resistências concentraram sobretudo entre as profundidades de 14 e 36 cm (gráfico 1, anexo1).

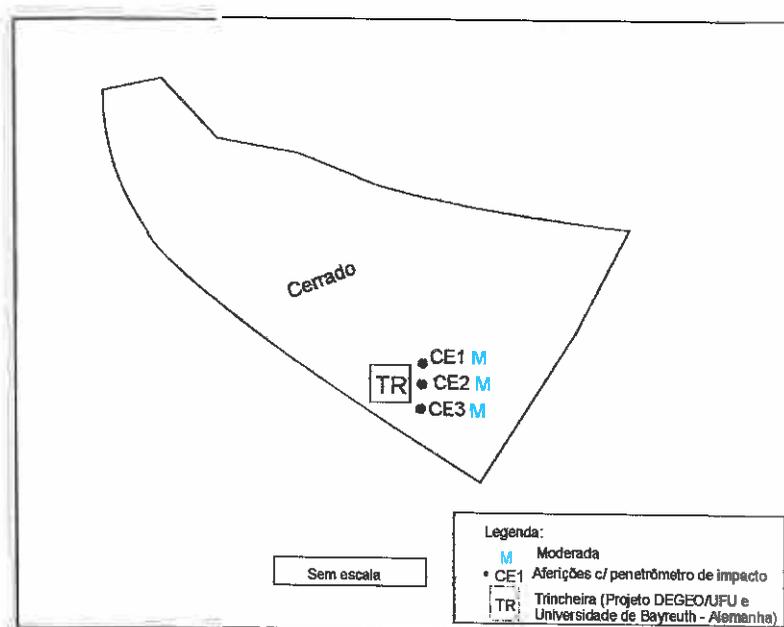


FIGURA 29 – Resistência do solo à penetração em área com cobertura natural de Cerrado – ponto ao lado da trincheira.

- Posição B – Ponto afastado da trincheira

Neste ponto, conforme mostra a figura 30, as três aferições (CE4, CE5 e CE6) indicaram que a resistência do solo à penetração foi moderada (5 a 10 impactos/dm), sobretudo entre as profundidades de 14 a 32 cm (gráfico 2, anexo 1).

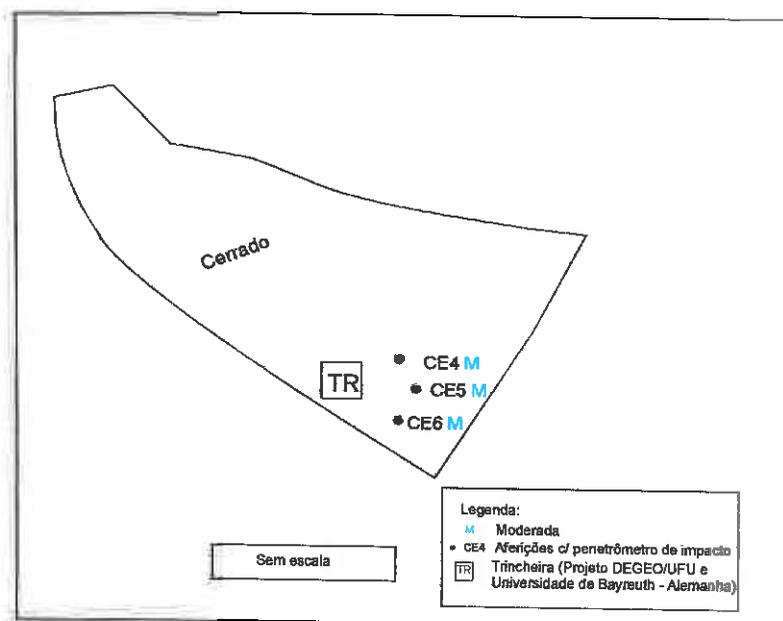


FIGURA 30 – Resistência do solo à penetração em área de vegetação natural de Cerrado – ponto afastado da trincheira

A área de vegetação natural de Cerrado, adotada como parâmetro na presente pesquisa, revelou uma tendência a apresentar resistência moderada à penetração (5 a 10 impactos/dm), sobretudo entre as profundidades de 14 a 34 cm. Na camada superficial (0 a 12 cm) a resistência foi muito fraca (1 a 3 impactos/dm) e após 36 cm houve uma tendência em apresentar uma redução progressiva dos valores.

Nota-se também que ambos os pontos apresentaram a mesma tendência quanto à resistência do solo, o que serviu de parâmetro para o reaproveitamento da trincheira aberta em estudos anteriores desenvolvidos na área.

Os resultados obtidos indicam, porém, que mesmo em solo com cobertura de vegetação natural de Cerrado, há uma camada subsuperficial com maior resistência. Todavia, não se pode afirmar, com base apenas nestes resultados, que o solo na referida situação apresenta-se com uma camada ligeiramente compactada. Tal afirmação somente poderá ser feita mediante a análise mais detalhada do arranjo estrutural e das análises físicas realizadas com esta finalidade.

Como esta área vem sendo preservada desde 1973, acredita-se que o período tenha sido suficiente para promover a recuperação da estrutura do solo diante das ações impactantes que atingiram esta área antes de ser destinada à reserva de vegetação natural de Cerrado, já que foi utilizada como pastagem à pecuária extensiva.

Sendo assim, para as parcelas com sistema plantio convencional e sistema plantio direto da soja/rotação anual com milho, serão interpretados como efeitos do uso e manejo agrícola, aqueles que se comportarem de forma diferente da presente situação.

SISTEMA PLANTIO CONVENCIONAL

No sistema plantio convencional, como foi dito anteriormente, os ensaios com penetrômetro foram realizados em treze pontos distribuídos ao longo da parcela. Em cada ponto fez-se quatro aferições, sendo cada uma delas em situações diferenciadas para o cultivo agrícola: linha com e sem roda da

colheitadeira e entrelinha com e sem roda da colheitadeira, conforme apresentado a seguir:

• Situação A - *Linha/sem roda colheitadeira*

Nesta situação os pontos PC2, PC4, PC7, PC9, PC11 e PC12 apresentaram resistência forte à penetração (10 a 20 impactos/dm), sobretudo entre 10 e 34 cm.

Os pontos PC5, PC8 e PC13 apresentaram resistência moderada à penetração (5 a 10 impactos/dm) e os maiores valores concentraram principalmente entre as profundidades de 12 a 40 cm.

Os pontos PC1, PC3, PC6 e PC10 apresentaram resistência fraca à penetração (3 a 8 impactos/dm), sendo os maiores valores registrados nas profundidades de 10 a 42 cm.

Desta forma, percebe-se que no plantio convencional houve uma tendência da situação linha/sem roda da colheitadeira apresentar resistência forte à penetração (10 a 20 impactos/dm), uma vez que a maior parte dos pontos aferidos se insere nesta classe (figura 31).

De um modo geral, nas profundidades de 10 a 40 cm concentraram as maiores resistências. Observou-se ainda que até 8 cm de profundidade, grande parte dos pontos, apresentou resistência muito fraca (1 a 3 impactos/dm) e que a partir de 44 cm, os valores de resistência, para grande parte dos pontos, baixaram significativamente (gráfico 3, anexo 1).

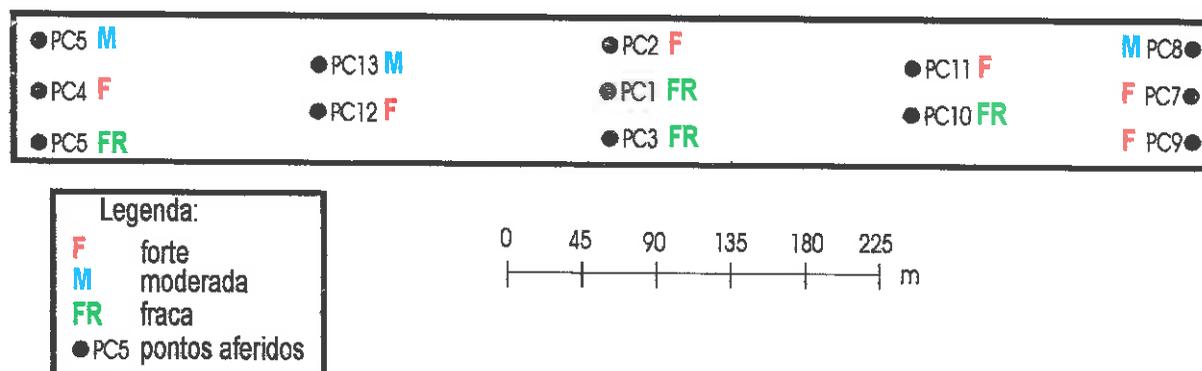


FIGURA 31 – Resistência do solo à penetração em área de Plantio Convencional – linha sem roda colheitadeira

• Situação B - *Linha/com roda colheitadeira*

Nos pontos PC2, PC9 e PC10 o solo apresentou resistência forte à penetração (10-20 impactos/dm) e os maiores valores obtidos concentraram de 4 a 20 cm.

Nos pontos PC1, PC3, PC4, PC5, PC7, PC8, PC11, PC12 e PC13 o solo apresentou resistência moderada à penetração (5 a 10 impactos/dm), sobretudo entre as profundidades de 6 a 44 cm.

No ponto PC6 o solo apresentou resistência fraca à penetração (3 a 8 impactos/dm) e os maiores valores foram observados nas profundidades de 6 a 20 cm.

De um modo geral, no plantio convencional, a situação linha/com roda da colheitadeira apresentou uma tendência de resistência moderada à penetração (5 a 10 impactos/dm), como pode ser visto na figura 32, estando os maiores valores concentrados na profundidade de 6 a 20 cm. Verificou-se ainda que a maior parte dos pontos, até a profundidade de 4 cm, apresentou resistência muito fraca (1 a 3 impactos/dm) e que a partir de 40 cm houve uma tendência de reduzir a resistência do solo (gráfico 4, anexo 1).

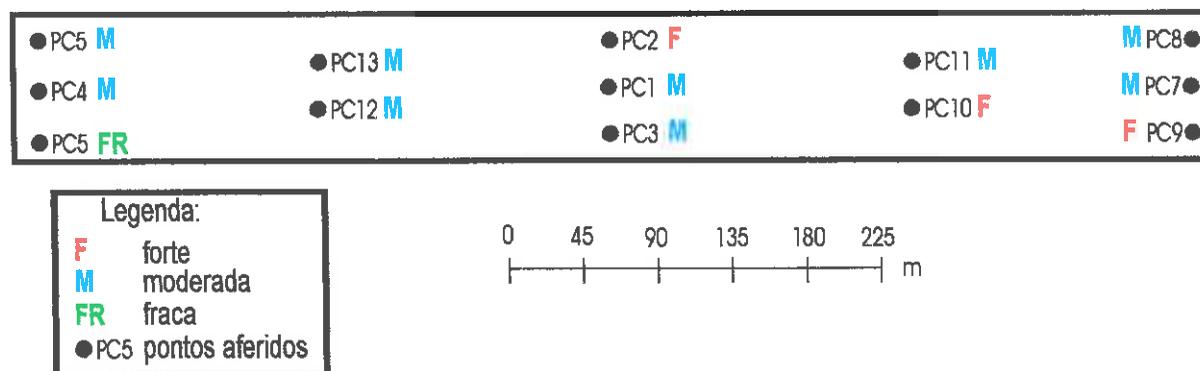


FIGURA 32 – Resistência do solo à penetração em área de Plantio Convencional – linha/com roda colheitadeira

Estes resultados, com a maior parte dos pontos da situação linha/com roda da colheitadeira apresentando resistência moderada (5 a 10 impactos/dm), acusam um comportamento diferente da situação anterior em que, a maioria dos pontos aferidos, apresentou uma resistência forte à penetração (10 a 20 impactos/dm). Apesar de haver uma expectativa de que os valores nesta situação fossem ligeiramente maiores, devido ao peso da colheitadeira, tais resultados

podem ser um indício de que o solo já se apresentava compactado em cultivos dos anos imediatamente anteriores a 2000, sobretudo por não haver um controle do tráfego de maquinários na parcela agrícola.

As profundidades de 10 a 20 cm coincidiram, em ambas as situações analisadas para a linha da cultura, como aquelas em se obtiveram as maiores resistências do solo à penetração.

- Situação C - *Entrelinha/sem roda da colheitadeira*

Os pontos PC1, PC2, PC4, PC5, PC7, PC12 e PC13 apresentaram resistência forte à penetração (10 a 20 impactos/dm), sendo os maiores valores obtidos nas profundidades de 4 a 34 cm.

Os pontos PC3, PC6, PC8, PC9, PC10 e PC11 apresentaram resistência moderada à penetração (5 a 10 impactos/dm) e os maiores valores desta classe concentraram-se de 8 a 44 cm.

Nesta situação a maior parte dos pontos apresentou uma tendência de resistência forte à penetração (10 a 20 impactos/dm), como pode ser visto na figura 33 e as profundidades de 8 a 34 cm, foram aquelas em que estes resultados foram mais significativos. Observou-se, que até 6 cm, a maior parte dos pontos, apresentou resistência muito fraca (1 a 3 impactos/dm), voltando a baixar novamente os valores a partir de 36 cm de profundidade (gráfico 5, anexo 1).

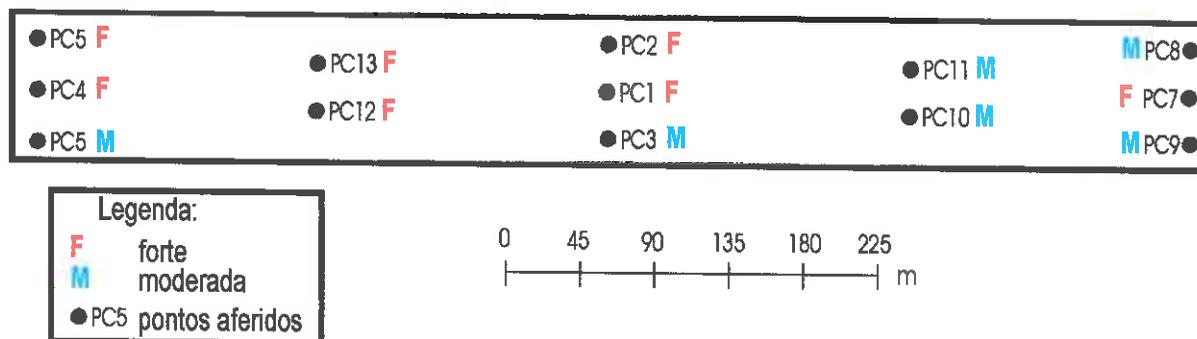


FIGURA 33 – Resistência do solo à penetração em Plantio Convencional – entrelinha/sem roda colheitadeira.

• Situação D - *Entrelinha/com roda colheitadeira*

Os pontos PC2, PC3, PC6, PC9, PC10, PC11 e PC12 apresentaram resistência forte (10 a 20 impactos/dm), sendo que os valores mais elevados concentraram nas profundidades de 4 a 28 cm.

Os pontos PC4, PC5, PC7, PC8 e PC13 apresentaram resistência moderada (5 a 10 impactos/dm) estando as maiores resistências à penetração nas profundidades de 4 a 44 cm.

O ponto PC1 apresentou resistência fraca (3 a 8 impactos) e a maior resistência foi obtida entre 14 a 30 cm.

A resistência do solo à penetração na situação entrelinha/com roda da colheitadeira, como pode ser visualizado na figura 34, apresentou uma tendência de se inserir na classe de resistência forte (10 a 20 impactos/dm), estando os maiores valores concentrados nas profundidades de 4 a 30 cm. Observou-se que para a maior parte dos pontos, até 2 cm, a resistência foi muito fraca e que somente a partir de 32 cm os valores voltaram a baixar (gráfico 6, anexo 1).

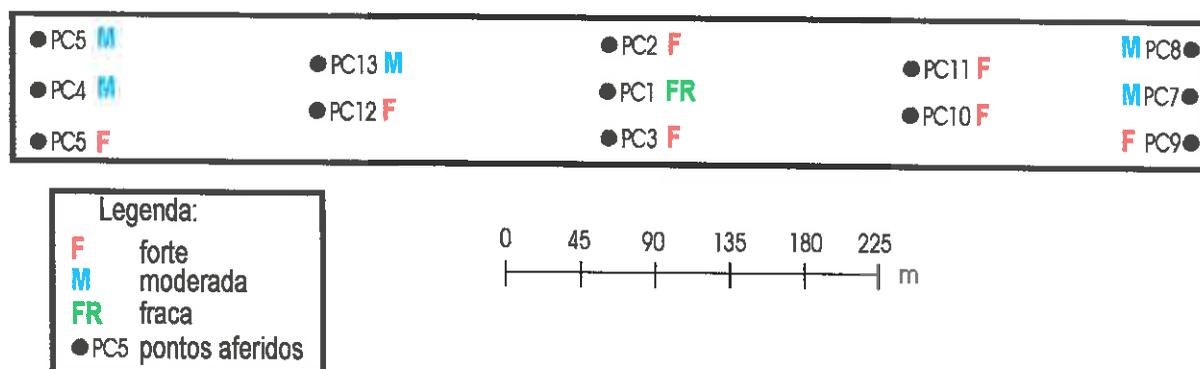


FIGURA 34 – Resistência do solo à penetração em Plantio Convencional – entrelinha/com roda da colheitadeira.

Nota-se que para as duas situações das entrelinhas, a maior parte dos pontos apresentou resistência forte à penetração (10 a 20 impactos/dm), não havendo diferenças entre a situação sem e com roda da colheitadeira.

Em alguns pontos parece ter havido uma ligeira influência do peso da colheitadeira, como no PC3, PC6, PC9, PC10 e PC11, os quais haviam apresentado resistência moderada na entrelinha/sem roda, passando a resistência forte na entrelinha/com roda. No entanto, em outros pontos essa diferença não pôde ser percebida, como é o caso do PC2 e PC12 que

apresentaram resistência forte em ambas situações analisadas para entrelinhas e dos pontos PC1, PC4, PC5, PC7 e PC13 que apresentaram resistência forte na entrelinha/sem roda e passaram a resistência moderada na entrelinha/com roda.

As profundidades de 6 a 30 cm coincidiram para as duas situações da entrelinha, com e sem roda da colheitadeira, como aquelas de maior resistência.

Ao comparar no plantio convencional, linhas e entrelinhas da cultura, nota-se que nesta última, a resistência do solo foi ligeiramente maior, pois em ambas situações analisadas, com e sem/roda da colheitadeira, boa parte dos pontos apresentou resistência forte.

Como neste sistema de manejo a preparação do solo com a movimentação da camada arável se estende para toda a parcela agrícola, não havendo distinção entre linha e entrelinha da cultura, tais resultados podem ser um indicativo da ação dos maquinários nas entrelinhas durante a fase de plantio. Além disso, nas linhas da cultura o sistema radicular das plantas pode estar colaborando no sentido de melhorar a estruturação do solo, o que resultou numa ligeira diminuição na resistência do solo.

Ao analisar todos os resultados obtidos para a parcela agrícola com plantio convencional, percebe-se, que houve uma tendência do solo, em boa parte das situações avaliadas, apresentar resistência forte à penetração (10 a 20 impactos/dm), constituindo exceção a situação linha/com roda da colheitadeira, cuja resistência foi considerada moderada (5 a 10 impactos/dm).

Verificou-se também que nenhum ponto apresentou resistência muito fraca (1 a 3 impactos/dm) e que poucos pontos tiveram resistência fraca (3 a 8 impactos/dm), com exceção daqueles avaliados na situação linha/sem roda da colheitadeira, em que pelo menos quatro pontos se inseriram nesta classe.

As profundidades que apresentaram maior resistência variaram tanto entre as situações como entre os pontos aferidos, mas, de um modo geral, os maiores valores concentraram, sobretudo entre 4 e 40 cm.

O único ponto que apresentou a mesma tendência que todas as situações avaliadas no plantio convencional, ou seja, linha com e sem roda da colheitadeira e entrelinha com e sem roda da colheitadeira foi o PC12. Por isso, o mesmo foi escolhido para instalação da trincheira, visando um estudo mais aprofundado dos efeitos deste tipo de manejo no solo.

SISTEMA PLANTIO DIRETO

- Situação A - *Linha/sem roda colheitadeira*

O ponto PD8 apresentou resistência forte à penetração (10 a 20 impactos/dm) e os maiores valores foram registrados de 10 a 26 cm de profundidade.

Os pontos PD1 e PD2 apresentaram resistência moderada à penetração (5 a 10 impactos/dm) e as profundidades de 10 a 32 cm foram aquelas em que concentraram os maiores valores.

Os pontos PD3, PD4, PD5, PD6 e PD7 apresentaram resistência fraca à penetração (3 a 8 impactos/dm), sendo as maiores resistências observadas para esta classe, entre 10 a 28 cm.

De um modo geral, os pontos aferidos na situação linha/sem roda colheitadeira apresentaram oscilações quanto à resistência, mas como pode ser visto na figura 35, houve tendência à classe de resistência fraca à penetração (3 a 8 impactos/dm). As profundidades em que foram registradas as maiores resistências estão entre 10 e 28 cm.

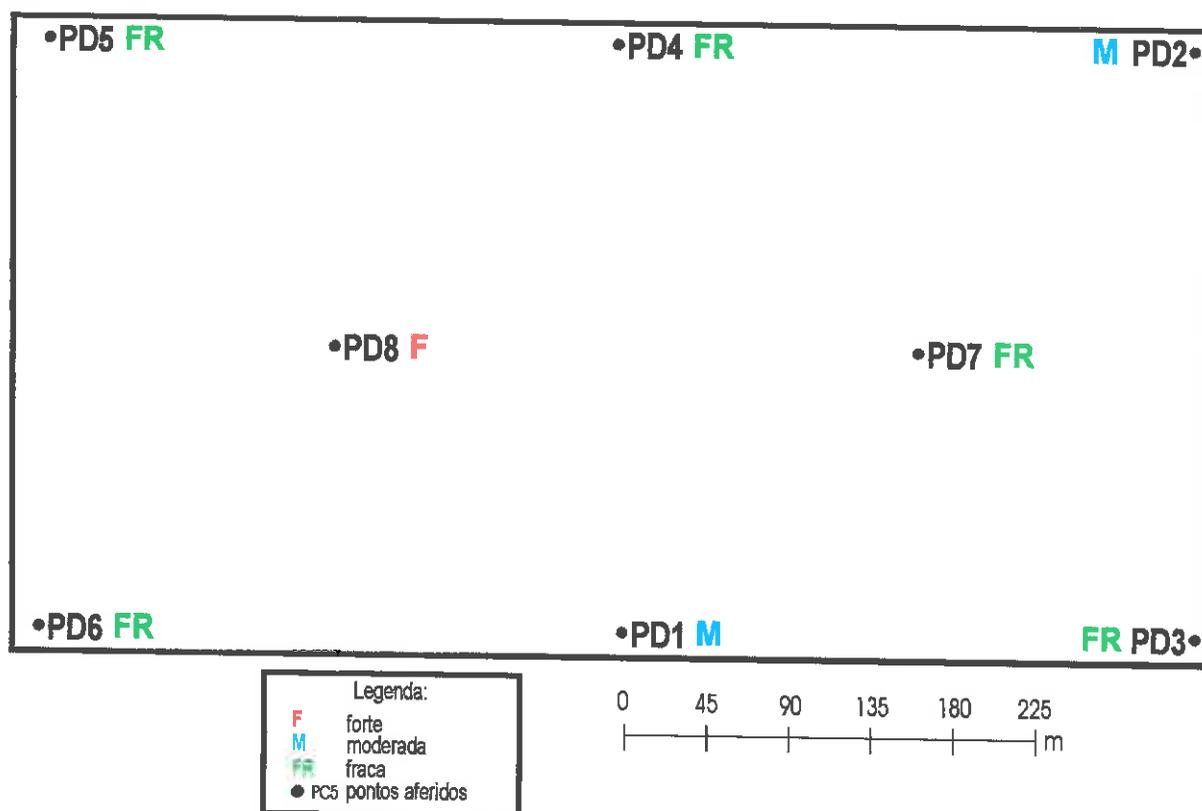


FIGURA 35 – Resistência do solo à penetração em Plantio Direto – linha/sem roda da colheitadeira.

Observou-se ainda que na maioria dos pontos a resistência foi muito baixa até 8 cm, voltando a reduzir os valores a partir de 30 cm (gráfico 7, anexo 1).

- Situação B - *Linha/com roda colheitadeira*

O pontos PD2, PD4, PD5, PD7 e PD8 apresentaram resistência moderada (5 a 10 impactos/dm) e os maiores valores foram obtidos entre as profundidades de 8 a 40 cm.

Os pontos PD1, PD3 e PD6 apresentaram resistência fraca (3 a 8 impactos/dm) e maiores resistências variaram entre 24 e 38 cm.

Como pode ser visto na figura 36, esta situação apresentou tendência moderada (5 a 10 impactos/dm) de resistência do solo à penetração. Os maiores valores encontram-se sobretudo entre as profundidades de 24 a 38 cm.

Verificou-se também que a maior parte dos pontos teve resistência muito baixa (1 a 3 impactos/dm) até 6 cm e que a partir de 44 cm houve uma tendência de redução dos valores de resistência à penetração (gráfico 8, anexo 1).

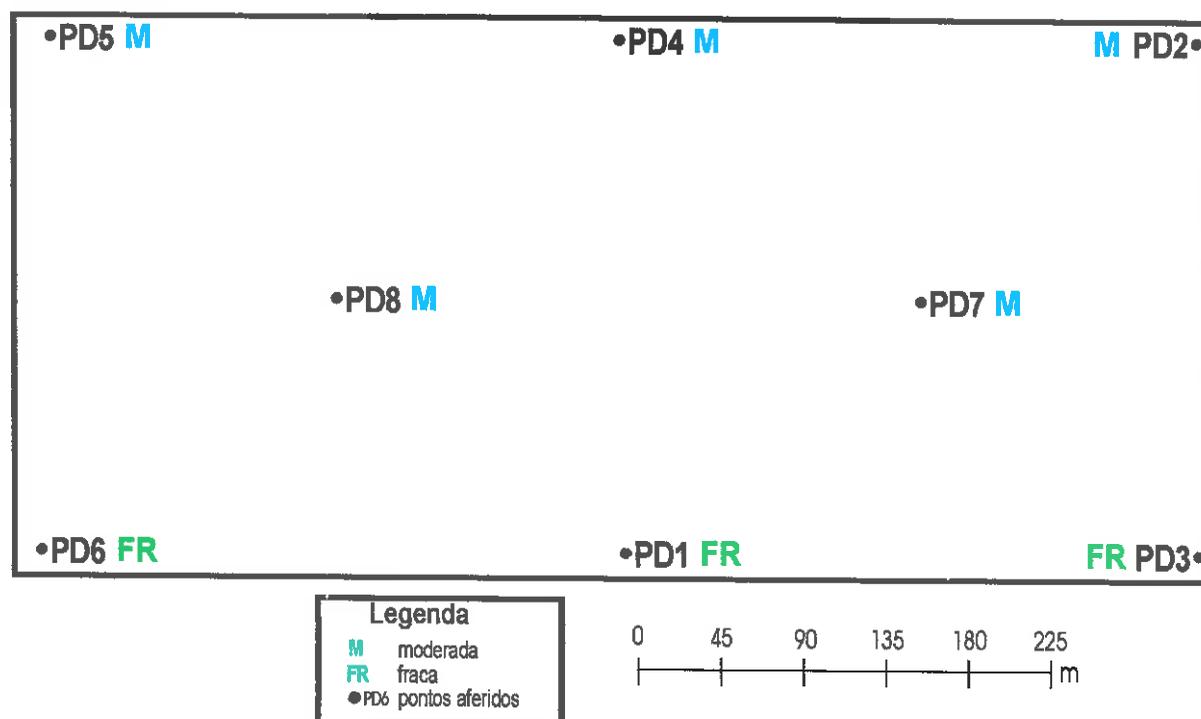


FIGURA 36 – Resistência do solo à penetração em Plantio Direto – linha/com roda colheitadeira.

Na situação linha/sem roda colheitadeira, um dos pontos (PD8) teve resistência forte à penetração (10 a 20 impactos/dm), nas profundidades de 16 a 26 cm. Todavia, comparando as duas situações para a linha da cultura, observa-se, que a maior resistência apresentada pelo ponto PD8 na linha/sem roda da colheitadeira não é comum no sistema plantio direto. Esta foi a única ocorrência de resistência nesta classe, sendo que nos demais pontos, para ambas situações da linha da cultura, os valores concentraram-se abaixo de 10 impactos/dm.

Assim, se esta maior resistência for estatisticamente desconsiderada, a situação linha/sem roda apresentou resistência ligeiramente menor que a linha/com roda da colheitadeira, uma vez que na primeira, a tendência foi da maior parte dos pontos se inserir na classe fraca (3 a 8 impactos/dm), enquanto na segunda foi moderada (5 a 10 impactos/dm).

As profundidades de 24 a 28 cm coincidiram como aquelas em que concentraram as maiores resistências para as duas situações da linha da cultura.

- Situação C - *Entrelinha/sem roda colheitadeira*

Os pontos PD4, PD5, PD6, PD7 e PD8 apresentaram resistência moderada (5 a 10 impactos/dm), sendo os maiores valores desta classe obtidos nas profundidades de 6 a 34 cm.

Os pontos PD1, PD2, PD3 apresentaram resistência fraca (3 a 8 impactos/dm) e os valores mais elevados foram observados nas profundidades de 6 a 32 cm.

Nesta situação, nenhum ponto apresentou resistência forte e muito fraca, havendo uma tendência do solo apresentar resistência moderada à penetração, como pode ser visto na figura 37. As profundidades com maior resistência encontra-se 6 a 32 cm.

Outra observação que pode ser feita em relação a esta situação é que até 4 cm as resistências foram muito baixas (1 a 3 impactos/dm) e que houve um decréscimo de resistência a partir de 34 cm (gráfico 9, anexo 1).

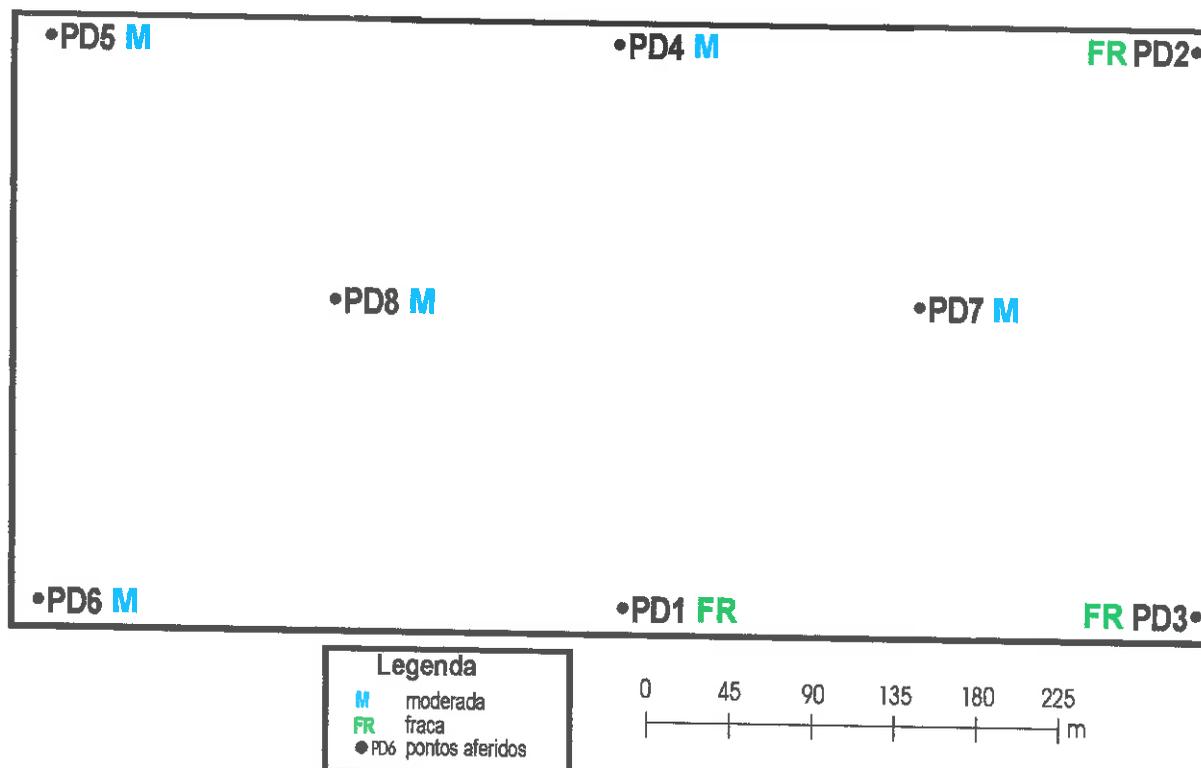


FIGURA 37 – Resistência do solo à penetração em Plantio Direto – entrelinha/sem roda da colheitadeira

- Situação D - *Entrelinha/com roda colheitadeira*

Os pontos PD1, PD4 e PD7 apresentaram resistência moderada (5 a 10 impactos/dm), sendo as maiores resistências registradas nas profundidades de 10 a 42 cm.

Os pontos PD2, PD3, PD5, PD6 e PD8 apresentaram resistência fraca (3 a 8 impactos/dm). As maiores resistências foram observadas nas profundidades de 6 a 46 cm.

De um modo geral, a situação entrelinha/com roda da colheitadeira apresentou resistência do solo fraca (3 a 8 impactos/dm) (figura 38), com a concentração dos maiores valores para esta situação entre as profundidades de 10 e 42 cm (gráfico 10, anexo 1).

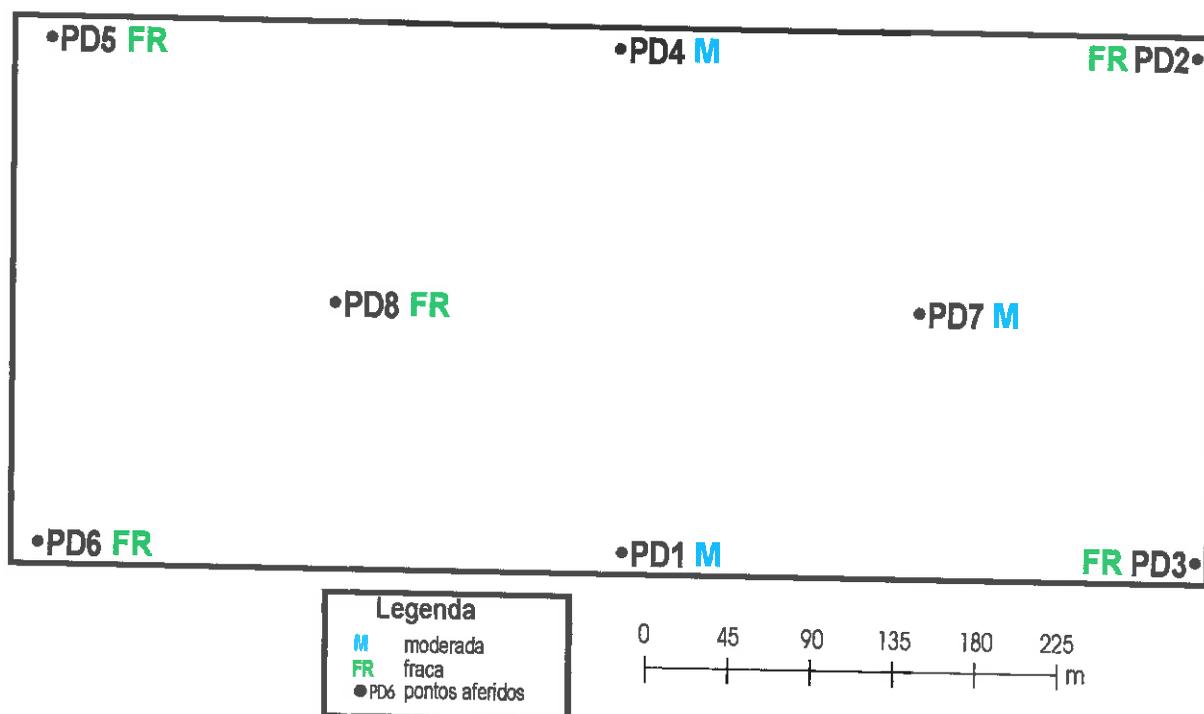


FIGURA 38 – Resistência do solo à penetração em Plantio Direto – entrelinha/com roda da colheitadeira.

Na situação entrelinha/sem roda colheitadeira houve uma tendência de maior resistência em relação à entrelinha/com roda colheitadeira, uma vez que na primeira a maior parte dos pontos aferidos apresentou resistência moderada (5 a 10 impactos/dm) e a segunda fraca (3 a 8 impactos/dm).

Para as entrelinhas, no sistema plantio direto, o peso da colheitadeira não apresentou influência, pois além da tendência ser contrária ao que se esperava, apenas um ponto (PD1) passou de resistência fraca na entrelinha/sem roda colheitadeira para resistência moderada na entrelinha/com roda da colheitadeira.

As profundidades de 10 a 32 cm coincidiram como aquelas em que concentraram as maiores resistências para as situações analisadas para as entrelinhas da cultura.

Ao comparar as situações linha e entrelinha da cultura, observa-se que para a primeira, o peso da colheitadeira exerceu influência, pois na linha/sem roda da colheitadeira a maior parte dos pontos apresentou resistência fraca à penetração, enquanto que na linha/sem roda a resistência foi ligeiramente maior, com tendência a moderada. Já para a segunda esta mesma relação não foi

observada, uma vez que a entrelinha/sem roda da colheitadeira apresentou maior resistência.

Apesar do sistema plantio direto efetuar pouco revolvimento do solo, limitando-se à linha da cultura para efeito de depósito do adubo e das sementes, a explicação para a maior resistência do solo à penetração na entrelinha/sem roda da colheitadeira, pode estar no tráfego não controlado de maquinários nas safras anteriores. Mas o comportamento do solo frente ao processo de compactação somente poderá ser comprovado mediante a análise do arranjo estrutural e dos resultados obtidos através das análises laboratoriais.

De um modo geral, o sistema plantio direto apresentou resistências à penetração que variaram entre moderada (5 a 10 impactos/dm) a fraca (3 a 8 impactos/dm). Os valores mais elevados concentraram entre 10 e 38 cm.

No sistema plantio direto não houve nenhum ponto com as mesmas tendências que aquelas apresentadas pelas quatro situações avaliadas para a cultura, ou seja, linha com e sem roda da colheitadeira e entrelinha com e sem roda da colheitadeira. Entretanto, nos pontos PD4, PD5, PD6, PD7 e PD8 a resistência do solo à penetração coincidiu com a tendência do plantio direto pelo menos em três, das quatro situações avaliadas.

Dentre estes, instalou-se a trincheira no ponto PD4, visando fazer a análise do perfil cultural e coletar amostras para entender a influência do sistema plantio direto na estrutura do solo.

Para finalizar a análise relativa aos ensaios com penetrômetro de impacto, é importante observar que os resultados obtidos nos sistema plantio direto com resistência do solo variando entre fraca e moderada indicam um comportamento semelhante, ou até mesmo, ligeiramente melhor do que aqueles observados na área de vegetação natural de Cerrado, cuja tendência de resistência à penetração foi moderada. No entanto, ao comparar esta forma de manejo com o plantio convencional, verifica-se um comportamento distinto entre ambos, uma vez que neste último predominou a resistência forte à penetração.

A resistência dominante no plantio convencional, foi verificada no sistema plantio direto apenas para o ponto PD8, situação linha/sem roda da colheitadeira. Conforme foi dito anteriormente, este comportamento é atípico no sistema plantio

direto, uma vez que os valores de resistência concentraram-se abaixo de 10 impactos/dm em todos os demais pontos e situações aferidas.

Quanto à influência da colheitadeira no solo, os resultados não indicaram haver uma significativa correlação entre este quesito e a resistência à penetração, tanto para o plantio convencional como para o direto, afinal, nem sempre as menores resistências foram obtidas nas situações em que não houve a passagem deste maquinário. Como nas parcelas agrícolas não é realizado o controle do tráfego de maquinários, somado ao fato de que a cada safra, modifica-se o arranjo espacial das linhas e entrelinhas, acredita-se que a compactação do solo tenha ocorrido em períodos anteriores, não refletindo a passagem da colheitadeira. Todavia, esta questão pode ser melhor esclarecida mediante a investigação mais detalhada do arranjo estrutural do solo, a seguir.

6.6 – Estudo morfológico dos perfis selecionados

O solo é um dos importantes elementos da estrutura superficial da paisagem. Como forma de compreender as alterações provocadas pelo uso agrícola em suas características físicas, propôs-se fazer o estudo detalhado do mesmo, em campo e em laboratório. Este estudo foi realizado tanto a nível da macro como da micromorfologia do solo. O intercruzamento dos resultados forneceu subsídios para entender o comportamento do mesmo nos perfis descritos e coletados, nas três trincheiras correspondentes.

A descrição dos perfis de solo, em campo, refere-se ao Cerrado (CE), Plantio Convencional (PC) e Plantio Direto (PD), conforme apresentada a seguir.

CERRADO (CE)

O estudo do perfil da área de vegetação natural de Cerrado (figuras 39 e 40) revelou tratar-se de um solo muito profundo, com elevados teores de argila, não sendo observado na textura de campo nenhum aspecto que registrasse incremento de argila com a profundidade. De um modo geral, o solo apresenta características típicas dos Latossolos, com boa estruturação, muita porosidade visível a olho nú, baixa compactidade e coesão, alta friabilidade e intensa atividade

FIGURA 39 - Perfil CE (vegetação natural de cerrado)

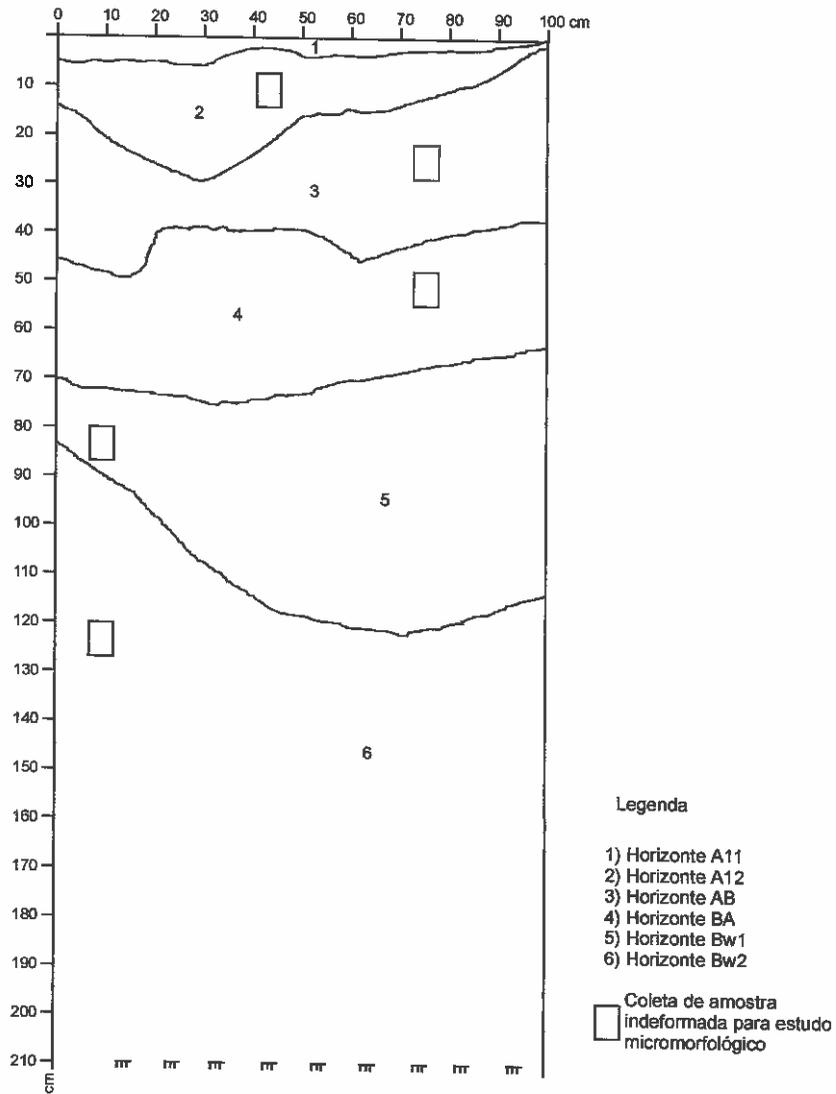


FIGURA 40 - Foto mostrando a parte superior do perfil da área de Cerrado.

biológica. As raízes são pivotantes e fasciculadas e se desenvolvem bem até o horizonte AB (16 a 40 cm).

A cor do solo em matiz 5YR, identificada no espesso horizonte de tipo Bw, indica tratar-se do Latossolo Vermelho-Amarelo, estando de acordo com as pesquisas realizadas na área, dentre as quais aquelas de autoria da EMBRAPA (1982); FELTRAN FILHO (1996); FRASCOLI (1998), NEUFELDT (1998), LILIENFEIN *et al.* (1999). Os horizontes superficiais apresentaram cores mais amareladas no matiz 7,5 YR, porém ao longo do perfil não foi observada nenhuma característica que evidenciasse problemas de drenagem no solo. NEUFELDT (1998) observa que esta mudança de cor reflete o desenvolvimento do solo, com a profundidade e, em especial, a presença de Fe, cujo conteúdo é elevado nos solos argilosos da chapada do município de Uberlândia. As tonalidades ligeiramente mais escuras nos subhorizontes superficiais, indicadas por valor e croma menores (descrição morfológica, anexo 2), podem ser atribuídas à presença da matéria orgânica.

Analisando separadamente os horizontes, observou-se na superfície, cobrindo o subhorizonte A11, uma fina camada com partículas e agregados soltos, bem como, a presença de restos orgânicos e muitas raízes. Na seqüência, identificou-se as características típicas do referido subhorizonte (de 0–2/6 cm), dentre as quais estrutura em blocos subarredondados, variando entre pequenos e médios, elevada porosidade e a presença de muitas raízes.

Sobre as estruturas arredondadas, KIEHL (1979), dentre outros, aponta que as mesmas são típicas de horizontes superficiais, ricos em matéria orgânica. Para a área de Cerrado, apesar do horizonte com este tipo de estrutura não ser espesso, o mesmo revela o efeito positivo do material orgânico na estruturação do solo.

Observou-se também que embora o solo tenha apresentado consistência ligeiramente dura e firme, a porosidade visível a olho nú era elevada, sendo resultante da ação das raízes, da atividade da microfauna e/ou do próprio arranjo estrutural do solo.

Entre 2/6 a 16/30 cm, no subhorizonte A12, o solo passa a apresentar estrutura em blocos angulosos, médios e pequenos. Esta característica indica uma ligeira alteração no solo, confrontando com os resultados obtidos através dos

ensaios com penetrômetro de impacto, os quais acusaram maior resistência, sobretudo a partir de 14 cm.

Todavia, apesar desta ligeira mudança no comportamento do solo, observou-se a presença de muitos poros de tamanhos variados e visíveis a olho nú e de muitas raízes pivotantes e fasciculadas neste subhorizonte, o que indica não ter havido o comprometimento da porosidade do solo e do desenvolvimento radicular.

A micromorfologia do solo confirma as observações de campo referente a este subhorizonte, revelando a grande incidência de blocos irregulares e angulosos, de diâmetros reduzidos, se comparados ao horizonte subsequente, sendo estes formados pela junção dos microagregados (assembléia porfirica-enáulica). Observou-se, ainda, que a porosidade é elevada e intercomunicante, embora os poros sejam ligeiramente estreitos (descrição micromorfológica, anexo 3).

Quanto ao arranjo estrutural, segundo RESENDE *et al* (1997), entre outros, nos Latossolos, apenas no horizonte B, a estrutura tende a ser verdadeiramente granular, sendo que no horizonte A, é mais parecida com blocos devido à expansão e contração do solo.

Para solos muito argilosos como os Latossolos, EUA (1967) e MONIZ (1980), ambos citados por RESENDE *et al* (1997), afirmam que os ciclos alternados de umedecimento e secagem promovem a contração e expansão do solo. Quando este processo ocorre em um ambiente capaz de manter o teor de umidade, ocorre, segundo estes autores, a deformação plástica dos agregados, passando da estrutura granular para aquela em blocos.

Assim, pode-se dizer que esta mudança de estrutura seria inerente ao comportamento do solo argiloso, estando relacionado ao adensamento natural e não devido à ação de forças compactantes. Estas alterações, segundo as observações de campo, foram mais significativas no horizonte A, uma vez que o mesmo está exposto a maior intensidade das ações climáticas. No subhorizonte A11, provavelmente este efeito tenha sido atenuado pelo papel agregante da matéria orgânica.

Nota-se, ainda, que ao passar para a transição entre os horizontes A e B, sobretudo a partir dos 39/50 cm de profundidade, o solo começa a apresentar

mudanças gradativas quanto às características de dureza e friabilidade, bem como, do próprio arranjo estrutural.

As observações micromorfológicas mostraram que no horizonte AB a estrutura em blocos, típica dos horizontes superficiais dos Latossolos argilosos e decorrente da junção dos microagregados, ainda apresenta-se bastante desenvolvida (assembléia porfírica-enáulica), sendo semelhante àquela apresentada pelo horizonte A12, porém com blocos maiores (figura 41). Já no horizonte BA, há blocos subangulares ao lado de zonas com microagregados arredondados (assembléia enáulica-porfírica), sendo portanto uma transição entre os dois tipos de estrutura.

Em ambos os casos, a porosidade é intergranular, contínua e fortemente comunicante, apesar dos poros, no horizonte AB, geralmente, serem mais estreitos, se comparados ao BA. Aliás, o horizonte AB foi também o que apresentou menor volume de poros, com aproximadamente 45%, em relação aos demais horizontes do perfil CE, cuja porosidade variou entre 50 a 53% (descrição, anexo 3).

À medida que vão sendo atingidas maiores profundidades, sobretudo a partir de 72/85 cm, as características observadas são típicas do horizonte B latossólico ou Bw, com estrutura subangular moderada que se desfaz em granular, pequena e forte, bem como, apresentando consistência macia e friável.

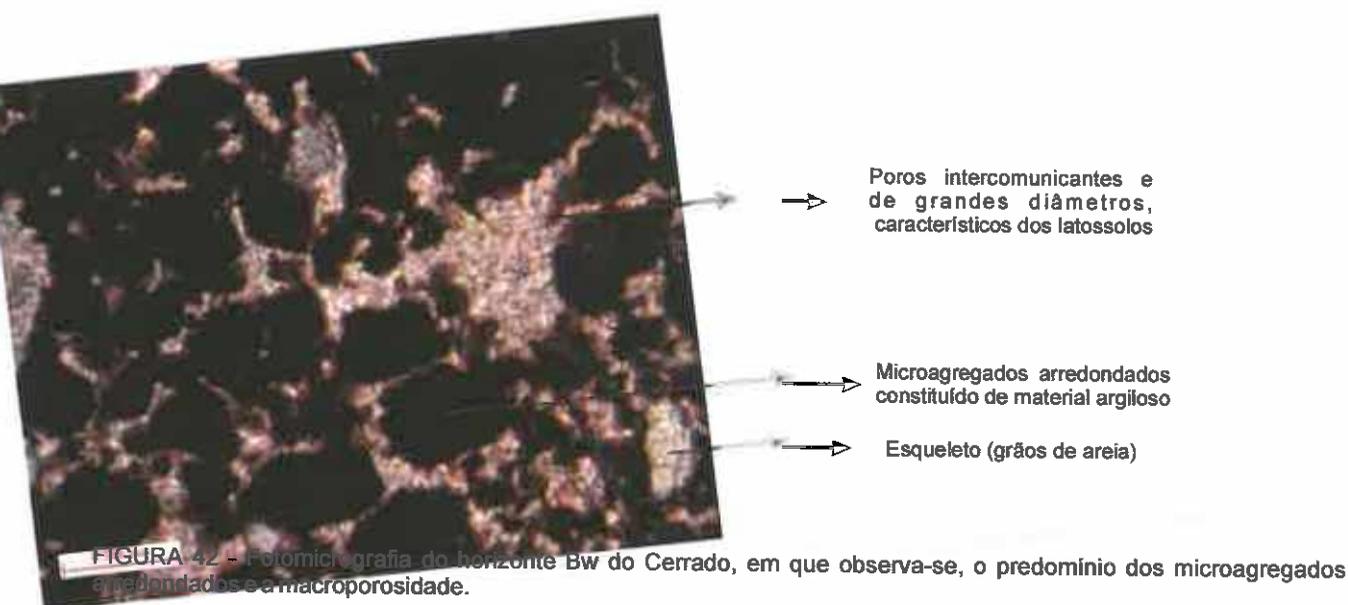
A micromorfologia revela que, o empilhamento dos microagregados arredondados, típicos dos Latossolos, origina macroporos intercomunicantes. Nota-se ainda a presença de muitos canais, originários da atividade biológica (figura 42).



Poros intercomunicantes indicando que apesar do arranjo diferenciado dos microagregados, a porosidade não foi comprometida

Material argiloso em blocos subangulares, típicos dos horizontes superficiais dos latossolos

FIGURA 41. Fotomicrografia da área de Cerrado (horiz. AB), mostrando que a estrutura é diferenciada daquela presente nos horizontes mais profundos, no entanto com excelente porosidade.



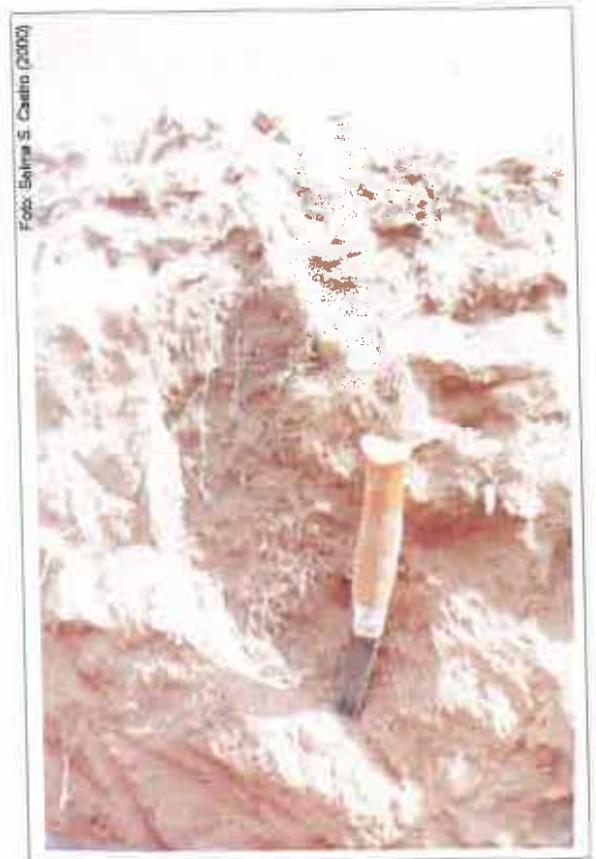
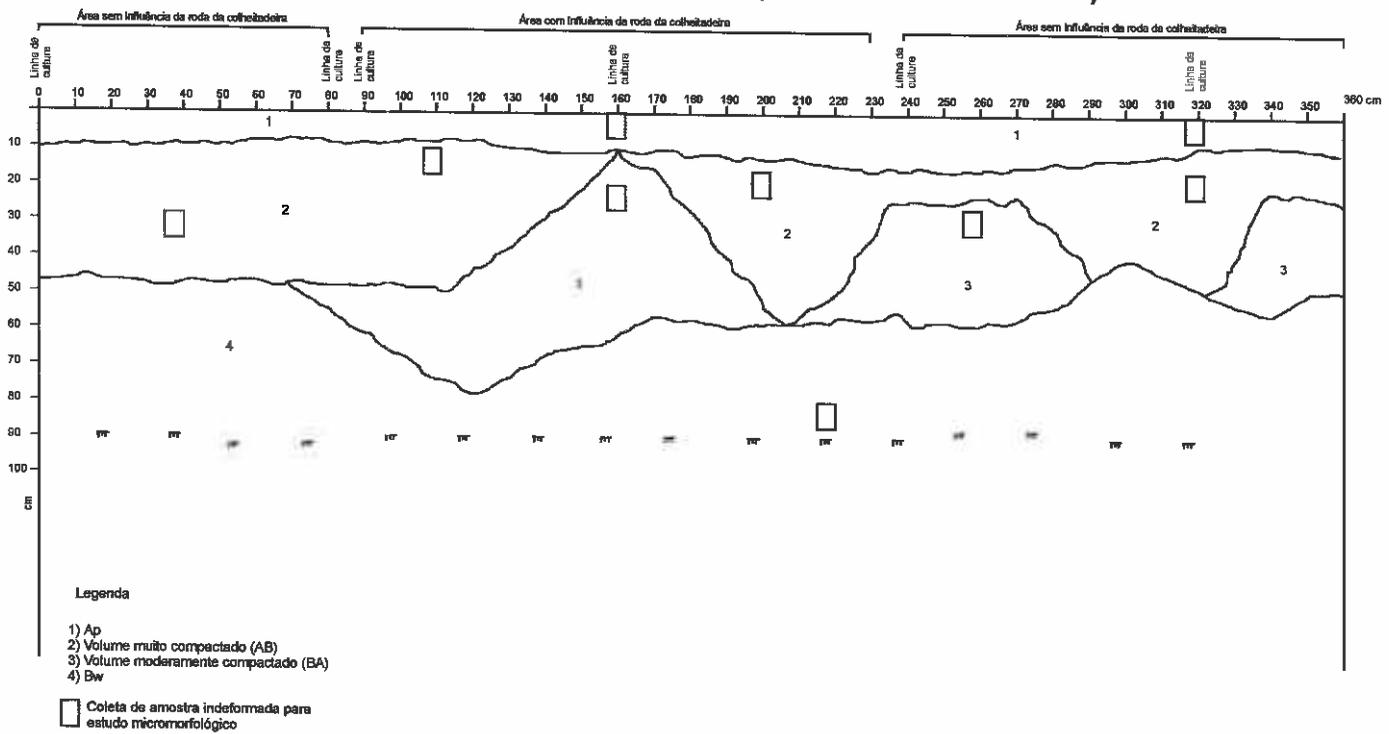
Plantio Convencional (PC)

Ao observar o perfil da área de plantio convencional da soja (com rotação anual de milho) (figuras 43, 44 e 45), percebe-se que seu comportamento é diferenciado daquele da área de vegetação natural de Cerrado, o que poderá ser comprovado através da análise de cada volume descrito.

Na superfície, o volume 1, correspondente ao Ap, é contínuo com espessura variando entre 6 a 14 cm, o qual apresenta estrutura com fraco grau de desenvolvimento, em blocos subangulares, grandes a muito grandes, se desfazendo em granular simples. Os agregados apresentam consistência dura e firme e a porosidade é, sobretudo, interagregada fissural, características próprias de um volume alterado pelo uso agrícola. As raízes são fasciculadas finas e concentram-se no volume superficial, o que provavelmente ocorre em função da maior resistência encontrada no volume subsequente, compacto.

As características do solo, neste volume, puderam ser melhor observadas através da micromorfologia, em que se verificou o amontoamento de microagregados com ligeira deformação, mas que ainda mantém seu formato arredondado. Este arranjo confere ao solo boa porosidade, com intercomunicação entre os poros, o que pode explicar o bom desenvolvimento radicular, observado em campo, neste volume. Apesar da macromorfologia indicar a presença da porosidade interagregada fissural, verificou-se que os poros ainda são resultantes, sobretudo, do amontoamento dos microagregados, porém

FIGURA 43 - Perfil PC (Plantio Convencional)



FIGURAS 44 e 45 - Fotos do perfil de plantio convencional. Observar o desenvolvimento das raízes restrito à camada superficial

apresentando diâmetros estreitos, se comparados ao horizonte não alterado pelo manejo.

Para entender o comportamento deste volume superficial, bem como, daqueles compactados na subsuperfície e que serão descritos adiante, é preciso retomar o que foi discutido na revisão bibliográfica, sobre a reorganização das partículas primárias e agregados, em sistemas de manejo que preparam o solo. Como pôde ser verificado, esta reorganização do solo ocorre em duas fases distintas, com a destruição desejável dos agregados na etapa de preparo do solo, seguida, da compactação em etapa posterior, quando as partículas do solo pulverizadas são empurradas, umas contra as outras, devido ao tráfego de máquinas e veículos.

De forma resumida, no plantio convencional ocorre primeiramente o rompimento das ligações entre as partículas, a redução dos agregados e a alteração da porosidade, ocorrendo, posteriormente a compactação do solo devido a força exercida pelo peso dos maquinários agrícolas e o uso contínuo.

Portanto, o fraco grau de desenvolvimento da estrutura, a porosidade fissural e a consistência dura e firme, observadas em campo, para a camada superficial, em grande parte, são resultantes da pulverização do solo a cada plantio, seguidos da compactação gerada pelo tráfego dos maquinários e uso contínuo.

Na área de vegetação natural de Cerrado, já havia sido observada uma tendência do solo em apresentar um arranjo diferenciado nos horizontes superficiais, sendo exceção apenas o subhorizonte A11, em que foi observada uma boa estruturação do solo, provavelmente devido à presença da matéria orgânica, afinal esta tem um importante papel agregador. Como a literatura aponta o fato de que o revolvimento do solo pode acelerar a degradação da matéria orgânica, acredita-se, que no plantio convencional, este pode ser outro fator que esteja influenciando, de forma negativa, para a estruturação do solo. NEUFELDT (1998) observou, ao estudar a influência de alguns tipos de uso do solo sobre os latossolos argilosos da chapada, que no plantio convencional, com pouco mais de dez anos, os teores de matéria orgânica reduziram significativamente.

Na subsuperfície, a análise do perfil revelou que o processo de compactação manifestou-se no solo em diferentes graus de intensidade, originando dois volumes distintos quanto à compactação.

Um dos volumes (volume 2) (figura 43), com profundidade que varia entre 2/6-14/56 cm, apresenta compactação muito forte, devido às forças exercidas pelos maquinários nas etapas de preparo e tráfego posterior de veículos.

Este volume apresenta aspecto maciço, com estrutura fracamente desenvolvida, consistência ligeiramente dura a dura e se distribui no perfil descrevendo forma sinoidal, conforme a variação do grau de compactação. Em alguns pontos, o ápice da curva coincide com as linhas da cultura.

O rearranjo estrutural se expressa diretamente na porosidade, a qual é reduzida, em tamanho e quantidade, devido ao processo de compactação. Este processo influencia também no comportamento do sistema radicular, o qual desenvolve no volume compactado, apenas entre a profundidade aproximada de 10 e 15 cm, estando, em grande parte, concentrado na camada superficial.

As raízes fasciculadas, finas e, principalmente, reduzidas no referido volume são indicativos da maior resistência à penetração oferecida pelo solo, o que já havia sido acusado através dos ensaios com o penetrômetro de impacto, sobretudo entre a profundidade de 4 a 40 cm.

Mas as características do solo indicam que a redução da porosidade não atingiu níveis críticos, pois o mesmo apresenta boa infiltração, o que pode ser corroborado através da cor, que varia entre 7,5 YR 4/4 a 7,5 YR 4/6 para os horizontes mais superficiais, passando para 5YR no horizonte Bw, porém sem apresentar variações que indicam a presença de um ambiente redutor. Os matizes foram semelhantes àqueles observados na área de vegetação natural de Cerrado, apesar da cor amarelada ter atingido horizontes mais profundos, o que provavelmente se deve ao revolvimento sucessivo do solo.

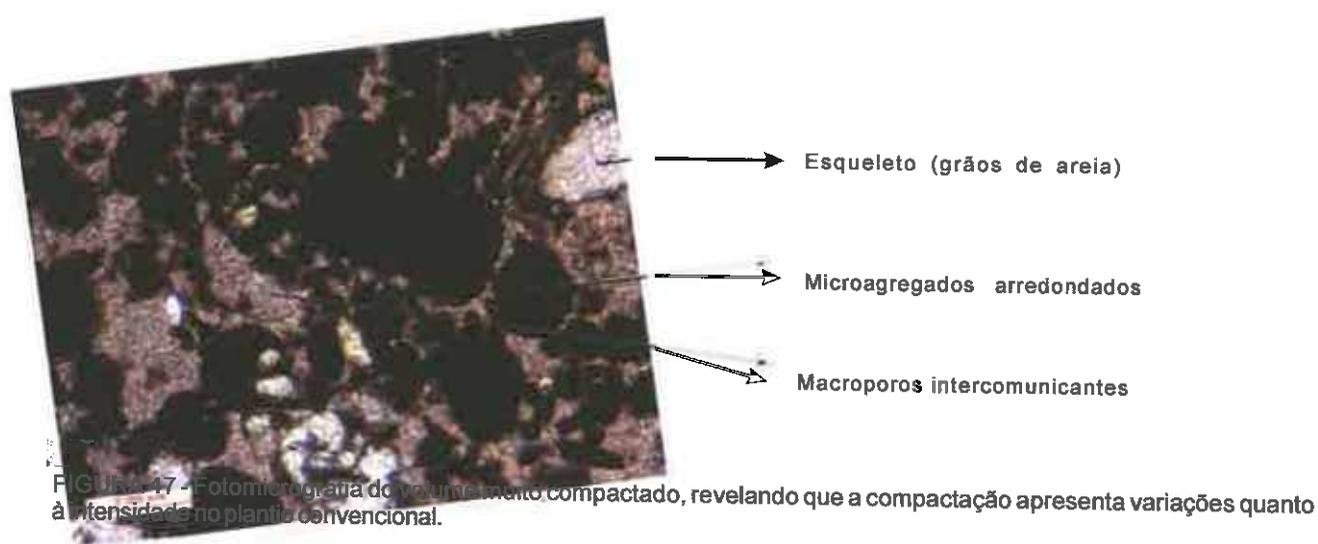
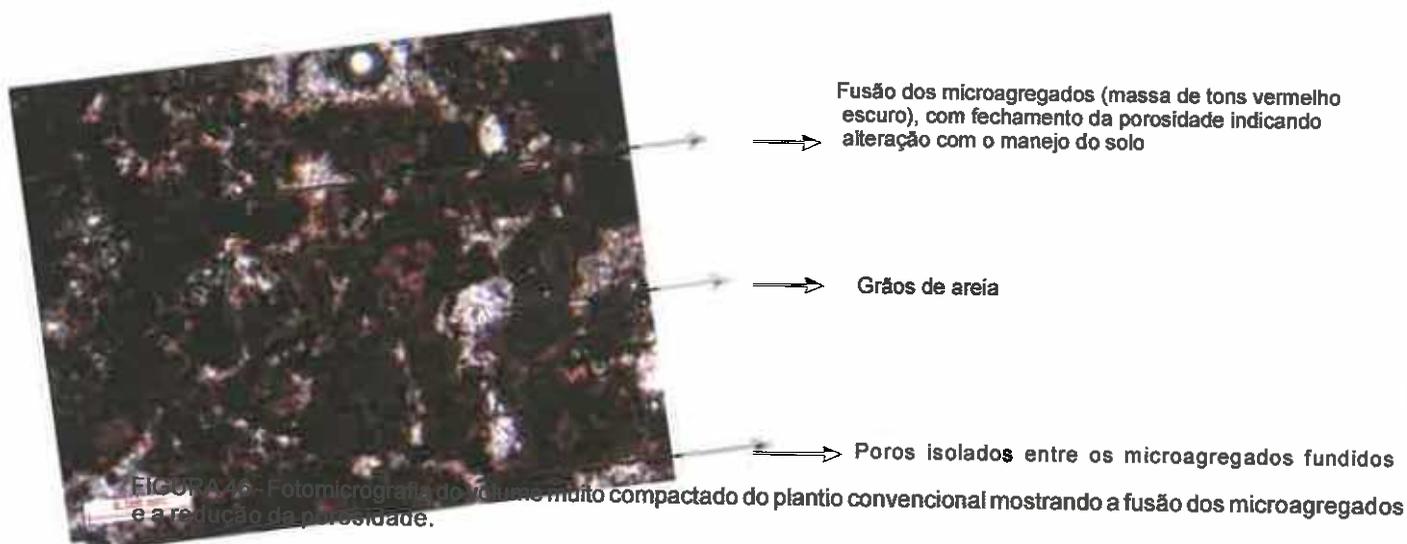
Através do perfil com plantio convencional (figura 43), é possível perceber que, apesar das intercalações entre volumes muito compactado e volume com moderada compactação, o primeiro distribui-se, quase que de forma contínua, entre a profundidade aproximada de 8 a 22 cm. Como no plantio convencional, o preparo é feito com aração e gradagem, acredita-se que esta compactação seja devido a passagem destes equipamentos em uma mesma profundidade,

constituindo o pé-de-arado ou pé-de-grade. Todavia, como foi dito este volume distribui-se em forma sinoidal indicando, que a influência do uso agrícola está atingindo maiores profundidades em algumas partes do perfil.

A micromorfologia confirma as descrições macromorfológicas, revelando que neste volume realmente houve redução notável da porosidade e maior deformação dos microagregados, os quais apresentam fusão parcial, havendo porém áreas em que os mesmos encontram-se totalmente fundidos.

No entanto, as observações micromorfológicas indicam que dentro do próprio volume muito compactado, há variações quanto à intensidade da compactação (figuras 46 e 47). Nas lâminas coletadas no referido volume, para as situações entrelinha sem roda da colheitadeira (lâmina PC VI, anexo 3) e entrelinha com roda da colheitadeira (lâmina PC IV, anexo 3), foi verificado, de modo geral, um efeito mais brando do processo de compactação, pois apesar de apresentar a fusão parcial dos microagregados, não indica ter havido comprometimento da porosidade (assembléia enáulica com zonas porfíricas e enáulica-porfírica, respectivamente). Os poros apresentam boa intercomunicação, porém se comparados ao horizonte não afetado pelo manejo, apresentam diâmetros mais estreitos, assim como, uma ligeira redução no volume (49 e 50 %, para as respectivas lâminas deste volume, contra 55 % do Bw). São resultantes, sobretudo, do empilhamento dos microagregados, com ocorrência secundária de fissuras e cavidades originárias da atividade biológica.

Enquanto isso, na linha sem roda da colheitadeira (lâmina PC V, anexo 3) e entrelinha com roda da colheitadeira (lâmina PC III, anexo 3), verificou-se um maior comprometimento da porosidade e alteração dos microagregados, sobretudo nesta última, em que há maior incidência da fusão total dos grânulos (assembléia porfírica-enáulica e porfírica, respectivamente). Nestas situações foram observadas, a dominância de microagregados deformados e fundidos parcialmente, porém com maior freqüência da fusão total dos mesmos. Os poros contínuos e comunicantes ocorrem em menor quantidade, havendo aumento dos poros isolados entre os microagregados fundidos, o que indica o fechamento mais significativo da porosidade nestas lâminas. Além disso, o diâmetro dos poros comunicantes são bastante estreitos e a porosidade apresentou uma redução significativa em ambas as lâminas, com 34 e 30 %, respectivamente.



Percebe-se, portanto, que mesmo no volume muito compactado, identificado no campo, a compactação é variável e não atingiu níveis críticos, pois em nenhuma lâmina foi observado a redução total dos poros, o que corrobora as descrições macromorfológicas, indicando haver boa infiltração do solo, em função da ausência de características típicas de ambiente redutor.

As intensidades quanto à compactação, no volume 2, parecem não estar relacionadas às situações linhas e entrelinhas da cultura, pois apesar da literatura consultada indicar maior compactação nas entrelinhas, devido à passagem de maquinários, observou-se que, neste caso, as entrelinhas, com e sem roda da colheitadeira (lâmina VI e IV) apresentaram menor alteração na porosidade e nos microagregados do que a linha sem roda da colheitadeira (lâmina V). Além disso,

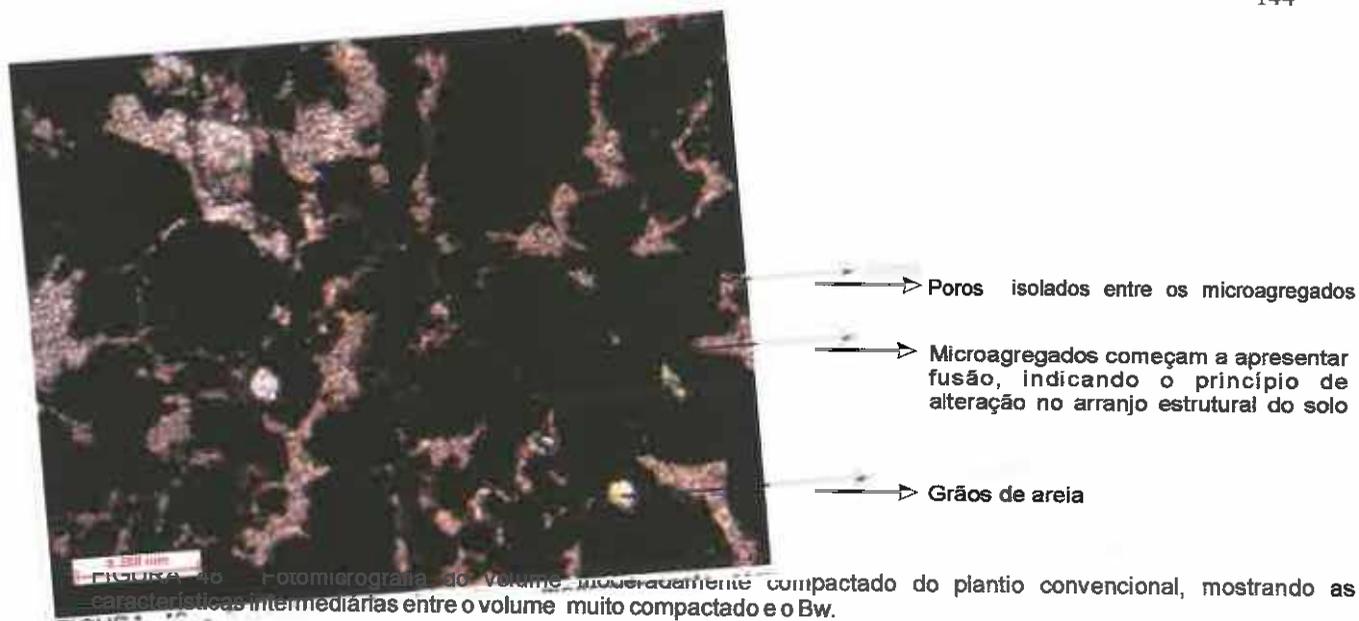
ao analisar outra lâmina na situação entrelinha com roda da colheitadeira (lâmina III), observa-se que o resultado foi contrário daquele da lâmina na mesma situação, descrita acima.

Comportamento semelhante foi observado quanto à passagem da colheitadeira, uma vez que a intensidade da compactação não manteve uma constância quanto a este quesito, o que já havia sido observado através dos resultados obtidos via ensaios de resistência do solo à penetração.

O outro volume de sub-superfície (volume 3) apresenta características intermediárias entre o volume compactado e o solo não afetado pelo manejo. O mesmo é descontínuo e distribui-se isoladamente em profundidades que variam entre 8 e 56/75 cm, conforme a influência do maior ou menor grau de compactação do solo. Sendo assim, em algumas partes do perfil, nota-se a passagem direta do volume compactado para o volume não afetado pelo manejo (volume 4 – Bw), não sendo manifestada a presença deste volume intermediário. Em outras partes do perfil, em que a compactação atingiu o solo de forma menos acentuada, este volume pode ser observado logo abaixo do volume superficial.

Através da análise deste volume intermediário, denominado de volume moderadamente compactado, observa-se, que a porosidade resultante da atividade biológica sofreu um ligeiro aumento, havendo ainda, se comparado ao volume 2 anterior, menor coesão e compacidade do solo em estado seco, bem como, uma maior friabilidade em estado úmido.

As observações micromorfológicas revelaram que este volume já apresenta sinais de compactação, com uma ligeira redução da porosidade e deformação dos microagregados. (figura 48). Todavia, de forma semelhante ao volume anterior, também apresenta variações quanto à intensidade da compactação, pois na linha com roda da colheitadeira (lâmina PC VIII, anexo 3) as alterações foram menores se comparadas à entrelinha sem roda da colheitadeira (lâmina PC VII, anexo 3). De modo geral, as diferenças entre as duas lâminas são basicamente relativas à mudança da porosidade e deformação dos microagregados, sendo que na primeira a redução da porosidade e a deformação dos microagregados foram menores, ao contrário da última, em que observa-se dominância da fusão parcial e o surgimento de poros não comunicantes.



Com profundidades variando sobretudo entre 45 e 75 cm e fazendo delimitações com os dois volumes anteriormente descritos, ora com um, ora com outro, tem-se um horizonte com características muito semelhantes às aquelas observadas no horizonte Bw da área de vegetação natural de Cerrado. Assim, o solo passa a ter estrutura granular pequena forte, elevada porosidade entre os microagregados ou de origem biológica, baixa coesão e compactidade, alta friabilidade e ligeira pegajosidade e plasticidade (descrição morfológica, anexo 2).

As observações micromorfológicas confirmam que o arranjo do solo é semelhante aquele apresentado pelo horizonte Bw2 do Cerrado, ou seja, observa-se a presença de macroporos intercomunicantes, típicos dos Latossolos, originados a partir do empilhamento dos microagregados, com ocorrência secundária de canais resultantes da atividade biológica.

Observa-se, portanto, que o solo neste perfil, apresenta uma morfologia distinta daquela observada na área de vegetação natural de Cerrado, sobretudo nos horizontes superficiais, em função do uso e manejo agrícola da cultura da soja (rotação com milho). Este fato pode ser constatado através da alteração no arranjo estrutural, porosidade do solo e da própria distribuição dos horizontes e do sistema radicular, voltando a apresentar características semelhantes ao solo do Cerrado, no horizonte Bw, onde já não há mais influência da atividade agrícola.

A morfologia deste perfil revela ainda que, de modo geral, a passagem exclusiva da colheitadeira não causou diferenças perceptíveis quanto à

compactação, uma vez que os volumes compactados atingem maiores profundidades também onde a colheitadeira não passou.

As observações da micromorfologia também revelaram que o comportamento do solo não está atrelado à passagem da colheitadeira e nem mesmo à situação linha e entrelinha, pois a intensidade da compactação não obedeceu a esta distribuição, apresentando comportamento distinto em lâminas diferenciadas, porém analisadas para a mesma situação da cultura.

Para finalizar, é preciso lembrar que neste sistema de manejo, o preparo ocorre alguns meses antes de efetuar o plantio, sobretudo em solos argilosos, uma vez que na presença de muita umidade, a consistência deste tipo de solo é um fator limitante à mecanização. Desse modo, com o preparo antecipado, o solo fica descoberto durante alguns meses e exposto à ação dos agentes erosivos, até que haja uma boa cobertura vegetal por parte da nova cultura implantada.

PLANTIO DIRETO

Analisando o perfil do sistema plantio direto da soja (com rotação anual de milho no verão e culturas de outono/inverno) (figura 49 e 50), observa-se que seu comportamento é um pouco diferenciado dos perfis das áreas de Cerrado e plantio convencional.

Na camada superficial, que varia entre 1 a 6 cm, portanto, com menor espessura que o plantio convencional, predomina a estrutura granular pequena a média, com grau fraco de desenvolvimento, seguida da estrutura subangular média, moderadamente desenvolvida, a qual se encontra dispersa neste volume. A consistência do solo é solta, tanto em estado seco quanto úmido. A porosidade, observada, em campo, a olho nú, é resultante do arranjo dos microagregados e da atividade biológica.

Este arranjo estrutural propicia um maior desenvolvimento das raízes na camada superficial, sendo este fator, resultante também, da maior resistência apresentada pelo volume abaixo, o qual apresenta sinais de compactação.

FIGURA 49 - Perfil PD (plântio direto)

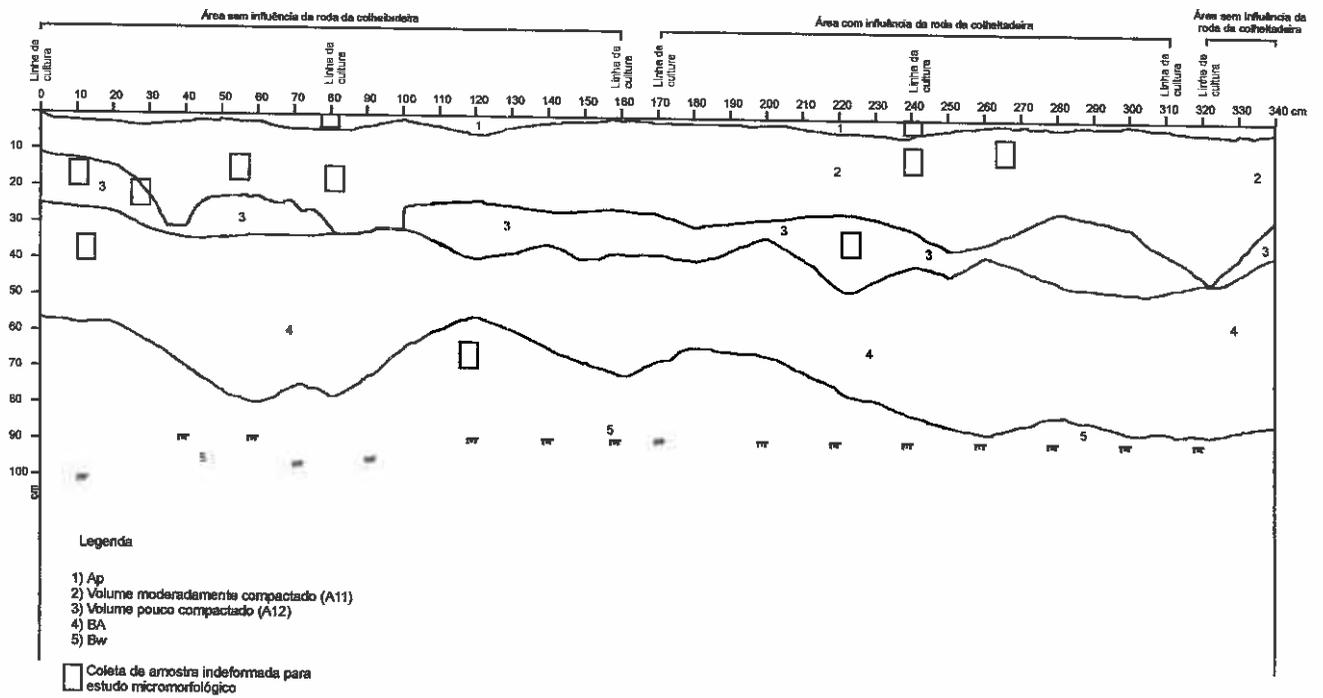


FIGURA 50 - Foto do perfil de plântio direto. Observar a disposição dos horizontes.

Como foi dito anteriormente, as estruturas arredondadas são típicas de horizontes com maior presença de matéria orgânica. Observa-se porém que, apesar da maior ocorrência deste tipo de estrutura, a mesma não se encontra bem desenvolvida, como na área de vegetação natural de Cerrado, demonstrando, ainda, uma tímida melhoria no arranjo estrutural do solo, no horizonte superficial.

Cabe ressaltar, que no sistema plantio direto, o solo não é revolvido nas etapas de preparo, ocorrendo apenas um corte na linha com o intuito de distribuir o adubo e as sementes. O solo também permanece coberto durante todo o ano, o que na parcela estudada, tem sido conseguido com a palha da cultura anual (soja/milho) e com a cobertura proveniente das culturas de outono/inverno (na parcela analisada, nabo forrageiro em 1999 e milheto em 2000) (figuras 51 e 52).

Sendo assim, a presença da estrutura granular, pequena a média, na superfície, provavelmente seja em função do não revolvimento do solo, evitando o rompimento das ligações entre as partículas, bem como, devido à presença da matéria orgânica como material agregante. Soma-se a esta questão, o fato de que o solo não fica exposto à ação direta dos agentes erosivos, os quais contribuem de forma negativa para a agregação do solo.

As observações micromorfológicas, lamentavelmente, não puderam ser efetuadas para este horizonte, em função da perda das amostras, o que impossibilitou o estudo mais aprofundado da distribuição dos poros e do arranjo estrutural.

Na subsuperfície, também foi observada para o plantio direto, a presença de dois volumes distintos (volume 2 e 3) (figura 48) quanto à influência do manejo nas características do solo. Um dos volumes é moderadamente compactado e contínuo, apresentando profundidades que variam entre 3 a 45 cm, portanto com comportamento diferente daquele presente no plantio convencional, que apresentava variações sinoidais e era mais profundo. A estrutura subangular média que apresentava-se dispersa no volume anterior, é predominante neste volume, porém, continua com moderado grau de desenvolvimento. A porosidade resultante do arranjo estrutural e da atividade biológica é comum, no entanto, ocorre em menor quantidade que no horizonte anterior. A consistência do solo

varia entre ligeiramente dura a dura, quando seco e, ligeiramente friável, quando úmido.

As raízes no perfil, de forma semelhante ao plantio convencional, são finas, fasciculadas e concentram-se na camada superficial. No entanto, verificou-se que é comum a presença das mesmas no volume moderadamente compactado, indicando que o sistema radicular ainda consegue penetrar a camada resistente.

Este fato se deve à menor resistência imposta pelo volume compactado no plantio direto, quando comparado ao plantio convencional, o que pôde ser comprovado através do ensaio com penetrômetro de impacto, que havia acusado uma tendência de resistência moderada à penetração para o plantio direto, sobretudo entre as profundidades de 10 e 38 cm, contra uma tendência de resistência forte no plantio convencional, nas profundidades de 4 a 40 cm.

As observações micromorfológicas revelaram que, de um modo geral, predomina neste volume os microagregados deformados e fundidos parcialmente, havendo, ainda, zonas com fusão total dos mesmos, em que o plasma cimenta continuamente os grãos de quartzo. Os poros intercomunicantes e intergranulares são dominantes, apesar de ser comuns, os poros isolados e irregulares, entre os microagregados fundidos. Nota-se também, que há numerosos canais e presença notável de fissuras associadas às zonas com fusão de microagregados (figuras 53, 54 e 55).

Estas características podem ser observadas, sobretudo para as linha com e sem roda da colheitadeira (lâminas V e VI, anexo 3), cuja deformação dos microagregados e redução na porosidade foi mais acentuada (assembléia porfírica enáulica), indicando que, de forma semelhante ao plantio convencional, há variações dentro do volume com maior compactação, para o plantio direto. Nas referidas lâminas, observa-se um estreitamento dos poros, aumentando a quantidade daqueles isolados entre os microagregados fundidos, bem como, a redução significativa do volume total de poros, com aproximadamente 40%, em contraposição ao horizonte não afetado pelo manejo, com 50%.

Já na situação entrelinha sem roda da colheitadeira (lâmina PD IV, anexo 3) e na entrelinha com roda da colheitadeira (lâmina PD III, anexo 3), a porosidade é mais elevada, apresentando, respectivamente, 45% e 47% de poros. Observa-se, nas mesmas, a presença de grandes fissuras



FIGURA 53 - No volume de maior compactação do sistema plantio direto, predomina a fusão parcial dos microagregados e a porosidade apresenta redução, porém o arranjo estrutural do solo foi menos comprometido do que no plantio convencional..

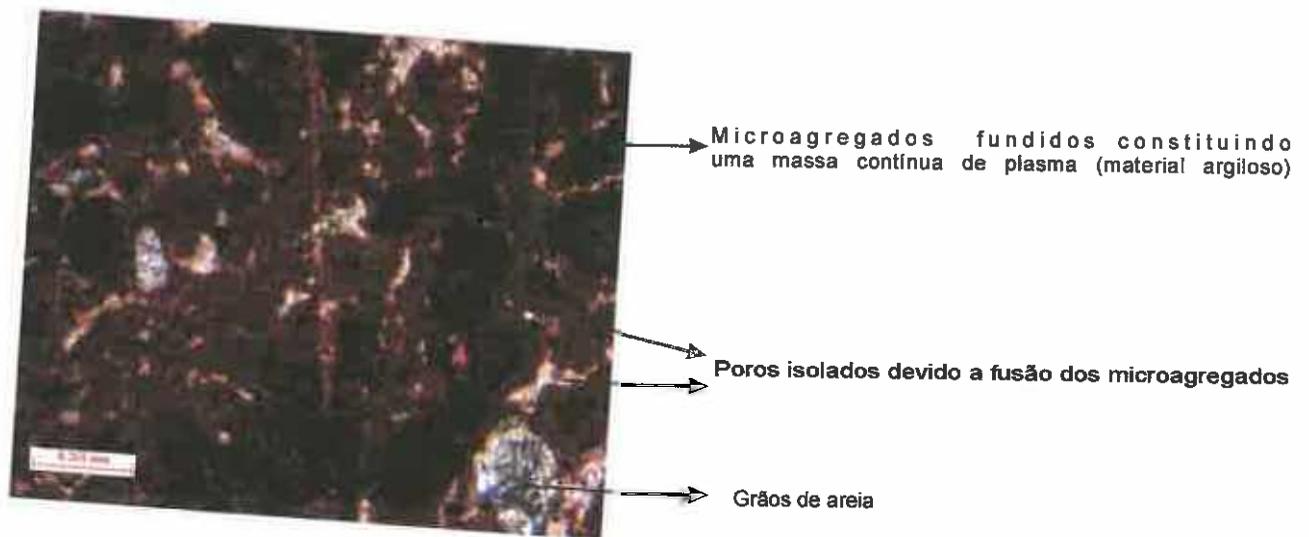


FIGURA 54 - Zonas de intensa fusão dos microagregados, observadas nos volumes alterados pelo manejo do sistema plantio direto, as quais aparecem junto aos microagregados arredondados.

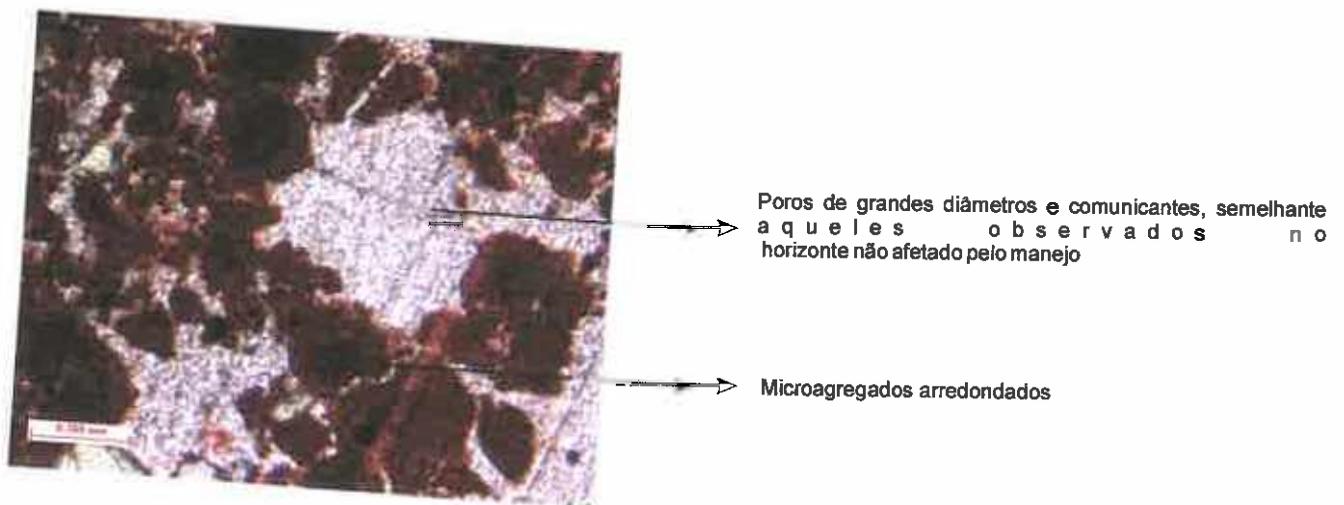


FIGURA 55 - Microagregados arredondados e excelente porosidade observada ao lado das zonas de fusão total dos microagregados, acima ilustrada.

intercomunicantes associadas aos microagregados fundidos e/ou zonas com microagregados arredondados, separados por poros intercomunicantes e de maiores diâmetros.

Observou-se, também, que para este sistema de manejo não houve influência das situações linhas e entrelinhas, pois o comportamento foi contrário ao que indicava a literatura, havendo compactação mais acentuada nas linhas da cultura. O mesmo pode ser dito em relação à passagem da colheitadeira, uma vez que a micromorfologia indicou haver variações quanto a este quesito.

Ao comparar a microestrutura dos volumes identificados no campo com maior compactação, para os dois sistemas de manejo adotados no cultivo da soja (rotação anual com milho), pode-se dizer que no plantio direto, de um modo geral, há menor redução da porosidade, apesar deste sistema de manejo também apresentar sinais de mudança estrutural, com áreas representativas na lâmina, em que os microagregados fundiram-se totalmente, mas que podem também ser residuais do manejo anterior (plantio convencional). No referido sistema de manejo, a redução mais intensa da porosidade ficou por volta de 40% do volume total de poros, enquanto que para o plantio convencional estes valores foram de aproximadamente 30%.

Distribuído, em grande parte, na seqüência do volume compactado, entre as profundidades de 11 a 48 cm, observou-se outro volume (volume 3) com menor resistência que o anterior. Conforme pode ser visto no perfil PD, este volume é descontínuo, porém apresenta uma distribuição plano-paralela mais próxima à área de Cerrado do que o volume descontínuo do plantio convencional.

Neste volume menos compactado, percebeu-se uma mudança de cor, passando da composição vermelho-amarelo (5YR) para um matiz ligeiramente mais avermelhado (2,5 YR). Observou-se também haver uma maior friabilidade e menor compactidade entre os agregados.

Apesar das observações de campo indicarem menor compactação neste volume, a micromorfologia revela que a alteração na porosidade e a deformação dos microagregados ainda é significativa. Na verdade, as lâminas deste volume indicam haver zonas com deformação dos grânulos e poros isolados devido a fusão dos microagregados, dispostos junto a zonas em que a porosidade apresenta sinais de melhoria, com boa intercomunicação entre os poros.

Os demais volumes subsequentes começam a apresentar características que indicam não haver mudança significativa no solo em função do manejo, sendo uma transição para o horizonte B. Em algumas partes do perfil, observa-se que a partir de 56 cm, as características apresentadas são típicas do B latossólico, com estrutura granular muito pequena forte, poros intersticiais pequenos, consistência macia, friável, pegajosa e plástica.

Através da micromorfologia, observou-se que os macroporos intercomunicantes, são originados a partir do empilhamento dos grânulos arredondados, sendo observada ainda a presença de muitos canais de origem biológica, revelando sua intensa atividade, fato que não foi notável no perfil PC.

Diante da morfologia apresentada pelo plantio direto, sobretudo, com base na estrutura, porosidade, consistência do solo e desenvolvimento do sistema radicular, observa-se, que o mesmo, pode ser considerado com características intermediárias em relação às áreas de vegetação natural de Cerrado e plantio convencional, uma vez que estas são diferentes daquelas observadas na área testemunha, mas com menor grau de alteração que o plantio convencional.

As observações micromorfológicas revelaram que nos três perfis, as diferenças são especificamente relativas às mudanças na porosidade do solo, sobretudo, no que diz respeito às formas dos poros, interconexão e volume total, sendo irrelevantes as variações apresentadas pelo plasma (material argiloso) e esqueleto (grãos de quartzo). Nos horizontes afetados pelo manejo, os poros foram reduzidos e os microagregados apresentaram fusão variando entre parcial a total, o que os diferencia dos horizontes não afetados pelo manejo que apresentaram maior volume de poros e excelente comunicação entre eles. De modo geral, no plantio convencional a porosidade apresentou um maior comprometimento, pois quando houve maior compactação, o volume total de poros baixou para aproximadamente 30%, enquanto que no plantio direto este valor ficou em aproximadamente 40 %, indicando melhorias na porosidade.

Cabe ressaltar, que na parcela com sistema plantio direto tem sido cultivadas plantas com sistema radicular agressivo e pivotante como o nabo forrageiro e o milho, o que possivelmente pode estar colaborando para criar zonas de fraqueza no perfil, com a promoção de melhorias na porosidade.

Ao relembrar o histórico de cada uma das parcelas agrícolas analisadas, ver-se-á que elas passaram por um preparo prévio no sentido de romper as camadas compactadas, quando foram efetuadas operações mecânicas de subsolagem em 1994. Desse modo, o comportamento diferenciado do solo, observado através da morfologia, pode ser atribuído aos tipos de manejo, onde o plantio direto mostra ter sido afetado de forma menos intensa que o plantio convencional. Para consubstanciar esta hipótese, procedeu-se ainda a uma análise laboratorial mais aprofundada do solo em cada uma das situações analisadas, como poderá ser verificado a seguir.

6.7 – Análises físicas

6.7.1 - Granulometria

A análise granulométrica revela que o solo da área de vegetação natural de Cerrado, adotado como parâmetro no entendimento das alterações provocadas pelo manejo agrícola, apresenta teores de argila acima de 60%, na maior parte do perfil, como pode ser visto na tabela 7.

Tabela 7 – Granulometria na área de vegetação natural de Cerrado:

Perfil	Horiz.	Prof. cm	Areia total ¹	Silte ¹	Argila ¹		Grau de floculação ³
					Argila Natural ²	%	
CE	A11	0-5	30,4	11,3	58,32	18,5	68,3
	A12	5-16	22,4	12,3	65,32	34,0	47,9
	AB	16-40	16,4	12,3	71,32	17,5	75,5
	BA	40-72	14,4	9,3	76,32	11,0	85,6
	Bw1	72-120	15,4	9,3	75,32	5,5	92,7
	Bw2	120-210 +	15,4	12,3	72,32	2,0	97,2

1 Método do densímetro (EMBRAPA, 1979)

2 Método da pipeta (EMBRAPA, 1979)

3 Calculado a partir da argila total e da argila dispersa em água.

Fonte: Dados obtidos em laboratório

Autoria.: A.A. Costa

De modo geral, os dados revelam que o aumento de argila com a profundidade não foi significativo, estando de acordo com as recomendações da

EMBRAPA (1999), ao caracterizar os latossolos e com outros estudos realizados na área de estudo. Os teores de argila, ligeiramente menores nos subhorizontes A11 e A12, quando comparados aos demais subhorizontes, provavelmente sejam função da presença da matéria orgânica. TOGNON (1997), ao estudar os atributos dos latossolos em áreas de Cerrados (Brasil Central) e na floresta amazônica, observou que a diferença de textura existente entre horizonte A e A/B dos latossolos, pode estar relacionada à maior instabilidade das argilas na camada superficial. Segundo SOMBROEK (1966) e VIEIRA *et al.* (1967), ambos *apud* TOGNON (1997), esta instabilidade das argilas é resultado da ação dispersante da matéria orgânica, que ao estabelecer um contato íntimo com o solo, dispersa a argila nos horizontes superficiais, favorecendo o transporte da mesma por erosão.

Ainda, conforme TOGNON (1997), nos solos dos Cerrados essa variação textural entre os horizontes é menor, o que indica maior estabilidade das argilas e, portanto, maior estabilidade estrutural.

No perfil da área de vegetação natural de Cerrado, os horizontes superficiais foram aqueles que apresentaram maiores teores de argila dispersa em água, em especial, o subhorizonte A12. A matéria orgânica pode estar, em parte, colaborando para esta maior dispersão. Todavia, a descrição morfológica já havia acusado uma ligeira mudança no arranjo estrutural deste subhorizonte, o qual apresentou uma estrutura em blocos angulares, devido à junção dos microagregados, sendo esta com grau moderado a forte de desenvolvimento.

Como pôde ser visto, este tipo de estrutura nos solos argilosos, ocorre em função da deformação plástica dos agregados causada pela contração e expansão do solo com a alternância de umidade. Sendo assim, a dispersão da argila pode estar ocorrendo também em função desta mudança no arranjo estrutural do solo.

Os resultados obtidos para a floculação da argila indicam, de modo geral, uma boa estabilidade dos agregados, o que, conseqüentemente, reflete na boa estruturação do solo, como pôde ser verificado através da descrição morfológica. O menor valor foi apresentado no subhorizonte A12, em que os teores de argila dispersa em água foram maiores.

Observa-se ainda que os teores de silte na área-testemunho não apresentaram diferenças significativas ao longo do perfil. Pesquisas desenvolvidas na área de estudo ou em áreas adjacentes, com uso e tipo de solo semelhantes (EMBRAPA, 1982; FRASCOLI, 1998; NEUFELDT, 1998; LILIENFEIN *et al.*, 1999), indicaram, na maior parte, resultados ligeiramente menores, com teores de silte abaixo de 10%.

Este fato pode indicar problemas quanto à dispersão, o que é comum em latossolos argilosos, conforme foi constatado por KERTZMAN (1996); TOGNON (1997). KERTZMAN (1996) ao estudar um latossolo roxo do município de Guaíra/SP, verificou que após a dispersão, nas amostras de areia e silte, ainda era possível observar sob o aumento da lupa, a presença de argila ligada aos grãos. Segundo o autor, observações semelhantes foram feitas pelo IPT (1984), com análises de raio -X.

A esse respeito, LIMA *et al.* (1990); RESENDE (1985) *apud* RESENDE *et al.* (1997); LIMA (1995) *apud* RESENDE *et al.* (1997) observam que, uma das características típicas dos latossolos é a baixa porcentagem de silte, todavia a fração argila tem uma tendência de estar floculada, apresentando o comportamento de silte e areia muito fina.

Esta observação pode ser reforçada através do elevado grau de floculação da argila e dos baixos teores de argila dispersa em água, conforme comentado anteriormente.

Nas áreas agrícolas, de plantio convencional e plantio direto, apesar dos teores de argila variarem muito, os resultados das análises granulométricas indicaram tratar-se de solos argilosos a muito argilosos, conforme pode ser visto nas tabelas 8 e 9, para os respectivos sistemas de manejo.

Para estas áreas, os valores de argila foram menores que aqueles obtidos na área com vegetação natural de Cerrado, ocorrendo o contrário com a fração silte.

Os teores de silte, relativamente elevados, revelam o problema de dispersão das amostras coletadas na área agrícola, sendo este fato mais significativo no plantio convencional FRASCOLI (1998); NEUFELDT (1998); LILIENFEIN *et al.* (1999) também realizaram pesquisas em áreas manejadas com plantio convencional e plantio direto, seja na área investigada ou em localidades

vizinhas. Os resultados das referidas pesquisas indicaram teores de silte inferiores àqueles obtidos no presente trabalho, o que confirma a hipótese da dificuldade de dispersão, por se tratar do mesmo tipo de solo, mas por outro lado revela tendência à maior intensidade de agregação.

Tabela 8 – Granulometria na área de plantio convencional

Perfil	Vol.	Prof.	Prof. das amostras coletadas	Situação do cultivo	Areia total ¹	Silte ¹	Argila ¹	Argila Natural ²	Grau de flocculação ³
PC	1	0-8	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—
	2	8-45	16-23	Linha sem roda da colheitadeira	26,4	14,3	59,3	11,0	81,5
			10-17	Entrelinha com roda da colheitadeira	22,4	21,3	56,3	8,5	84,9
			15-22	Entrelinha com roda da colheitadeira	22,4	20,3	57,3	0,0	100
			29-36	Entrelinha sem roda da colheitadeira	22,4	14,3	63,3	15,0	76,3
	3	8-56	20-27	Linha com roda da colheitadeira	44,1	17,3	38,6	14,0	68,2
			26-33	Entrelinha sem roda da colheitadeira	35,1	17,3	47,6	0,0	100
4	(Bw)	45-56/90 ₊	80-90	Bw	28,1	14,3	57,6	0,0	100

1 Método do densímetro (EMBRAPA, 1979)

2 Método da pipeta (EMBRAPA, 1979)

3 Calculado a partir dos teores de argila total e argila natural

Fonte: Dados obtidos em laboratório.

Autoria.: A.A. Costa

No plantio convencional, como pode ser visto na tabela 8, os resultados indicaram que, de modo geral, os valores de argila dispersa foram maiores no volume compactado e no moderadamente compactado, não havendo diferenças significativas entre ambos em relação a este aspecto.

Observa-se, porém, que os valores obtidos nestes volumes foram inferiores àqueles da área de Cerrado para os horizontes superficiais, onde ocorreu a maior dispersão naquela situação de uso. Este fato pode indicar que mesmo com a alteração da estrutura, acusada pela morfologia do solo, a argila continua agregada, apresentando um comportamento contrário ao que se esperava, uma vez que a compactação freqüentemente implica em maior dispersão de argila.

Desta forma, se há uma baixa dispersão da argila, entende-se que o grau de floculação é elevado, o que pode ser observado neste sistema de manejo, até mesmo para as áreas afetadas pelo uso agrícola.

Na área de sistema plantio direto, conforme pode ser visto na tabela 9, a semelhança dos teores de argila dispersa em água é maior em relação à área de vegetação natural de Cerrado, do que com a área de plantio convencional. Neste último sistema de manejo, a porcentagem de argila natural foi ligeiramente menor do que aquelas observadas no plantio direto.

Tabela 9 – Granulometria na área de plantio direto:

Perfil	Vol.	Prof. cm	Areia total ¹	Silte ¹	Argila ¹		Grau de floculação ³
					Argila Natural ²	%	
3	1	0-3	34,1	20,3	45,6	18,0	60,5
	2	3-26	31,1	10,3	58,6	16,5	71,8
	3	26-34	23,1	15,3	61,6	17,5	71,6
	4	26/34-71	23,1	14,3	62,6	11,5	81,6
	5	71-90+	31,1	13,3	55,6	2,0	96,4

¹ Método do densímetro (EMBRAPA, 1979)

² Método da pipeta (EMBRAPA, 1979)

³ Calculado a partir da argila total e da argila dispersa em água

Fonte: Dados obtidos em laboratório

Autoria: A.A. Costa

O sistema plantio direto apresentou um elevado grau de floculação, sendo observado também um comportamento mais estável quanto a este quesito quando comparado com o plantio convencional, havendo menores valores nos volumes superficiais e aumento gradativo para os volumes mais profundos.

6.7.2 – Densidades e Porosidade

A tabela 10 mostra os dados de densidade de partículas (ou densidade real), densidade aparente (ou densidade global ou do solo) e porosidade total para a área de vegetação natural de Cerrado.

Como pode ser observado na referida tabela, a densidade de partículas revelou para esta situação investigada, pouca variação nos diferentes subhorizontes. De acordo com KIEHL (1979), a presença da matéria orgânica pode

baixar a densidade real do solo, todavia os valores obtidos nos horizontes superficiais deste perfil, revelaram uma diferença insignificante. Este fato com certeza se deve aos teores relativamente baixos de matéria orgânica em áreas de Cerrado, os quais não chegariam a implicar em uma diferenciação entre os horizontes quanto a este quesito.

Tabela 10 – Densidade de partículas, densidade aparente e porosidade total em área de vegetação natural de Cerrado:

Perfil	Horiz.	Prof.	Prof. coleta das amostras	Densidade de	Densidade	Porosidade
				partículas ¹	aparente ²	total ³
			cm	g/cm ³		%
1	A11	0-5	2-7	2,50	0,74*	70,4
	A12	5-16	8-15	2,46	1,18	52,0
	AB	16-40	23-30	2,51	1,13	54,9
	BA	40-72	50-57	2,50	0,97	61,2
	Bw1	72-120	80-87	2,57		
	Bw2	120-210 +	120-127	2,56	0,98	53,9

1 Método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1979)

2 Método do torrão impermeabilizado com parafina (EMBRAPA, 1979)

3 Calculado a partir das densidades de partículas e global.

* Densidade aparente desta amostra foi realizado usando o anel volumétrico (EMBRAPA, 1979)

Fonte: Dados obtidos em laboratório

Autoria: A. A. Costa

A densidade aparente revelou que os maiores valores obtidos encontram-se no subhorizonte A12, sendo este resultado condizente com aquele revelado pela descrição morfológica e pelos ensaios de resistência à penetração.

O horizonte superficial apresentou um valor inferior àqueles dos demais horizontes, o que se deve à diferença de métodos utilizados, uma vez que no horizonte A11, o arranjo estrutural do solo dificultou a coleta de torrões, sendo necessária a coleta em anel volumétrico.

A porosidade total do solo é alta ao longo do perfil, com valores acima de 50 %. A quantidade de poros no solo é inversamente proporcional à densidade aparente, por isso, o subhorizonte A12 foi o que apresentou menor porcentagem de poros. Todavia, estes menores valores não causaram alterações significativas para o solo, uma vez que na descrição morfológica, verificou-se que as raízes se desenvolvem normalmente e não há indícios de que a circulação hídrica tenha sido afetada.

Para as áreas agrícolas, tanto de plantio convencional, como de plantio direto, a densidade de partículas comportou-se de forma semelhante à área de Cerrado, ou seja, não apresentaram diferenças significativas entre os volumes superficiais e aqueles mais profundos, conforme pode ser visto nas tabelas 11 e 12, para os respectivos sistemas de manejo.

Tabela 11 – Densidade de partículas, densidade aparente e porosidade total para área de plantio convencional:

Perfil	Vol.	Prof.	Prof. das amostras coletadas	Situação do cultivo	Densidade de partículas ¹	Densidade global ²	Porosidade total ³
					g/cm ³		%
2	1	0-8	0-7	Linha sem roda	—	1,18	—
			0-7	Linha com roda	—	1,00	—
	2	8-45	16-23	Linha sem roda da colheitadeira	2,59	1,15	55,5
			10-17	Entrelinha com roda da colheitadeira	2,59	1,16	55,2
			15-22	Entrelinha com roda da colheitadeira	2,59	1,23	52,5
			29-36	Entrelinha sem roda da colheitadeira	2,63	1,14	56,6
	3	8-56	20-27	Linha com roda da colheitadeira	2,64	1,13	57,1
			26-33	Entrelinha sem roda da colheitadeira	2,56	1,19	53,5
	4 (Bw)	45- 56/90 +	80-90	Bw	2,66	0,93	65,0

1 Método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1979)

2 Método do torrão impermeabilizado com parafina (EMBRAPA, 1979)

3 Calculado a partir das densidades de partículas e global.

Fonte: Dados obtidos em laboratório

Autoria: A. A. Costa

Quanto à densidade aparente, os sistemas de manejo demonstraram diferenças. No plantio convencional, conforme pode ser observado na tabela 11, o maior valor do perfil (1,23 g/cm³), foi obtido no volume cuja descrição morfológica revelou ser o mais compactado.

No volume moderadamente compactado os valores ficaram muito próximos daqueles obtidos no volume anteriormente citado. Todavia, apesar deste tipo de análise não acusar diferenças significativas entre os dois volumes, as

observações de campo indicaram que aquele menos afetado pela compactação, apresenta maior porosidade e melhor desenvolvimento radicular.

Nota-se que os valores de densidade aparente somente voltaram a apresentar comportamento semelhante àqueles observados na área de vegetação natural de Cerrado, no horizonte Bw, indicando não haver mais influência do uso agrícola.

Através da tabela 11, observa-se ainda que o maior valor de densidade global do volume compactado foi registrado para a situação entrelinha com roda da colheitadeira. Todavia, fica difícil afirmar se a passagem da colheitadeira exerceu alguma influência nos resultados, uma vez que em outra profundidade analisada, para a mesma situação, os resultados foram inferiores a este valor. Além disso, no volume superficial, a situação da cultura onde não houve a passagem deste equipamento foi aquela que apresentou a maior densidade aparente (linha sem roda da colheitadeira).

Quanto à situação linha e entrelinha, independente da passagem ou não da colheitadeira, observa-se que a diferença entre ambas também não foi representativa.

Como foi discutido anteriormente, os ensaios de resistência à penetração haviam acusado uma resistência ligeiramente maior para as entrelinhas (com e sem roda da colheitadeira), por ter sido registrada resistência forte para a maior parte dos pontos aferidos nesta situação. Mas conforme apresentado na descrição morfológica, acredita-se que as variações de resistência sejam devido as intercalações entre volume muito compactado e moderadamente compactado. Não foi observada qualquer zona com maior compactação, que pudesse ser relacionada à linha ou entrelinha da cultura.

De forma semelhante à área de vegetação natural de Cerrado, a porosidade no plantio convencional aumentou à medida que baixaram os valores de densidade aparente. Todavia, mesmo no volume muito compactado, observa-se que a porosidade não foi totalmente afetada, apresentando valores acima de 50%. Apesar de não ter sido calculada, a macro e microporosidade do solo, as observações morfológicas do solo já haviam indicado que a alteração provocada por este tipo de manejo não havia comprometido intensamente o sistema poroso, bem como, a circulação hídrica.

No plantio direto, a densidade do solo comportou-se de forma semelhante ao plantio convencional, ou seja, também apresentou valores mais elevados nos volumes afetados pelo manejo (tabela 12).

Ao comparar o sistema plantio direto com o convencional, percebe-se que os valores de densidade aparente ficaram muito próximos. No entanto, no plantio direto o peso da colheitadeira, demonstrou uma ligeira influência nos resultados, os quais foram mais elevados nas linhas e entrelinhas onde houve a passagem deste tipo de maquinário.

Tabela 12 - Densidade de partículas, densidade aparente e porosidade total para área de plantio direto:

Perfil	Vol.	Prof. média do volume	Prof. das amostras coletadas	Situação do cultivo	Densidade das partículas	Densidade global	Porosidade
		cm			g/cm ³		%
3	1	0-3	0-4	Linha sem roda da colheitadeira	_____	_____	_____
			0-4	Linha com roda da colheitadeira	_____	_____	_____
	2	3-26	15-20	Linha sem roda da colheitadeira	2,54	1,14	55,1
			9-14	Linha com roda da colheitadeira	2,54	1,22	51,9
			12-17	Entrelinha sem roda da colheitadeira	2,54	1,17	53,9
			6-11	Entrelinha com roda da colheitadeira	2,54	1,22	51,9
	3	26-34	32-37	Entrelinha sem roda da colheitadeira	2,64	1,13	57,1
			14-19	Linha com roda da colheitadeira	2,64	1,14	56,8
	4	26/34-71	35-37	BA	2,59	1,05	59,4
	5	71-90 ₊	63-70	Bw	2,63	0,97	63,1

1 Método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1979)

2 Método do torrão impermeabilizado com parafina (EMBRAPA, 1979)

3 Calculado a partir das densidades de partículas e global.

Fonte: Dados obtidos em laboratório

Autoria: A. A. Costa

Estes resultados não confrontam totalmente com aqueles obtidos através dos ensaios de resistência ao penetrômetro de impacto e descrição macromorfológica.

Primeiramente, os ensaios de resistência à penetração haviam indicado uma certa influência do peso da colheitadeira apenas para as linhas da cultura, havendo menor resistência na linha em que não passou a roda deste equipamento agrícola. Todavia, para as entrelinhas, conforme foi discutido anteriormente, este mesmo comportamento não foi observado, com resultados contrários, isto é, maior resistência na entrelinha sem roda da colheitadeira.

Quanto à morfologia do solo, não foi observado nas descrições de campo, nenhuma mudança significativa que pudesse justificar esses resultados, uma vez que o volume de superfície apresentou comportamento semelhante para as situações com e sem roda da colheitadeira, o mesmo sendo observado para a subsuperfície.

Como pode ser visto na tabela 12, a porosidade do solo, assim como na área de vegetação natural de Cerrado e plantio convencional, apresentou comportamento inverso àqueles obtidos para a densidade aparente, ou seja, nos volumes em que os resultados da última eram elevados, aumentavam os valores da primeira. No sistema plantio direto os valores também ficaram acima de 50%.

Comparando-se os três perfis, os cultivados apresentam densidades globais maiores do que o do Cerrado, o que era esperado. Já quanto à porosidade total, embora elevada nos três, é globalmente maior no perfil do Cerrado e equivalente entre os cultivados.

Novamente não há discrepâncias analíticas fortes entre os perfis cultivados, como não foi observado para a produtividade, sobretudo da soja. Apesar das densidades do solo serem maiores no plantio convencional e plantio direto, se comparados ao Cerrado, observa-se a distribuição dos horizontes é diferente nos perfis cultivados, onde o plantio direto apresenta uma horizontalização mais plano-paralela, enquanto o de convencional apresenta irregularidade.

Contudo, as observações macro e micromorfológicas revelaram mudanças na porosidade e na estrutura que permite afirmar que o solo do plantio convencional é o mais afetado pelo manejo, mas sem ocorrer compactação total, tampouco contínua.

Nesse sentido, o que poderá explicar esse comportamento morfológico é o fato de, em ambos os casos – plantio convencional e plantio direto – ter havido o preparo em 1994, que teria permitido uma boa descompactação. Entretanto, o fato do convencional apresentar graus mais elevados e o do plantio direto não, pode indicar que o manejo esteja promovendo a compactação no primeiro, enquanto no segundo o processo de recuperação estaria francamente em curso.

CAPÍTULO VII

7 - Considerações Finais

O processo de ocupação do Cerrado, da forma como foi conduzido, sem considerar as características intrínsecas a esta região e, visando, na maioria das vezes, os interesses econômicos e a obtenção de retorno a curto prazo do capital investido, resultou em problemas de várias naturezas, sejam econômicas, sociais, culturais e ambientais.

Nesse sentido, ao longo do trabalho, procurou-se o entendimento das implicações deste tipo de ocupação no solo, como suporte para o problema estudado, uma vez que a intensa exploração, seguida da inadequação ou ausência das práticas de manejo e conservação do solo, tem causado a degradação deste recurso, cujos sinais podem ser observados na paisagem, sobretudo, através dos processos erosivos e da compactação.

A concepção deste modelo de exploração vem sendo questionada, pois a mesma tem interferido na própria organização do homem no espaço, comprometendo os recursos naturais e o aproveitamento econômico, o que leva a distanciar, cada vez mais, do tão almejado desenvolvimento sustentável.

Como parte desta realidade, o plantio direto surge como uma prática de manejo conservacionista e atuante na recuperação das estruturas degradadas pela compactação e na redução e/ou recuperação das perdas de biomassa e fertilidade do solo, em contraposição ao plantio convencional – o mais antigo e tradicional sistema de manejo, também apontado pela literatura como aquele que mais contribui para a degradação do solo.

Assim, ao compreender especificamente o fenômeno de degradação do solo por compactação e sua recuperação, como fatos associados aos sistemas de manejo utilizados no cultivo da soja, em área de Cerrado, na região do Triângulo Mineiro, procurou não perder de vista o contexto mais amplo, no qual se insere o problema estudado.

Os principais resultados indicaram que o sistema de manejo convencional com soja (rotação anual com milho), foi o que mais afetou a porosidade de empilhamento natural dos grânulos, reduzindo-a, de pouco mais de 50% para cerca de 30% do volume, além de ter modificado a interconexão dos poros. Resultado semelhante foi observado para a estrutura do solo, havendo fusão

parcial dos microagregados e aparecimento de fissuras intragregadas, o que resultou em volumes ou blocos grandes, contínuos, maciços e pouco porosos.

O sistema plantio direto, por sua vez, apresentou menor fechamento da porosidade, mantida entre 40 e 50%, com características mais próximas do solo do Cerrado ou do horizonte Bw, embora apresentasse resquícios típicos de compactação, como blocos subangulares fissurados, nos horizontes afetados pelo manejo.

Diante da morfologia apresentada pelo solo manejado com este último sistema de manejo, sobretudo, com base na estrutura, porosidade, consistência, disposição dos horizontes e do próprio desenvolvimento do sistema radicular, pode-se considerá-lo com características intermediárias em relação às áreas de vegetação natural de Cerrado e plantio convencional, pois estas são diferentes daquelas observadas na área testemunha, mas com menor grau de alteração que o plantio convencional.

Tais características apresentadas pelo plantio direto são indícios de que está havendo recuperação da estrutura agregada do solo estudado, o que certamente tem sido responsável pela redução dos processos erosivos, conforme constatado pelos agricultores. Todavia este sistema de manejo ainda não apresenta efeitos positivos quanto aos insumos utilizados, uma vez que a redução de NPK, observada nas últimas safras, tanto em quantidade como em proporção dos elementos químicos, parece estar relacionada com a adequação das propriedades físico-químicas, realizada em 1994, e não a este ou aquele sistema de manejo. Resultado semelhante foi observado quanto à produtividade, sobretudo do milho, cuja melhoria foi significativa depois do referido preparo no solo, porém sem apresentar correlações com os sistemas de manejo utilizados no cultivo da soja (rotação anual com milho).

Em síntese, os principais resultados obtidos, permitiram concluir que, no período de cinco anos, já é possível observar efeitos positivos do plantio direto quanto à recuperação da estrutura agregada dos solos, mas nada revela quanto ao uso de insumos que permaneceram praticamente inalterados. Já para o plantio convencional, os resultados confirmam o que a literatura aponta sobre o assunto, por ter provocado maiores modificações na estrutura e porosidade do solo.

Desta forma, faz-se necessário uma futura avaliação no plantio convencional para que se possa acompanhar a evolução da compactação e seus efeitos para o solo e as plantas. Quanto ao plantio direto deve-se verificar sobretudo, seu comportamento frente ao rendimento agrícola e redução dos custos de produção, comprovando assim, sua eficácia ou não tanto na melhoria ambiental, quanto no aproveitamento econômico.

Os resultados desta pesquisa permitiram também obter parâmetros indicadores de degradação e recuperação do Latossolo Vermelho-Amarelo, muito argiloso, da chapada do município de Uberlândia/MG, os quais futuramente poderão ser utilizados para fins de generalização cartográfica, com vistas a subsidiar ações de controle referente à atividade agrícola desenvolvida nestas áreas.

Nesse sentido, dentre os procedimentos metodológicos utilizados, a macro e a micromorfologia foram os indicadores mais eficientes no entendimento do processo de compactação e recuperação do solo estudado, frente aos sistemas de manejo utilizado para a cultura da soja (rotação com milho), por oferecer um melhor entendimento da organização estrutural e da porosidade, os quais consequentemente refletem no comportamento do solo e do sistema radicular.

Observou-se também que o ensaio de resistência do solo à penetração foi uma ferramenta útil tanto no sentido de localizar as trincheiras quanto de oferecer uma prévia do comportamento da compactação. Todavia, os mesmos não oferecem suporte para o diagnóstico do referido processo, pois não possibilitam o entendimento das mudanças de estrutura e porosidade do solo, como pôde ser comprovado na área de Cerrado, cujas averiguações iniciais levantaram dúvida devido a uma certa resistência no horizonte superficial, o que foi desfeito somente com a observação micromorfológica, tratando-se de adensamento natural, ligado aos ciclos de umectação e secamento sazonais.

As análises físicas, sobretudo de densidade global, que são apontadas pela literatura como bons indicativos da compactação do solo, não apresentaram, neste caso, diferenças significativas entre o plantio convencional e o plantio direto, o que possivelmente deve-se à adequação físico-química realizada no solo, cujo reflexo positivo, também, já havia sido comprovado através da melhoria da produtividade do milho.

As faixas correspondentes à linha e entrelinha de cultura, bem como a passagem da máquina colheitadeira, não apresentaram correlação com a compactação, o que pode estar relacionado ao não controle do tráfego de maquinários agrícolas e da variação quanto à disposição espacial das linhas e entrelinhas a cada safra agrícola.

Ao analisar os resultados desta pesquisa faz-se necessário, ainda, projetá-los em conjunto com as condições climáticas regionais. Como pôde ser verificado na caracterização do quadro físico, a estação seca no inverno e as elevadas precipitações no verão, são os traços marcantes do clima.

Considerando que o plantio convencional, entre outros fatores, causou o maior fechamento na porosidade do solo, isto possivelmente irá implicar nas taxas de infiltração, as quais, conseqüentemente, contribuirão para maiores escoamentos superficiais. Aliado a esta questão tem-se o fato de que, neste sistema de manejo, o preparo do solo ocorre alguns meses antes do plantio, deixando-o descoberto e sujeito à ação dos ventos e dos raios solares, no período seco, quando ocorre a desagregação e o transporte das partículas.

Assim, em decorrência destas alterações no solo, bem como, mediante as fortes chuvas de verão e a pequena proteção oferecida pelas culturas do milho e da soja, conforme indicado pela literatura consultada, poderá resultar na intensificação dos processos erosivos.

Na área de estudo, este fato já havia sido observado anteriormente à adequação físico-química do solo, com a erosão atuando mesmo em áreas muito planas, indicando que as propriedades físicas dos solos da chapada haviam sido comprometidas.

Após a referida adequação do solo, observou-se, que na parcela com plantio convencional, em aproximadamente 5 anos de continuação com este sistema de manejo, ainda não há processos erosivos atuantes, no entanto, esta situação pode se modificar, caso a compactação seja progressiva.

Quanto ao plantio direto, sua eficiência nos processos erosivos pode ser explicada pela comprovada melhoria na porosidade e estrutura do solo, conforme resultados obtidos nesta pesquisa, apesar de ainda apresentar resquícios da compactação. Além disso, como aponta a literatura, mesmo que nos primeiros anos deste sistema de manejo seja comum o aumento da densidade global do

solo, devido ao seu rearranjo natural e ao não revolvimento, o plantio direto apresenta condições favoráveis a maior retenção e infiltração da água, em função da própria cobertura deixada na superfície do solo.

Entretanto, apesar de todas as vantagens apresentadas, este sistema de manejo ainda precisa continuar sendo monitorado, sobretudo para a região do Cerrado, pois por ser tratar de um sistema de manejo adaptado de outros países, com expansão relativamente recente no Brasil, em especial, para a referida região, ainda existem muitas dúvidas que merecem esclarecimento. Desta forma, questões como a eficiência na redução de adubos, melhoria na produtividade, controle de diferentes tipos de pragas, adequação de culturas de cobertura às condições climáticas e contaminação ou não do solo com agrotóxicos, entre outros, são pertinentes de um estudo mais aprofundado.

É preciso ressaltar, ainda, que não se pode esperar que anos de exploração inadequada venha a se resolver rapidamente com a adoção do sistema plantio direto, e tão pouco, que este manejo continue a exploração intensa do solo.

Além disso, o sucesso deste sistema de manejo, assim como de outros manejos, está atrelado à forma como o mesmo é conduzido, devendo levar ainda em consideração que seu comportamento pode variar de uma região para outra. Atualmente, tem sido verificado em algumas regiões, o surgimento de problemas, sobretudo de compactação, levando alguns produtores rurais a retornarem ao plantio convencional, o que segundo muitos autores não é a atitude mais indicada, pois estará sendo colocado em jogo anos de esforço e investimento, no sentido de implantar uma prática de manejo que vise a conservação do solo.

Para finalizar, é evidente que o estudo do solo, quanto às alterações na estrutura e porosidade causadas pelo uso agrícola, não satisfazem o entendimento da fisiologia da paisagem, pois seria necessário um estudo mais aprofundado do próprio solo e de outros elementos da estrutura superficial, bem como, de suas interrelações. No entanto, o mesmo pode ser uma contribuição para que se possa efetuar um planejamento mais adequado do uso e manejo do solo, numa perspectiva sustentável, pois conforme observa RUELLAN (1998, p.21) *“a terra é que nem gente; é preciso conhecê-la para fazer dela uma amiga...”*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço de pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-11, 1969.
- ALBUQUERQUE, J. A. *et al.* Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, jan./abr. 1995.
- BACCARO, C. A. D.. Estudos geomorfológicos do Município de Uberlândia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p.17-21, jun. 1989.
- _____. Unidades Geomorfológicas do Triângulo Mineiro - Estudo preliminar. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5 e 6, p.37-42, jan./dez. 1991.
- BARCELOS, J. H. **Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do estado de São Paulo**. 1984. 190 p. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.
- BARCELOS, R. de A. **Alterações físicas e químicas decorrentes de diferentes sistemas de uso e manejo do solo tendo em vista a sustentabilidade de agrossistemas em áreas de cerrado**. 1997. 58 p. Monografia – Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.
- BARCELOS, A.A.; CASSOL, E. A.; DENARDIM, J. E. Infiltração de água em um Latossolo Vermelho-Escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n.1, p.35-43, jan./mar. 1999.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Práticas conservacionistas e sistemas de manejo. In: _____. **Conservação do solo**. 3 ed. São Paulo: Ícone, 1990. p. 94-212.
- BORGES, E. N. *et al.* Respostas de variedades de soja à compactação de camadas de solo. **Revista Ceres**, Viçosa/MG, v. 35, n. 202, p. 553-568, 1988.
- BORGES, G. de O. Resumo histórico do plantio direto no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Plantio direto no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1993, p. 13-27.

BREWER, R. **Fabric and Mineral Analysis of Soil**. New York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1976. 482 p.

CALEGARI, A.. Culturas de cobertura para plantio direto em solos argilosos. In: **CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2.**, 1997, Pato Branco. **Resumo de Palestras**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1997. p. 51-61.

CALEGARI, A. *et al.* Culturas, sucessões e rotações. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C.Z.. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 59-80.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F.. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: O. A. Camargo/L.R.F. Alleoni, 1997. 131 p.

CAMARGO, O. A.. Aeração. In: MONIZ, A. C.(Coord.). **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono/EDUSP, 1975. p. 85-92.

CAMPOS, B. C. de *et al.* Estabilidade estrutural de um latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p.120-127, jan./abr. 1995.

CARVALHO JÚNIOR, I. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 3, p.505-514, jul./set. 1998.

CASTRO, S.S. de. **Micromorfologia de Solos: pequeno guia para descrição de lâminas delgadas**. São Paulo: Departamento de Geografia/USP, 1989. 87 p. Apostila de curso.

CASTILLO, R. **Sistemas orbitais e uso do território: integração eletrônica e conhecimento digital do território brasileiro**.1999. 317 p. Tese – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

CHRISTOFOLETTI, A.. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, 1979. 106 p.

COMPACTAÇÃO do solo em PD é perfeitamente contornável. **Direto no Cerrado**, Brasília, v.4, n.16, p.8-9, abr.2000.

CORATO, R. M. S.; BOTELHO, R. G. M. Uso da microbacia como unidade fundamental de análise em ciências ambientais: uma avaliação a partir dos simpósios nacionais de controle de erosão. In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CONTROLE DE EROSAO, 7., 2001, Goiânia. **Anais ...** Goiânia: ABGE, 2001. 1 CD-ROOM.

CINTRA, F. L. D.; MIELNICZUK, J.. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 2, p.197-201, maio/ago. 1983.

_____. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 311-317, abr./jun. 1998.

CLEPS JUNIOR, J. **Dinâmica e estratégias do setor agroindustrial no cerrado: o caso do Triângulo Mineiro**. 1998. 291 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

CORRÊA, J. C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 11, p. 1317-1322, nov. 1985.

CORSINI, P. C.. Problemas causados pela compactação dos solos. **STAB – açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 11, n. 5, p. 8-13, maio/jun. 1993.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S.. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 289-298, fev. 1999.

COSTA, A .A.. **Estudo da influência da prática de monocultura nas características físicas em uma área de solos de cerrado - Alta bacia do rio Uberabinha - MG**. 1998. 114 p. Monografia – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 1998.

CUNHA, A. S. (coord.). **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos Cerrados**. Brasília: IPEA, 1994. 256 p.

D'AGOSTINI, L. R. **Recuperação física do solo por sistemas de cultivo**. 1981. 50 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1981.

DEL GROSSI, S. R. As características regionais da natureza. In: _____. **De Uberabinha a Uberlândia: os caminhos da natureza**. p. 40-77. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia,

Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

_____. A dinâmica climática atual de Uberlândia e suas implicações geomorfológicas. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 5, n. 9 e 10, p. 115-120, jan./dez. 1993.

DE MARIA, I. C. Erosão e terraços em plantio direto. Separata de: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa/MG, v.24, n.3, p.17-21, jul./set. 1999.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H.. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, n.3, p.703-709, jul./set. 1999.

DERPSCH, R.. Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre plantio direto no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Plantio direto no Brasil**. Piracicaba: Centro Acadêmico Luiz de Queiroz/Fundação Cargill, 1984. p.1-12.

DI BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.6, p.45-59, 1992.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: PINTO, M. N. (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2 ed. Brasília: UNB, 1993, p.17-73.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1979. s/p.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: SNLCS/EMBRAPA-EPAMIG, 1982, 526 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos (Rio de Janeiro/RJ). **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA/SPI, Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.

FELTRAN FILHO, A.. **A estruturação das paisagens nas chapadas do Oeste Mineiro**. 1997. 252 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.

FERNANDES, B. *et al.* Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros,

em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.3, p. 329-333, set./dez. 1983.

FERRETI, E. R. A bacia hidrográfica: questões metodológicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., FÓRUM LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 1., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Nacional dos Geógrafos, 1997. 1 CD-ROOM.

FRASCOLI, A. C.. **Caracterização morfológica dos solos na chapada Uberlândia-Uberaba, nas nascentes do rio Uberabinha.** Uberlândia: DEGEO, 1998. 30 p. (Relatório de pesquisa)

FREITAS, P. L. de. O sistema de Plantio direto e a sustentabilidade na agricultura. Separata de: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa/MG, v.24, n.3, p.25-28, jul./set. 1999.

FREITAS, P. L. de; KER, J. C. As pesquisas em microbacias hidrográficas: situação atual, entraves e perspectivas no Brasil. In: CASTRO FILHO, C; MUZILLI, O. (Coord.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas.** Londrina: IAPAR, 1996. p. 41-56.

GALINDO, O.; SANTOS, V. M.. Centro-Oeste: evolução recente da economia regional. In: AFONSO, R. de B. A.. **Desigualdades Regionais e Federalismo.** São Paulo: FUNDAP/UNESP, 1995. p.157-194.

GASSEN, D.; GASSEN, F.. **Plantio Direto: o caminho do futuro.** Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GOEDERT, W. J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo.** São Paulo: Nobel, 1986. 422 p.

GROHMANN, F.. Estrutura. In: MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de Pedologia.** São Paulo: Polígono/EDUSP, 1972. p. 101-110.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C.. Conceitos. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z.. **Sistema Plantio Direto.** Brasília: EMBRAPA-SPI; Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 15-20.

JORGE, J. A.. Compactação e subsolagem do solo. In: _____. **Física e Manejo dos solos tropicais.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. p.87-118.

KERTZMAN, F. F. **Modificações na estrutura e no comportamento de um Latossolo Roxo provocadas pela compactação.** 1996. 153 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia,

Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

KIEHL, E. J.. **Manual de Edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

LEITE, J. A.; MEDINA, B. F.. Efeito dos sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um Latossolo Amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 11, p. 1417-1422, nov. 1984.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D.. **Manual de descrição e coleta do solo em campo**. Campinas: SBCS/SNLCS, 1996. 45 p.

LEPSCH, I. F. **Solos: formação e conservação**. 4 ed. São Paulo: Melhoramentos, 1982. 160 p.

LILIENFEIN, J. *et al.* **Managing Acid Soils: water and nutrient fluxes as indicators of sustainable land use in the Brazilian Savanna**. Bayreuth, Institute of Soil Science and Soil Geography, 1999. 340 p. (Final Report 1997-1999)

LIMA, S. do C. O Triângulo Mineiro. In: _____. **As veredas do Ribeirão Panga no Triângulo Mineiro e a Evolução da Paisagem**. 1996. p.41-102. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1996.

_____. Meteorologia e hidrodinâmica na Baía da Ribeira, em Angra dos Reis. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 23-28, 1989b.

LIMA, S. do C.; ROSA, R.; FELTRAN FILHO, A.. Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia - MG, através de Imagens TM/LANDSAT. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 127-145, dez. 1989.

LIMA, J.M. *et al.* : Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n. 1, p.85-90, jan./abr. 1990.

MACHADO, J. A.; BRUM, A. C. R.. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, n.2, p. 81-84, maio/ago. 1978.

MAGNANO, H.; SILVA, M. T. M. da.; FONZAR, B. C. Vegetação. In: RADAMBRASIL. **Levantamento dos Recursos Naturais**. Folha SE - 22 Goiânia. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL, 1983, p. 577-636. v. 31

MEDINA, H. P.. Água no solo. In: MONIZ, A. C. (Coord.) **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Polígono/EDUSP, 1972. p.45-58.

MEDINA, B. F.; LEITE, A. Influência de três sistemas de manejo e duas coberturas vegetais na infiltração de água em um Latossolo Amarelo em Manaus - AM. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 11, p. 1323-1331, nov. 1985.

MERCANTE, F.M.. Biomassa e a atividade microbiana: indicadores da qualidade do solo. **Direto no Cerrado**, Brasília, v. 6, n.20, p. 9-10, abr./maio 2001.

MONDARDO, A.. Manejo e conservação: In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Plantio direto no Brasil**. Piracicaba: Centro Acadêmico Luiz de Queiroz/Fundação Cargill, 1984. p.53-78.

NEUFELDT, H. **Lande-use effects on soil chemical and physical properties of Cerrado Oxisols**.1998. 174 p. Bayreuther Bodenkundliche Berichte. Univ. Bayreuth , in press.

NIMER, E.. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Centro Oeste**. Rio de Janeiro: SERGRAF/IBGE, 1977. p. 35-58 . vol.4

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e Áreas Adjacentes. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 9-15, jun. 1989.

PEETEN, H.. O controle da erosão em 200.000 ha cultivados na região dos campos gerais do Paraná, pelo sistema do plantio direto. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Plantio direto no Brasil**. Piracicaba: Centro Acadêmico Luiz de Queiroz/Fundação Cargill, 1984. p.79-92.

PEREIRA, M. H.. A segunda revolução verde. In: SATURNINO, H. M.; LANDERS, John N. (Coord.). **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p. 25-28.

PÉRET, R. de C. A.. A questão da sustentabilidade da agricultura do cerrado. In: SHIKI, S.; GRAZIANO DA SILVA, J.; ORTEGA, A. C. (Orgs.). **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do cerrado brasileiro**. Uberlândia: EDUFU, 1997. p. 353-372.

PESSÔA, V. L. S.. **Características da modernização da agricultura e do desenvolvimento rural em Uberlândia**. 1982. 164 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1982.

PRIMAVESI, O.. Sistema plantio direto (SPD): fundamentos olvidados!. Separata de: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa/MG, v.24, n.3, p.22-24, jul./set. 1999.

QUEIROZ NETO, J. P. de. Pedologia: conceito, método e aplicações. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.3, p. 95-102, 1984.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SE 22 Goiânia. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL, 1983.764 p. v. 31

RESCK, D. V. S.. O plantio direto como alternativa de sistema de manejo e conservação do solo e da água na região dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CBCS, 1997. 1 CD-ROM.

RESENDE, M. *et. al.* Interpretação. In: _____. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 2 ed. Viçosa/MG: NEPUT, 1997. p. 13-81.

RIZZO, L. T. B. **Indicadores da resiliência do Latossolo Vermelho Escuro cultivado com citros e eucalipto em Itapetininga-SP: recuperação de um solo degradado pela compactação**. 2000. 200 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.

ROSA, R.; LIMA, S. do C.; ASSUNÇÃO, W. L.. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5 e 6, p.91-96, jan./dez. 1991.

ROSOLEM, C. A. *et al.* Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.5, p. 821-828, maio 1999.

RUELLAN, A.; DOSSO, M.. L'analyse structurale de la couverture pédologique: origenes et conséquences. In: _____. **Regards sur le sol**. Paris: FOUCHER, 1993. p. 31-68.

RUELLAN, A.. **Descobrir o solo**. Montpellier: C.N.E.A.R.C., 1990. 45 p. (apostila produzida a partir do filme Terra pra viver).

RUISDIAS, G.. Aviso aos agricultores: "Arar e gradear são prejudiciais à natureza. **Direto no Cerrado**, Brasília, v. 6, n.20, p. 12-13, ago. 1999.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C. . Adoção. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z.. **Sistema Plantio Direto**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 21-35.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z.. **Sistema Plantio Direto**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 248 p.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R.. Rotação de culturas. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Plantio direto no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1993, p. 85-103.

SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. (Coord.). **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. 116 p.

SCHIAVINI, I.; ARAÚJO, G. M.. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p.61-66, jun. 1989.

SCHNEIDER, M. de O. **Bacia do rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente**. 1996. 157 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1996.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.. Alerta à agricultura do Brasil Central: o PD está em perigo. **Direto no Cerrado**, Brasília, v. 5, n.18, p.6, out./nov. 2000.

SHIKI, S.. Sistema Agroalimentar no Cerrado Brasileiro: caminhando para o caos?. In: SHIKI, S.; DA SILVA, J.; ORTEGA, A. C.(Orgs.). **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do Cerrado Brasileiro**. Uberlândia: EDUFU, 1997. p. 135-165.

SILVA, C. L. da; KATO, E.. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 213-220, fev. 1997.

_____. Avaliação de modelos para previsão da infiltração de água em solos sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1149-1158, jul. 1998.

SOUSA JÚNIOR *et. al.* Geologia. In: RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SE 22 Goiânia. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL, 1983. p. 154-348. v. 31.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, jan. 1999.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.15, n.3, p. 229-235, set./dez. 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf. **STAB** – açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v. 1, n. 3, p.50-59, jan./fev. 1983.

TAVARES FILHO, J.; BALBINO, L. C.; NEVES, C. S. V. J.. Método do perfil cultural para a avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, n. 2, p. 393-399, abr./jun. 1999.

TELES, G.M. **Estudos Goianos: a poesia em Goiás**. 2 ed. Goiânia: Editora da UFG, 1983. 510 p. v.1 (estudo/antologia)

TOGNON, A. A.. **Atributos dos Latossolos mapeados em Cerrados (Brasil Central) e floresta amazônica**. 1997. 192 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n. 2, p. 333-339, maio/ago. 1996.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M.. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, n.2, p. 301-309, abr./jun. 1998.

TORRES *et al.* Compactação do solo. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto**. Brasília: EMBRAPA/SPI; Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1998. p. 104-118.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O.. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n.7, p. 873-882, jul. 1984.

ANEXOS

ANEXO 1

Gráficos dos ensaios de resistência do solo à penetração nas áreas de vegetação natural de cerrado, plantio convencional e plantio direto

Gráfico 1 - Resistência do solo à penetração em área coberta por vegetação de Cerrado - Pontos ao lado da trincheira

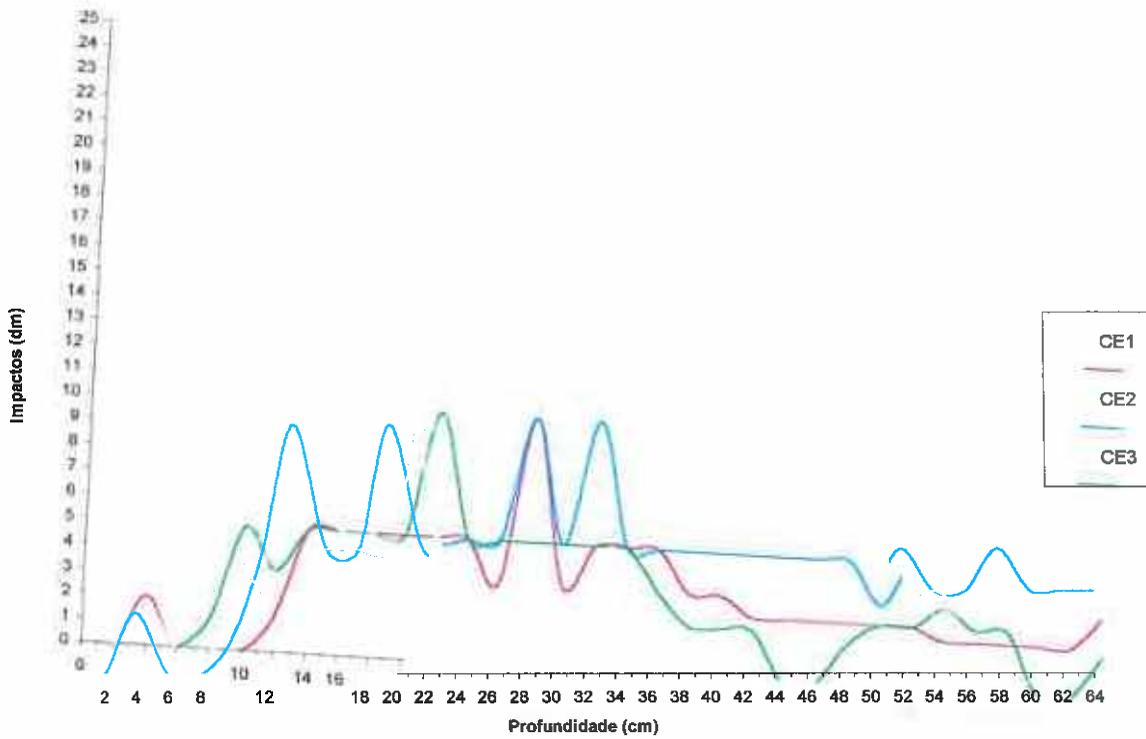


Gráfico 2 - Resistência do solo à penetração em área coberta por vegetação de Cerrado - Pontos afastados da trincheira

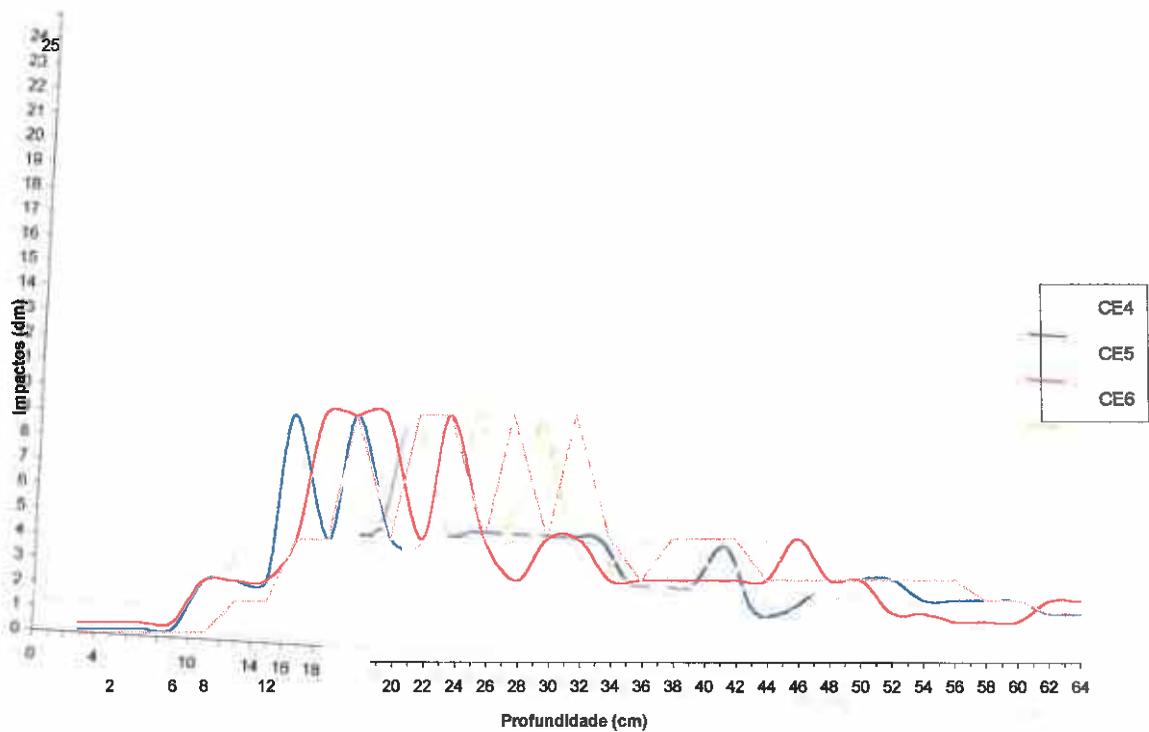


Gráfico 3 - Resistência do solo à penetração em área de Plantio Convencional - linha/sem roda da colheitadeira

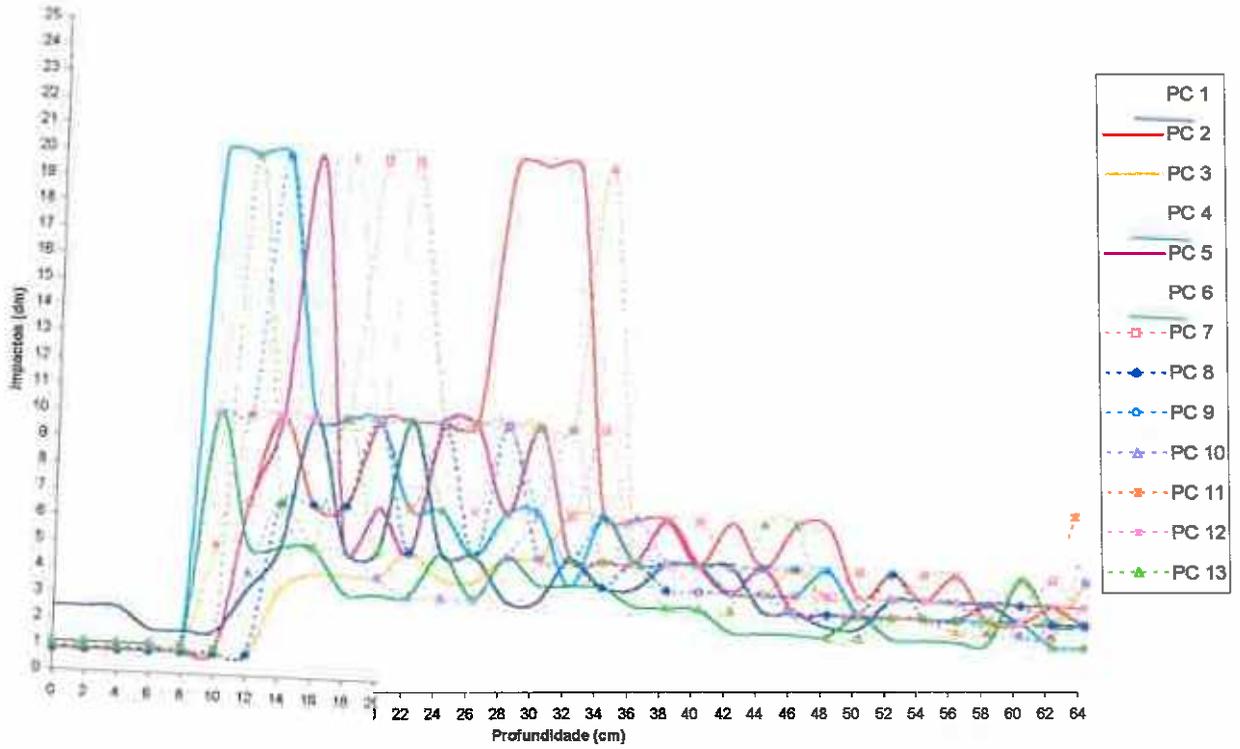


Gráfico 4 - Resistência do solo à penetração em área de Plantio Convencional - linha/com roda da colheitadeira

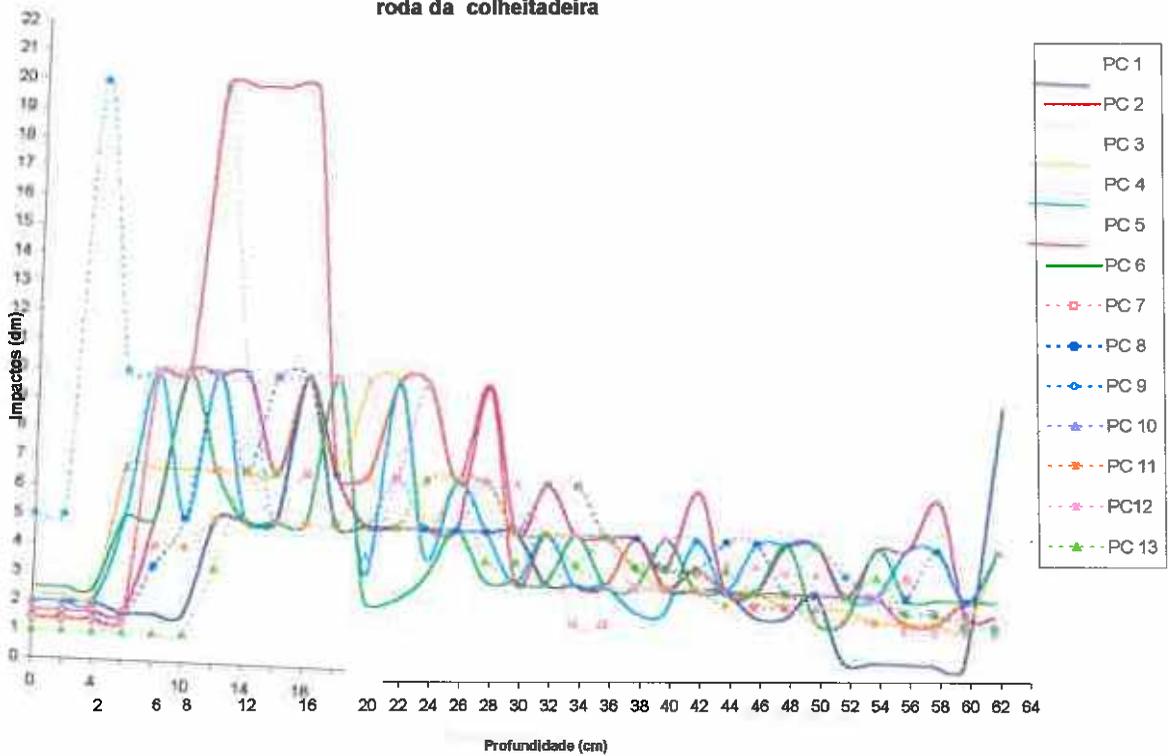


Gráfico 5 - Resistência do solo à penetração em área de Plantio Convencional - entrelinha/sem roda da colheitadeira

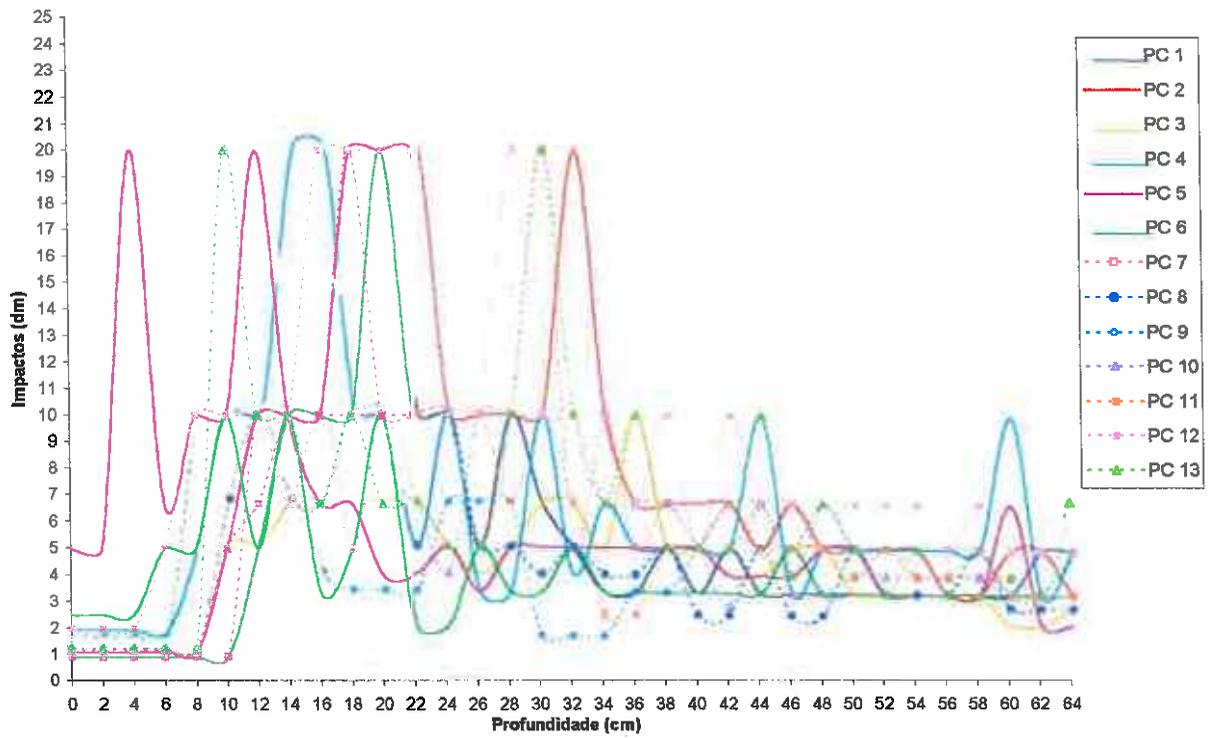


Gráfico 6 - Resistência do solo à penetração em área de Plantio Convencional - entrelinha/com roda da colheitadeira

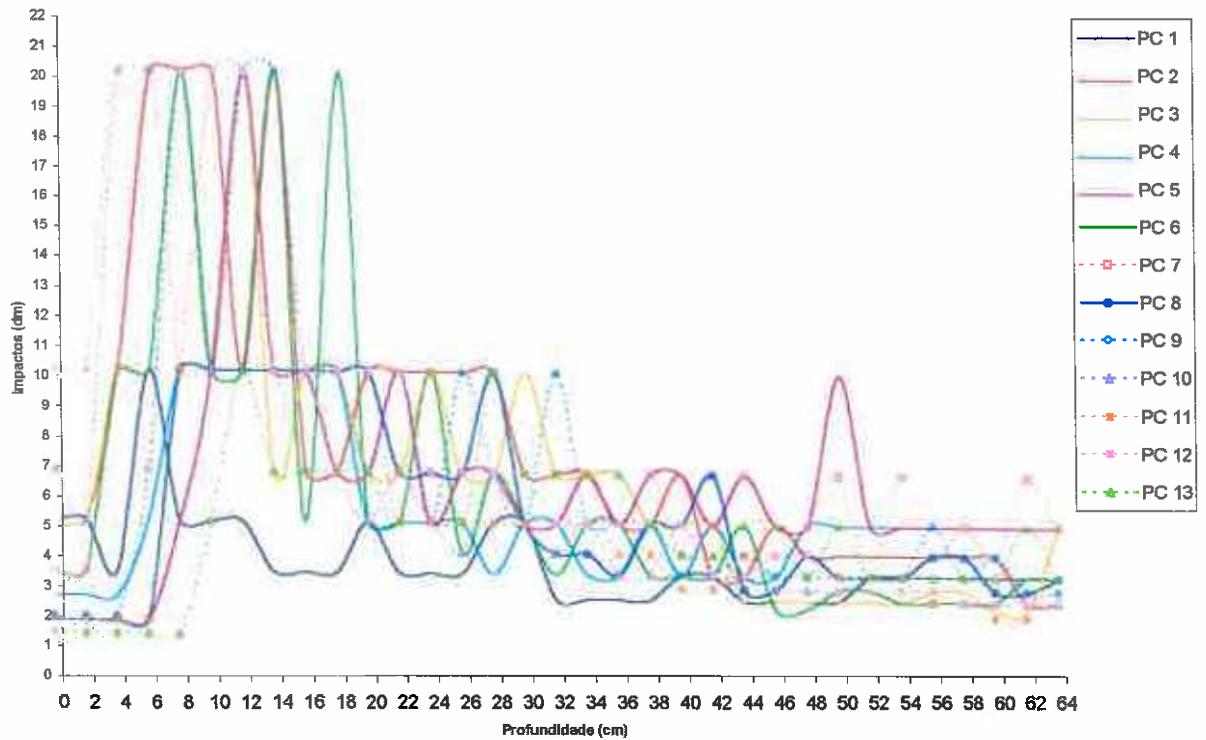


Gráfico 9 - Resistência do solo à penetração em área de Plantio Direto - entrelinha /sem roda da colheitadeira

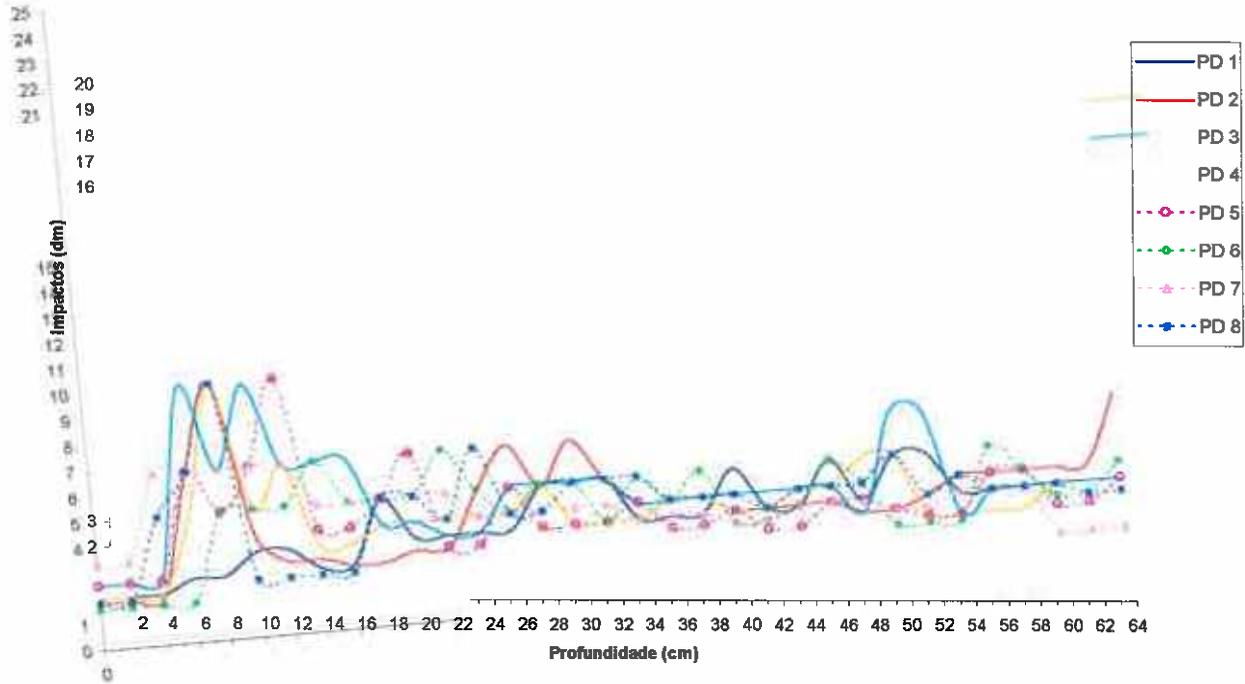
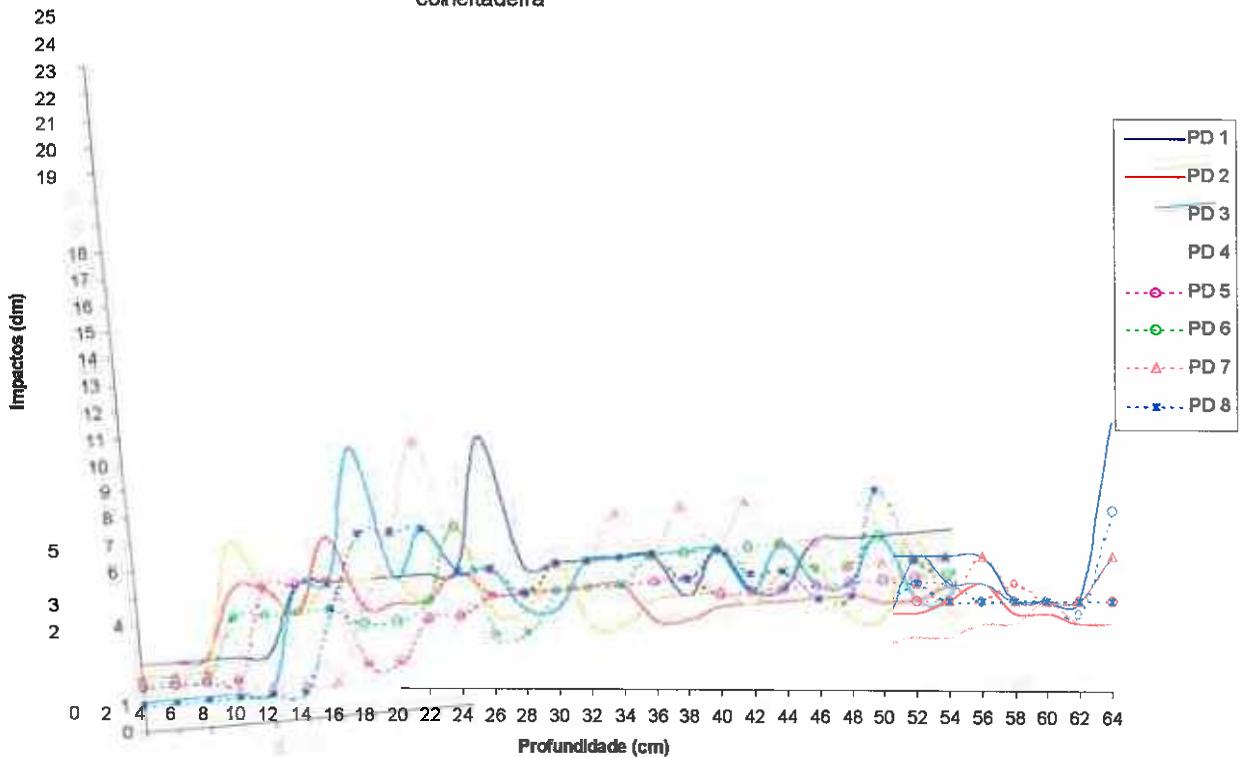


Gráfico 10 - Resistência do solo à penetração em área de Plantio Direto - entrelinha/com roda da colheitadeira



ANEXO 2

Descrição morfológica dos perfis selecionados

Descrição morfológica dos perfis:

1) Cerrado

Perfil: CE 01

Data: 05/08/2000

Classificação: Latossolo Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, fase Cerrado, relevo plano.

Unidade de mapeamento: LVA

Localização: À esquerda da rodovia BR 050 (Km 93), sentido Uberlândia-Uberaba. 19° 05' 55" S e 48° 07' 48" W

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: topo da chapada, declive < 2%, sob reserva de vegetação natural de Cerrado.

Altitude: 952 m

Litologia: Cobertura argilo-laterítica (?)

Formação geológica: Sedimentos cenozóicos (?)

Cronologia: Terciário – Cenozóica (?)

Material de origem: cobertura de caráter argiloso

Pedregosidade: não pedregoso

Rochosidade: não rochoso

Relevo local: plano

Relevo regional: plano a suave ondulado

Erosão: não aparente

Drenagem: acentuadamente drenado

Vegetação primária: Cerrado (fitofisionomia campo cerrado)

Uso atual: reserva de vegetação nativa

Clima: Aw megatérmico da classificação de Köppen

Descrito e coletado por: S.S. Castro e A. A. Costa.

A11 (0-2/6 cm) – apresenta uma parte superficial mais solta com muitas raízes e restos orgânicos. Abaixo aparecem as características dominantes do horizonte, ou seja, bruna (7,5 YR 4/4; úmida) com manchas bruno-amareladas (5YR 4/6);

muito argilosa; estrutura em blocos subarredondados médios e pequenos, forte; porosidade tubular e estrutural, muito pequena a grande; ligeiramente dura, firme, plástica e pegajosa; presenças de nódulos de argila compacta; raízes fasciculadas e pivotantes, finas e médias, abundantes; transição abrupta, ligeiramente ondulada.

A12 (2/6-16/30 cm) – bruna (7,5 YR 4/4; úmida) com manchas vermelho-amareladas (5 YR 4/6; úmida); muito argilosa; blocos angulosos média e pequena, moderada a forte; muitos poros pequenos a grandes; ligeiramente dura, firme, plástica e pegajosa, reduziram os nódulos e tubos de argila compacta; raízes fasciculadas e pivotantes, finas e médias, abundantes; transição abrupta a clara, ondulada.

AB (16/30 a 39/50 cm) – vermelho-amarelada (5 YR 4/6; úmida) com manchas difusas bruno-avermelhadas (5 YR 4/3); muito argilosa; blocos subangulares, muito grande, moderada a forte, que se desfaz em blocos subangulares, pequena a muito pequena; muitos poros, muito pequenos a grandes; ligeiramente dura, friável, muito plástica e pegajosa; raízes fasciculadas e pivotantes, finas e médias, comuns; transição abrupta a clara, ondulada.

BA (39/50 a 72/85 cm) – vermelho-amarelada (5YR 4/6; úmida) com numerosas zonas difusas bruno-avermelhada (5 YR 4/3, úmida); muito argilosa; blocos subangulares a arredondados, pequena a média, moderada, que se desfazem parcialmente em granular, pequena, forte; muitos poros, muito pequenos a médios; macia, friável, muito plástica e pegajosa; presença de nódulos de argila (0,5 a 1 cm); raízes finas, poucas; transição clara e plana.

Bw1 (72/85-120/125 cm) – vermelho-amarelada (5 YR 4/6 úmida); muito argilosa; blocos subangulares, grande, moderada, que se desfazem em granular média, moderada; muitos poros, muito pequenos a médios, macia, friável, muito plástica e pegajosa; numerosos nódulos de argila compacta (0,5 a 1 cm); raízes finas, raras; transição clara ligeiramente ondulada.

Bw2 – (120/125-210+ cm) – vermelho-amarelada (5 YR 4/6 úmida); argilosa; blocos subangulosos que se desfazem em granular média, moderada; muitos poros muito pequenos a médios; macia, friável, muito plástica e pegajosa; raízes finas, raras; presença de pedotúbulos (canalículos de cupins) de 4 a 5 cm de comprimento e 1 a 2 cm de diâmetro; presença de nódulos compactos de argila.

2) Plantio Convencional:

Perfil: PC 01

Data: 04/08/2000

Classificação: Latossolo Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, fase Cerrado, relevo plano

Unidade de mapeamento: LVA

Localização: À esquerda da rodovia BR 050 (Km 93), sentido Uberlândia-Uberaba. 19° 07' 36" S e 48° 04' 40" W.

Situação e declive: área de topo de chapada, com declive < 2%, sob cultivo

Altitude: 954 m

Litologia: Cobertura argilo-laterítica (?)

Formação geológica: Sedimentos cenozóicos (?)

Cronologia: Terciário – Cenozóica (?)

Material de origem: cobertura de caráter argiloso

Pedregosidade: não pedregoso

Rochosidade: não rochoso

Relevo local: plano

Relevo regional: plano a suave ondulado

Erosão: não aparente

Drenagem: acentuadamente drenado

Vegetação primária: Cerrado

Uso atual: rotação anual soja/milho

Clima: Aw megatérmico da classificação de Köppen

Descrito e coletado por: S.S. Castro e A. A.Costa.

Volume superficial (Ap) (0-6/14 cm) – bruno (7,5 YR 4/4 com manchas 4/3; úmida); arenoso; blocos subangulares, grandes a muito grandes com núcleos maciços coesos, fraca, desfazendo em granular simples, moderada; porosidade interagregada fissural, comum; dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; alguns nódulos de argila e algumas pelotas fecais de 5 mm de diâmetro; raízes fasciculadas muitas; transição abrupta e ondulada.

Volume compactado (6/14-45/56 cm) – bruno (7,5 YR 4/4 com manchas 4/3; úmida) passando a bruno-forte nas maiores profundidades (7,5 YR 4/6; úmida); textura média; blocos subangulares a angulares, grandes a muito grandes, fraca desfazendo em granular simples, moderada; porosidade tubular muito pequena (submilimétrica), pouca, desaparece a fissural e apresenta algumas galerias resultantes da atividade biológica (cupins); ligeiramente dura a dura; firme a muito firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, compactação muito forte, com volumes maciços descrevendo forma sinoidal correspondente, em alguns casos, às linhas da cultura; o solo continua poroso, absorvendo bastante água; diminuiu consideravelmente o nº de raízes em relação ao volume anterior, as quais concentraram entre 10 e 15 cm e são reduzidas nas maiores profundidades; transição descontínua e fortemente ondulada.

Volume de transição AB (8-56/75 cm) – bruno-forte (7.5 YR 4/6; úmida), com maior homogeneidade do que nos volumes anteriores; textura média; blocos subangulares a angulares, grandes a muito grandes, fraca desfazendo em granular simples, moderada; aumento da porosidade tubular, muito pequena; ligeiramente dura, firme; menos compactado do que o volume anterior; raízes fasciculadas finas, raras (estas são localizadas e mais comuns na parte superior do volume); atividade biológica reduziu consideravelmente; transição gradual e ondulada

Volume profundo Bw (45/56-90+ cm)– vermelho-amarelado (5 YR 4/6; úmida); textura argilo-arenosa, estrutura granular pequena, forte; elevada porosidade tubular e intersticial, o que dá aparência de esponja; macia, muito friável,

ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica; ausência de raízes; alguns nódulos de argila arredondados (centimétricos).

3) Plantio Direto:

Perfil: PD 01

Data: 06/10/2000

Classificação: Latossolo Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, fase Cerrado, relevo plano.

Unidade de mapeamento: LVA

Localização: À esquerda da rodovia BR 050 (Km 93), sentido Uberlândia-Uberaba. 19° 07' 36" S e 48° 04' 40" W.

Situação e declive: topo de chapada, com declive < 2%, sob cultivo

Altitude: 954 m

Litologia: Cobertura argilo-laterítica (?)

Formação geológica: Sedimentos cenozóicos (?)

Cronologia: Terciário – Cenozóica (?)

Material de origem: cobertura de caráter argiloso

Pedregosidade: não pedregoso

Rochosidade: não rochoso

Relevo local: plano

Relevo regional: plano a suave ondulado

Erosão: não aparente

Drenagem: acentuadamente drenado

Vegetação primária: Cerrado

Uso atual: rotação anual soja/milho e culturas de outono/inverno (nabo forrageiro e milheto)

Clima: Aw megatérmico da classificação de Köppen

Descrito e coletado por: I. F. Lepsch e A. A. Costa.

Volume superficial (0-3 cm) – bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmida); argilo-arenosa; predomínio da estrutura granular, pequena a média, fraca, mas há ocorrência dispersa de subangular, média, moderada; porosidade intersticial e

resultante de atividade biológica como raízes e microfauna; material solto e pulverizado (seco), solto (úmido), ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; presença de muitas raízes finas fasciculadas; transição abrupta e ondulada.

Volume compacto (3-26/45 cm) – bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmida), argilo-arenosa; subangular, média, moderada; porosidade intersticial e resultante de atividade biológica, principalmente de raízes; ligeiramente duro a dura, ligeiramente friável, ligeiramente pegajosa e plástica; horizonte apresentando maior resistência que os demais; muitas raízes fasciculadas finas; transição gradual irregular/descontínua

Volume de transição AB (26/45-34/48 cm) – bruno-avermelhado (2,5 YR 4/4, úmida), argilo-arenosa, porém com ligeiro aumento de argila em relação ao volume anterior; subangular pequena a média, fraca que se desfaz em granular, pequena, forte; ligeiramente dura, friável, pegajosa e plástica; material um pouco menos resistente que o anterior (resistência intermediária entre volume 2 e BA); raízes fasciculadas finas, comuns; transição clara e ondulada

Volume de transição BA (26/34-71/87 cm) – bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmida), argilosa, subangular, média, muito fraca e granular, muito pequena, forte; poros intersticiais, médios a grandes, bem como, galerias resultantes da ação da microfauna; ligeiramente dura, friável, pegajosa e plástica; material pouco resistente, com características mais próximas ao horizonte subsequente, raízes finas comuns; presença de várias manchas escuras com cor semelhante àquela dos horizontes superficiais, associado a material incorporado pela microfauna; transição gradual e muito ondulada.

Bw 1 (71/87– 90+ cm) – vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmida), argilosa, granular muito pequena, forte; porosidade intersticial e tubular, macia, muito friável, pegajosa e plástica; poucas raízes finas.

ANEXO 3

Descrição micromorfológica dos perfis selecionados

Descrição Micromorfológica:

1) CERRADO

- **Horizonte Bw2** - Lâmina CE 6 (120-127 cm)

Microagregados dominantes, arredondados, com limites proeminentes a nítidos. Os poros são comunicantes, de empilhamento dos microagregados e com presença de muitos canais.

O esqueleto é quartzoso, com tamanhos variados, formas arredondadas a angulosas, distribuídos aleatoriamente entre os microagregados, envolvidos por películas de plasma.

A assembléia é enáulica, com aproximadamente 44% de plasma, 3% de esqueleto e 53% de poros.

- **Horizonte Bw1** - Lâmina CE 5 (80-87 cm)

Não elaborada em função da invalidez da amostra.

- **Horizonte BA** - Lâmina CE 4 (50-57 cm)

Microagregados subarredondados (os menores) e subarredondados a subangulares (os maiores), limites com menor nitidez do que na lâmina do Bw2. Os microagregados começam a apresentar junção, constituindo blocos incipientes, nos quais o plasma cimenta continuamente os grãos de quartzo.

Boa porosidade em toda lâmina, todavia com ligeira redução se comparada àquela do Bw2. Os poros são contínuos, comunicantes entre si, de empilhamento entre os microagregados e com ocorrência secundária de canais e pequenas fissuras.

O esqueleto é quartzoso, geralmente, distribuído no interior dos microagregados, de forma aleatória. Secundariamente têm-se os grãos separados dos microagregados e contornados por uma película de plasma e, nos casos em que há junção dos microagregados, os grãos de quartzo encontram-se ligeiramente agrupados no interior dos blocos.

A assembléia é enáulica-porfírica, constituída por plasma (45%), esqueleto (5%) e poros (50%).

- **Horizonte AB** - Lâmina CE 3 (23-30 cm)

Presença de blocos incipientes, resultantes da junção dos microagregados, separados por poros com diâmetros menores, porém comunicantes entre si. Os blocos são irregulares, havendo uma significativa presença das formas subangulares. Os microagregados arredondados e separados praticamente desaparecem.

Os poros são resultantes, na maior parte, do empilhamento entre os microagregados. Todavia, é representativa a ocorrência de grandes canais e de poros planares. Apesar da alteração na organização dos pedes, observa-se que há boa porosidade na lâmina, com dominância dos poros contínuos e que comunicam entre si.

O esqueleto é quartzoso. As formas angulosas são dominantes e as arredondadas são secundárias. Distribuem-se agrupados no interior dos blocos ou aleatoriamente entre os blocos. Os limites, na maioria das vezes, são nítidos.

A assembléia é porfírica-enáulica, constituída por plasma (50%), esqueleto (5%) e poros (45%).

- **Horizonte A12** - Lâmina CE 2 (8-15 cm)

Os blocos irregulares a angulosos, formados pela junção dos microagregados, são dominantes. Apresentam tamanhos reduzidos, se comparados aqueles da lâmina anterior.

De um modo geral, há boa porosidade, apesar da mesma ser reduzida, se comparada com o horizonte Bw2. Os poros continuam apresentando diâmetros estreitos, porém dominam aqueles comunicantes entre si.

O esqueleto é quartzoso, com domínio dos grãos subangulares, seguidos dos arredondados. Encontram-se envolvidos pelo plasma o que, geralmente, dificulta a observação da nitidez de seus limites. Distribuem-se agrupados no interior dos blocos, seguidos da distribuição aleatória. Apresentam-se com ranhuras em suas faces.

A assembléia é porfírica-enáulica. É constituída por plasma (47%), esqueleto (3%) e poros (50%).

- **Horizonte A11** – não foi coletado amostra em campo deste horizonte, devido a estrutura frágil e a presença de muitas raízes.

2) PLANTIO CONVENCIONAL

- **Horizonte Bw** - Lâmina PC X (80-87 cm)

Os microagregados possuem formas arredondadas e limites nítidos.

A porosidade é elevada, com poros comunicantes entre si e resultantes do arranjo entre os microagregados. Há ainda muitos canais.

Os esqueletos são quartzosos, com formatos angulosos a subangulosos. Distribuem-se, geralmente, de forma aleatória entre os microagregados, contornados por uma película de plasma.

A assembléia é enáulica, constituída por plasma (42%), esqueleto (3%) e poros (55%).

- **Volume moderadamente compactado/linha sem roda da colheitadeira** - Lâmina PC VIII (20-27 cm)

Ainda é possível observar o formato arredondado dos microagregados, mas os mesmos já começam a apresentar deformação. Seus limites são nítidos, com ocorrência secundária de limites difusos. Os microagregados encontram-se mais próximos uns dos outros. A fusão parcial destes, já começa a ser observada.

A porosidade é ligeiramente mais reduzida do que no Bw. Os poros apresentam diâmetros mais estreitos, porém ainda são comunicantes entre si. Dominam aqueles resultantes do arranjo entre os microagregados, com a presença secundária de pequenas fissuras, principalmente nas zonas em que os plasma é contínuo, formando blocos incipientes.

O esqueleto é quartzoso, de tamanhos variado, arredondados a subangulares (os maiores tendem a ser arredondados), nítidos e apresentam distribuição aleatória no interior dos microagregados.

A assembléia é enáulica, constituída por plasma (42%), esqueleto (8%) e poros (50%).

- **Volume moderadamente compactado/entrelinha sem roda da colheitadeira - Lâmina PC VII (26-33 cm)**

Os microagregados deformados são dominantes, apesar de ainda ser possível perceber o formato arredondado; os limites são nítidos a difusos. Predomina a fusão parcial, havendo poros entre os microagregados que não se comunicam com os poros externos. Nas bordas superior e inferior da lâmina, a fusão dos microagregados foi mais significativa e intensa, com o plasma cimentando continuamente os grãos de quartzo e formando blocos com fissuras não comunicantes em seu interior.

A porosidade ainda é elevada, apesar dos poros apresentarem diâmetros estreitos e menor comunicação entre si. Estes, são resultantes, sobretudo, do arranjo entre os microagregados, com presença secundária de canais e fissuras.

Os esqueletos são quartzosos, arredondados e angulosos (estes últimos são dominantes) e, grande parte, apresenta-se com fraturas. Predomina a distribuição aleatória no interior dos microagregados, ocorrendo secundariamente a distribuição agrupada.

A maior deformação dos microagregados e o fechamento da porosidade são as características que diferenciam esta lâmina da anterior, coletada no mesmo volume delimitado quanto à compactação, porém em situação diferenciada para a cultura agrícola.

A assembléia é enáulica-porfírica, constituída por plasma (44%), esqueleto (8%) e poros (48%).

- **Volume muito compactado/entrelinha sem roda da colheitadeira - Lâmina PC VI (29-36 cm)**

Os microagregados apresentam deformação, mas ainda é possível identificar suas formas arredondadas. A fusão parcial é dominante.

A porosidade é boa, sendo ligeiramente melhor do que na lâmina anterior, apesar de encontrar-se no volume considerado, em campo, com grau maior de compactação. Predominam os poros intercomunicantes, sendo que aqueles isolados encontram-se apenas nas zonas isoladas de plasma contínuo. Observa-se também a presença de grandes fissuras e de cavidades.

O esqueleto é quartzoso, com grãos subangulosos a arredondados (predomínio do primeiro). Apresentam fraturas em suas faces e, geralmente, distribuem-se aleatoriamente no interior dos microagregados, estando agrupados apenas nas partes em que o plasma é contínuo.

A assembléia é enáulica com zonas isoladas porfíricas. É constituída por plasma (42%), esqueleto (8%) e poros (50%).

- **Volume muito compactado/linha sem roda da colheitadeira - Lâmina PC V (16-23 cm)**

Os microagregados encontram-se fundidos parcialmente, todavia a fusão total dos pedes ocorre com maior frequência. Os pedes apresentam formas irregulares, com limites difusos.

A porosidade apresenta-se bastante reduzida, em volume e quanto aos diâmetros dos poros, apesar de não ter sido totalmente comprometida. Ainda predominam os poros intercomunicantes, embora tenha aumentado a quantidade de poros isolados entre os microagregados fundidos. Dominam os poros resultantes do empilhamento dos microagregados, seguido das fissuras.

O esqueleto é quartzoso, subarredondado a subanguloso, geralmente, com fraturas e predomínio dos grãos distribuídos agrupados devido à fusão dos microagregados.

A assembléia é porfírica-enáulica, constituída por plasma (58%), esqueleto (8%) e poros (34%).

- **Volume muito compactado/entrelinha com roda da colheitadeira - Lâmina PC IV (15-22 cm)**

Na parte superior da lâmina, ocorre uma porcentagem significativa de pequenos microagregados, de formas irregulares, que se diferenciam do conjunto total de microagregados, de tamanhos maiores. Na parte inferior da lâmina predominam estes últimos, que apesar de encontrarem-se parcialmente fundidos, ainda possibilitam identificar sua forma subarredondada.

A porosidade apresenta melhoria se comparada à lâmina anterior, coletada no mesmo volume, aumentando a quantidade de poros comunicantes entre si.

Tem-se a presença de muitas fissuras e canais, mas os poros dominantes são resultantes do empilhamento entre os microagregados.

O esqueleto é quartzoso, distribuindo ora aleatoriamente, ora agrupado no interior dos microagregados. Apresenta-se, geralmente, fraturado.

A assembléia é enáulica-porfírica, constituída por plasma (45%), esqueleto (6%) e poros (49%).

- **Volume muito compactado/entrelinha com roda da colheitadeira - Lâmina PC III (10-17 cm)**

Os microagregados, na grande maioria, estão fundidos parcialmente, havendo maior incidência da fusão total dos mesmos. Predominam os microagregados deformados, apesar de ainda haver indícios que lembram seu formato arredondado. Os limites são difusos e os microagregados são menores do que nas lâminas anteriores.

Diminui a quantidade de poros contínuos e comunicantes entre si, sendo comum os poros isolados entre os microagregados fundidos, o que indica maior fechamento da porosidade nesta lâmina. O diâmetro dos poros reduziram bastante, mas ainda são resultantes, na maioria, do amontoamento entre os microagregados, com ocorrência secundária de fissuras.

O esqueleto é quartzoso, subarredondado a subangular (ligeiro domínio deste último), distribui-se, geralmente, agrupado entre os microagregados fundidos. Apresenta ranhuras.

A assembléia é porfírica, constituída por plasma (67%), esqueleto (3%) e poros (30%).

- **Horizonte Ap/linha sem roda da colheitadeira - Lâmina PCII (0-7 cm)**

Não elaborada em função da invalidez da amostra.

- **Horizonte Ap/linha com roda da colheitadeira - Lâmina PC I (0-7 cm)**

Os microagregados apresentam formas ligeiramente arredondadas, limites nítidos a difusos, separados por poros de diâmetros estreitos, porém com menor deformação do que na lâmina anterior. A fusão parcial dos microagregados ainda pode ser observada.

A porosidade é melhor distribuída, com ligeira melhoria na comunicação dos poros, os quais continuam sendo resultantes, sobretudo, do empilhamento dos microagregados, com ocorrência secundária de canais.

O esqueleto é quartzoso, subarredondado a subanguloso (este último predomina) e, geralmente, apresenta ranhuras. A distribuição é agrupada no interior dos microagregados, seguida da aleatória.

A assembléia é enáulica-porfírica, constituída por plasma (55%), esqueleto (5%) e poros (40%).

3) PLANTIO DIRETO

- **Horizonte Bw** - Lâmina PD XI (63-70 cm)

Não elaborada em função da invalidez da amostra.

- **Horizonte BA** - Lâmina PD X (35-37 cm)

Os microagregados são, na maioria, arredondados e com limites nítidos.

A porosidade é elevada, com domínio dos poros contínuos, comunicantes entre si e resultante do arranjo entre os microagregados, havendo, ainda, a presença, de muitos canais. Numa pequena zona em que o plasma é contínuo, observa-se a presença de poros planares.

O esqueleto é quartzoso, arredondado a anguloso, limites nítidos, predomínio da distribuição aleatória no interior dos microagregados e, geralmente, com ranhuras.

A assembléia é enáulica. É constituída por plasma (47%), esqueleto (3%) e poros (50%).

- **Volume pouco compactado/entrelinha sem roda da colheitadeira** - Lâmina PD IX (14-21 cm)

Na metade superior da lâmina os microagregados apresentam-se muito deformados, com limites difusos a muito difusos e fundidos total ou parcialmente (domínio da fusão total). Entre eles observa-se a presença de poros isolados de

diâmetro estreito, com pequena comunicação entre si. Há presença de fissuras de tamanhos e diâmetros variados e grandes canais.

Na metade inferior da lâmina os agregados apresentam menor deformação e, apesar de apresentarem fusão parcial, nota-se que é comum os microagregados arredondados. Os poros são contínuos, com boa intercomunicação e diâmetros ligeiramente maior, do que na metade superior. São resultantes do arranjo entre os microagregados, com presença secundária de fissuras e canais.

O esqueleto é quartzoso, subanguloso a subarredondado (com domínio do primeiro) e, geralmente, distribuem-se aleatoriamente no interior dos microagregados.

A assembléia é enáulica-porfírica, constituída por plasma (47%), esqueleto (5%) e poros (50%).

- **Volume pouco compactado/entrelinha com roda da colheitadeira - Lâmina PD VIII (32-39 cm)**

Na metade direita da lâmina, os microagregados estão, em grande parte, fundidos parcialmente, com zonas em que houve a fusão total dos mesmos. Apresentam deformação, limites difusos, embora ainda permitam identificar suas formas arredondadas a subangulosas. Os diâmetros dos poros são estreitos, havendo redução na intercomunicação e aumento da frequência de poros isolados entre o plasma. São resultantes do empilhamento dos microagregados, mas é comum a presença de grandes canais e de fissuras.

Na metade esquerda da lâmina, a fusão dos microagregados foi menos intensa e houve menor comprometimento da porosidade. Os poros são comunicantes entre si, apesar de ainda apresentarem diâmetros estreitos, se comparados ao horizonte não afetado pelo manejo. São resultantes do arranjo dos microagregados e secundariamente aparecem as fissuras e os canais.

O esqueleto é quartzoso, subanguloso a subarredondado, com fraturas, distribuem-se aleatoriamente no interior dos microagregados e, em alguns casos, encontram-se alinhados horizontalmente e agrupados devido à fusão do plasma.

A assembléia é porfírica-enáulica, constituída por plasma (52%), esqueleto (3%) e poros (45%).

- **Transição do volume moderadamente compactado para o volume pouco compactado** – Lâmina PD VII (20-27 cm)

Na metade superior da lâmina os pedes arredondados a subangulosos, estão fundidos parcialmente, havendo zonas em que os mesmos apresentam fusão total. Os poros são intercomunicantes, com exceção das áreas em que os microagregados encontram-se fundidos totalmente. Neste caso, é comum poros isolados entre os microagregados fundidos, apesar de haver muitas fissuras intercomunicantes separando o plasma.

Na metade inferior os pedes são irregulares a arredondados e, geralmente, com limites nítidos. Há ocorrência secundária de fundição parcial ou total dos microagregados. A porosidade, de um modo geral, foi menos afetada do que no fundo matricial acima. Predominam os poros comunicantes entre si, resultantes do empilhamento entre os microagregados, com ocorrência secundária de fissuras.

O esqueleto é quartzoso, arredondado a subanguloso, com fraturas e distribuído aleatoriamente no interior dos microagregados.

A assembléia é enáulica-porfírica, constituída por plasma (47%), esqueleto (3%) e poros (50%).

- **Volume moderadamente compactado/linha com roda da colheitadeira** - Lâmina PD VI (14-21 cm)

Os microagregados apresentam-se deformados, com limites difusos e domínio da fusão parcial, embora na parte inferior da lâmina, haja zonas de fusão total.

A porosidade é reduzida, em comparação às demais lâminas. Os poros contínuos e intercomunicantes sofrem redução significativa, apesar de ainda serem comuns na lâmina. Seus diâmetros são mais estreitos e os poros isolados entre os microagregados fundidos são mais frequentes. Predominam os poros resultantes do empilhamento dos microagregados, havendo presença de grandes canais e fissuras.

O esqueleto é quartzoso, arredondado a subanguloso (maior ocorrência deste último) e distribuído agrupado devido a fusão dos microagregados.

A assembléia é porfírica-enáulica, constituída por plasma (55 %), esqueleto (5%) e vazios (40%).

- **Volume moderadamente compactado/linha sem roda da colheitadeira - Lâmina PD V (15-22 cm)**

Os microagregados apresentam-se deformados e fundidos parcialmente. Na parte inferior da lâmina a deformação é mais intensa, com a fusão total dos pedes.

A porosidade em toda lâmina ainda continua reduzida, sendo comum poros isolados entre os microagregados fundidos. São estreitos, mas geralmente intercomunicantes. Resultam do empilhamento dos pedes, com ocorrência secundária de fissuras (diâmetros diferenciados) e canais.

O esqueleto é quartzoso, com formas arredondadas a subangulosas e apresenta fraturas. Distribuem-se, geralmente, de forma agrupada devido à fusão do plasma.

A assembléia é porfírica-enáulica, constituída por plasma (55%), esqueleto (5%) e poros (40%).

- **Volume moderadamente compactado/entrelinha sem roda da colheitadeira - Lâmina PD IV (12-19 cm)**

Na metade inferior da lâmina predominam os microagregados deformados, fundidos parcialmente, com zonas de fusão total dos mesmos. Neste último caso, os poros não apresentam boa comunicação, estando isolados entre os microagregados fundidos. Os poros são resultantes, na maior parte, do empilhamento dos microagregados, aparecendo secundariamente as fissuras e os canais.

Na parte superior, embora os microagregados encontrem-se fundidos quase que totalmente, fissuras de diâmetros grandes e intercomunicantes separam este material (nota-se que os microagregados fundidos começam a apresentar nova separação através da fissuração). A porosidade apresenta melhoria devido a presença das fissuras comunicantes entre si.

O esqueleto é quartzoso, arredondado a subanguloso, com fraturas e distribuem-se agrupados devido à fusão do plasma.

A assembléia é porfírica-enáulica, constituída de plasma (50%), esqueleto (5%) e poros (45%).

- **Volume moderadamente compactado/entrelinha com roda da colheitadeira - Lâmina PD III (6-13 cm)**

Os microagregados apresentam-se deformados, com formas irregulares, fusão parcial dominante, havendo ocorrência secundária dos microagregados arredondados.

Predominam os poros resultantes do empilhamento dos pedes, havendo secundariamente fissuras e pequenos cavidades. Os poros com diâmetros estreitos, geralmente, são intercomunicantes, embora os poros isolados ainda estejam presentes.

O esqueleto é quartzoso, subanguloso com ocorrência secundária das formas arredondadas. Apresentam-se fraturados e distribuídos de forma ligeiramente agrupada, devido à fusão parcial dos microagregados.

A assembléia é enáulica, constituída por plasma (48%), esqueleto (5%) e poros (47%).

- **Horizonte Ap/linha da cultura sem influência da roda da colheitadeira - Lâmina PDII (0-4 cm)**

Não elaborada em função da invalidez da amostra.

- **Horizonte Ap/linha da cultura com influência da roda da colheitadeira - Lâmina PDI (0-4 cm)**

Não elaborada em função da invalidez da amostra.