PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO LATOSSOLO ROXO DA REGIÃO DE
GUAÍRA-SP SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

ANTONIO ANTENOR TOGNON

Geólogo

Orientador: Dr. José Luiz Ioriatti Demattê

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiróz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Solos e Nutrição
de Plantas

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO-BRASIL
JANEIRO-1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

T645 Tognon, Antonio Antenor
Propriedades físico-hídricas do latossolo roxo
da região de Guaíra-SP sob diferentes sistemas de
cultivo. Piracicaba, 1991.
67p. ilustr.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Latossolo roxo - Guaíra, SP 2. Solo - Física
3. Solo - Porosidade - Alteração 4. Solo - Propriedade físico - hídrica. I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 631.43

PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO LATOSSOLO ROXO DA REGIÃO DE GUAÍRA-SP SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

ANTONIO ANTENOR TOGNON

Aprovado em: 19/03/1991

Comissão Julgadora:

Prof.Dr. José Luiz Ioriatti Demattê

ESALQ/USP

Prof.Dr. Paulo Leonel Libardi

ESALQ/USP

Prof.Dr. Tarlei Arriel Botrel

ESALQ/USP

Prof.Dr. José Luiz Ioriatti Demattê

-Orientador-

AGRADECIMENTOS

Desejo aqui expressar minha gratidão

ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, pelas facilidades oferecidas no desenvolvimento deste trabalho e, realização do curso de pós-graduação;

ao Prof.Dr.José Luiz Ioriatti Demattê, pelo interesse, auxílio e orientação em todas as fases do presente trabalho;

aos técnicos do IPT José Aparecido Silvério dos Santos e Sebastião Fernandes da Silva Junior, pelo auxílio prestado por ocasião da realização dos trabalhos de campo;

ao técnico Mário Lúcio Conti de Almeida, pela colaboração na execução dos ensaios no Laboratório de Física do Solo;

ao Prof.Dr.Paulo Leonel Libardi, pela elaboração do "Summary";

ao Geól. Jairo Santana Taddeo, do IPT, pelas fotografias das seções delgadas;

à Débora Fiuza de Figueiredo Orsi, pela revisão do texto;

ao CNPq, pela concessão de bolsa.

Finalmente, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Mudança do espaço poroso pelo manejo do solo	3
2.2. Efeitos do cultivo nas propriedades físico-hídricas do solo	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Caracterização das áreas estudadas	10
3.2. Breve histórico do uso das áreas selecionadas	12
3.2.1. Área I (Fazenda Lagoa do Fogão)	12
3.2.2. Área II (Fazenda Coqueiros)	15
3.2.3. Área III (Fazenda Santa Clara)	15
3.3. Estudos realizados nas três áreas	16
3.3.1. Determinação da taxa de infiltração "in situ"	17
3.3.2. Determinação da umidade gravimétrica em fun- ção do tempo de drenagem	17
3.4. Determinações físicas e hídricas em laboratório	18
3.4.1. Granulometria	18
3.4.2. Densidade do solo (Ds) e densidade de par- tículas (Dp)	18
3.4.3. Porometria	19

3.4.4	Determinação da curva característica de retenção de água	21
3.4.5	Determinação da microporosidade, macroporosidade, porosidade total determinada e porosidade total calculada	21
3.4.6	Condutividade hidráulica em meio saturado ...	22
3.5.	Análise micromorfológica	23
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Compactação dos solos cultivados quantificada através de medidas da densidade do solo	24
4.2	Alterações do espaço poroso nos solos cultivados	26
4.3	Efeitos da mudança do espaço poroso nas propriedades hídricas do solo	37
5.	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
	APÊNDICES	61

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Identificação dos solos das áreas estudadas	13
2	Características granulométricas e químicas dos horizontes dos perfis estudados	14
3	Valores da densidade em diferentes profundidades do solo sob vegetação natural e do solo cultivado, nas três áreas estudadas	25
4	Valores expressos em % de volume da macroporosidade, microporosidade, porosidade total determinada e porosidade total calculada obtidos em diferentes profundidades do solo sob vegetação natural e do solo cultivado, nas três áreas estudadas	27
5	Valores da taxa de infiltração e da condutividade hidráulica em solo saturado dos perfis sob vegetação natural e sob cultivo	42

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Localização das três áreas estudadas no município de Guaíra-SP e em relação ao Estado de São Paulo	11
2	Valores de macroporosidade, microporosidade e porosidade total determinada, obtidos nas profundidades: 10, 30, 60 e 100cm no solo sob vegetação natural e cultivado das três áreas estudadas	28
3	Fotomicrografia sob luz natural (aumento: 15x): horizonte superficial a 10 e 30cm de profundidade e horizonte profundo a 90cm de profundidade, dos perfis: P11 (cerrado), P12 (plantio direto e irrigado) e P13 (sistema convencional seguido de plantio direto irrigado)	30
4	Fotomicrografia sob luz natural (aumento: 15x): horizonte superficial a 10 e 30cm de profundidade e horizonte profundo a 90cm de profundidade, dos perfis: P21 (mata), P22 (sistema convencional) e P23 (sistema convencional seguido de irrigação)	31
5	Fotomicrografia sob luz natural (aumento: 15x): horizonte superficial a 10 e 30cm de profundidade e horizonte profundo a 90cm de profundidade dos perfis: P31 (cerrado), P32 (sistema convencional) e P33 (sistema convencional seguido de irrigação)	32
6	Porometria por injeção de mercúrio das amostras de solo da Área I nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P11 (cerrado), P12 (plantio direto e irrigado) e P13 (sistema convencional seguido de plantio direto e irrigado)	34

Figura nº

Página

7	Porometria por injeção de mercúrio das amostras de solo da Área II nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P21 (mata), P22 (sistema convencional) e P23 (sistema convencional seguido de irrigação)	35
8	Porometria por injeção de mercúrio das amostras de solo da Área III nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P31 (cerrado), P32 (sistema convencional) e P33 (sistema convencional seguido de irrigação)	36
9	Curvas características de retenção de água do solo da Área I nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P11 (cerrado), P12 (plantio direto e irrigado) e P13 (sistema convencional seguido de plantio direto e irrigado)	38
10	Curvas características de retenção de água do solo da Área II nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P21 (mata), P22 (sistema convencional) e P23 (sistema convencional seguido de irrigação)	39
11	Curvas características de retenção de água do solo da Área III nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P31 (cerrado), P32 (sistema convencional) e P33 (sistema convencional seguido de irrigação)	40
12	Valores de velocidade de infiltração "in situ" nos locais dos perfis das três áreas estudadas	44

- 13 Umidade gravimétrica em função do tempo de drenagem da água no solo da Área I nas profundidades 10, 30, 60 e 90cm dos perfis: P11 (cerrado) e P13 (sistema convencional seguido de plantio direto e irrigado) 45
- 14 Umidade gravimétrica em função do tempo de drenagem da água no solo da Área II nas profundidades 10, 30, 60 e 90cm dos perfis: P21 (mata), P22 (sistema convencional) e P23 (sistema convencional seguido de irrigação) 46
- 15 Umidade gravimétrica em função do tempo de drenagem da água no solo da Área III nas profundidades 10, 30, 60 e 90cm dos perfis: P31 (cerrado), P32 (sistema convencional) e P33 (sistema convencional seguido de irrigação) 47

PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO LATOSSOLO ROXO DA REGIÃO DE GUAÍRA-SP
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

Antonio Antenor Tognon

Orientador: Dr. José Luiz Ioriatti Demattê

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a alteração do espaço poroso do Latossolo Roxo sob cultivo e suas consequências nas propriedades físico-hídricas. Para isso, foram escolhidas três áreas localizadas na região de Guaíra, no nordeste do Estado de São Paulo. Em duas áreas foram selecionadas as seguintes condições de uso: mata natural; sistema convencional de preparo do solo; e sistema convencional de preparo com irrigação. Na outra área foram: mata natural; sistema de cultivo mínimo (plantio direto); e sistema de cultivo mínimo com irrigação. Foram coletadas amostras de solos em trincheiras para determinações específicas no laboratório, entre elas: a porometria feita com injeção de mercúrio e também por retenção de água por diferentes tensões. Seções delgadas em lâminas de solos foram feitas no primeiro caso para melhor entender a distribuição e modificação da porosidade do solo. No campo, foram determinadas a taxa de infiltração de água no solo e a variação da umidade em função do tempo de drenagem. Nos horizontes superficiais dos solos, tanto nas áreas de cultivo convencional como nas de plantio direto, os resultados mostraram mudanças significativas nos valores de infiltração, umidade em função do tempo, potenciais de reten

ção de água, porosidade total, porosidade de aeração e diâmetro equivalente dos poros. Tais alterações diminuem sensivelmente a partir dos 40 cm de profundidade e a 70 cm não são mais expressivas. O sistema de uso convencional com irrigação sempre apresenta uma porosidade mais reduzida do que a convencional. A análise porométrica sempre mostrou uma distribuição bimodal, sendo uma curva na faixa dos poros inter-agregados e a outra na faixa dos poros intra-agregados.

PHYSICAL HIDRIC PROPERTIES OF THE "LATOSSOLO ROXO" OF GUAÍRA (SP)
COUNTY UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF TILLAGE

Author: Antonio Antenor Tognon

Adviser: Prof.Dr. José Luiz Ioriatti Demattê

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the changes of the "Latossolo Roxo" porous space under tillage and their consequences on its physical hidric properties. For this, three areas located in Guaíra county, northeast São Paulo (Brazil) were chosen. In two areas the following use conditions were selected: natural forest; conventional soil preparation system; and conventional soil preparation with irrigation; and in other area were: natural forest; minimum tillage; and minimum tillage with irrigation. Soil samples were collected from pits and sent to laboratory for the determinations of pore-size distribution by mercury intrusion method and of the soil water retention. Thin sections (sheets) of soil were made in the first case in order to better understand the distribution and the change of soil porosity. Soil water infiltration rate and soil water redistribution as function of time were also determinated under field conditions. Results of these two measurements and also of total porosity, aeration porosity and pore equivalent diameter were significantly different in surface layers of each treatment. The changes decrease sensibly from the 40cm soil depth, and at 70cm they were not significant. The conventional

with irrigation system porosity values were always smaller than the conventional one. The porosimetry analysis always showed a bimodal distribution being a curve in the range of the intraaggregates pores and the other in the range of the intraaggregates pores.

1. INTRODUÇÃO

As alterações das propriedades do solo sob cultivo, principalmente as químicas e físicas, têm sido constatadas desde longa data. Tais alterações, em certos aspectos, tem sido benéficas para o solo com reflexo no aumento da produtividade como as alterações químicas. Solos de baixa fertilidade, como os da região de cerrados (RITCHEY *et alii*, 1980) ou mesmo da região amazônica (SANCHES, 1981), após ciclos de cultivo intensivo e adequadamente trabalhados, têm demonstrado sensível melhora em suas características químicas. Resultados semelhantes têm sido encontrados por DEMATTÊ (1988) em solos da região sudeste do Brasil cultivados com cana-de-açúcar. Por outro lado, as alterações das propriedades podem ser maléficas, como as relacionadas à redução da porosidade dos solos, principalmente da macroporosidade.

A região de Guaíra, no nordeste do Estado de São Paulo, é considerada uma das áreas onde o nível tecnológico empregado para a agricultura é muito elevado. A agricultura aí é extremamente evoluída, principalmente a agricultura irrigada, haja vista a grande concentração de pivôs centrais maior inclusive do que da região semi-árida brasileira.

Temos constatado, entretanto, através de trabalhos desenvolvidos pelo PRO
GRAMA DE APOIO TECNOLÓGICO A AGRICULTURA DO MUNICÍPIO DE GUAÍRA e de infor-
mações de agricultores da região, a redução da produtividade em áreas irri-
gadas. Exames feitos em trincheira, em áreas como estas, têm indicado graus
variáveis de compactação na faixa dos 15 aos 30 cm. O desenvolvimento radi-
cular, nestes casos, está restrito mais à superfície, sendo que na área com-
pactada e abaixo dela o desenvolvimento radicular é pobre. Tudo leva a su-
por que uma das causas da redução da produtividade em tais áreas se deva à
compactação motivada, principalmente, pelo excesso de gradeações. Num ci-
clo de 2 culturas por ano o número de gradeações excede a oito. Com o intui-
to de melhor entender as modificações físicas e suas consequências no mane-
jo dos solos foi proposta a execução desta pesquisa.

O principal objetivo deste trabalho é avaliar a alteração do
espaço poroso do Latossolo Roxo sob cultivo e suas consequências nas pro-
priedades físico-hídricas. Para isso foram escolhidas três áreas da região
de Guaíra com cultivo irrigado. Procedeu-se também à amostragem de solos
sob mata para possibilitar a análise comparativa das propriedades estuda-
das.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Mudança do espaço poroso pelo manejo do solo

A porosidade é a propriedade do solo que interfere na aeração, condução e retenção de água, capacidade de penetração e ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento da água e nutrientes disponíveis. Deste modo, assume grande importância agrícola a modificação do espaço poroso do solo, geralmente proveniente da compactação causada pelo tráfego de máquinas agrícolas (FLOCKER *et alii*, 1960; VOORHEES *et alii*, 1978; PAUL & De VRIES, 1979), ou do uso associado ao manejo intensivo e prolongado que tende a desfazer os agregados (MANNERING *et alii*, 1966; MACHADO & BRUM, 1978; FRANCA DA SILVA, 1980).

O espaço poroso do solo e suas modificações pelo uso agrícola podem ser estudados através do registro da distribuição do tamanho de seus poros.

A existência de poros inter-agregados em oxissolos argilosos tem sido comentada por diversos autores. Dentre eles, CAGAUAN & UEHARA (1965) relataram em solos do Havaí. MARCOS (1968), ao estudar o efeito do

grau de agregação de dois latossolos na retenção de água, constatou que com o aumento do grau de agregação o Latossolo Roxo apresentava uma distribuição de poros menos uniforme, indicada pela tendência de um patamar na curva, entre as tensões 0,002 a 0,01MPa. SHARMA & UEHARA (1968) demonstraram a influência dos vazios inter e intra-agregados nas características de retenção de água em dois oxissolos do Havaí. A perda rápida de água a sucções baixas e o maior teor de água a sucções mais elevadas foram atribuídos à presença de vazios inter-agregados e intra-agregados, respectivamente. Posteriormente, TSUJI *et alii* (1974), estudando a microestrutura dos solos do Havaí com o emprego da técnica do microscópio eletrônico de varredura, comprovaram a microagregação nos oxissolos e relacionaram-na com o seu comportamento físico-hídrico diferenciado.

A compactação advinda da aplicação de pressão sobre o solo por máquinas agrícolas promove a redução do espaço poroso. A porosidade total e, principalmente, a porosidade de aeração (macroporosidade) diminuem, e a microporosidade geralmente aumenta,

HARRIS (1971) enfatiza que quando o solo é submetido à ação de carga suficiente para causar mudança em seu volume, ocorre um rearranjo das partículas sólidas. Este rearranjo interfere nas propriedades do solo. A distribuição dos poros é modificada, a porosidade total é diminuída, havendo incremento na densidade do solo; e o movimento e teor da água, ar, calor e nutrientes são alterados.

No processo da mudança do espaço poroso pela aplicação de carga, a água exerce papel importante. Ao se promover a compactação, a densidade do solo aumenta com o teor de água até um valor máximo. Com acréscimos posteriores no teor de água obtêm-se valores menores para a densidade. Atribui-se este efeito à ação lubrificante da água. HILLEL (1970)

comenta que, com o aumento da umidade, as películas de água ao redor das partículas ficam mais espessas, promovendo o efeito lubrificante entre elas, permitindo que se orientem e deslizem uma sobre as outras, tornando-se uma massa mais densa. Por outro lado, altos teores de água promovem uma redução da densidade devido ao efeito de diluição sobre as partículas.

O grau de aproximação das partículas está relacionado com a distribuição por tamanho e forma das partículas. A forma, por sua vez, é atributo da natureza do mineral.

A compactação do solo é geralmente caracterizada pelo parâmetro densidade do solo.

O valor crítico ou ótimo da densidade para a produção vegetal varia de solo para solo. MORAES (1988), após compactar uniformemente amostras de Latossolo Roxo e de Terra Roxa Estruturada até as densidades 1,23 e 1,30g/cm³ respectivamente, constatou nesses níveis de compactação impedimento de penetração e de desenvolvimento do sistema radicular de plantas de soja. ROSENBERG & WILLITS (1962) verificaram que em solo argiloso o aumento da densidade do solo por compactação resultou num decréscimo contínuo da produção.

Muitos pesquisadores têm atribuído a ação prejudicial da compactação do solo agrícola à redução da macroporosidade (LABANAUSKAS *et alii*, 1968; LOWRY *et alii*, 1970; CASTILLO *et alii*, 1982).

A macroporosidade é responsável pela maior parte da aeração no solo e pela drenagem do excesso de água nos perfis que apresentam drenagem livre.

Em solos não consistentes a penetração das raízes pode ocorrer na presença de poros com diâmetro de 250 a 50µm e em solos rijos, em

poros acima de 400 μ m. Entretanto, quando o solo com espaço poroso muito pequeno apresenta grau de umidade satisfatório, o crescimento radicular ocorre devido à perda de grande parte da resistência do solo com o aumento do teor de água (TAYLOR & RATLIFF, 1969).

DASBERG & MENDEL (1971) constataram que o efeito negativo da redução da umidade não seria tanto atribuído à maior tensão existente, mas à menor reposição de água devido à baixa condutividade do meio não saturado. Além disso, a pressão de crescimento das células radiculares é reduzida com a diminuição do teor de oxigênio na rizosfera. Em solos compactados a troca é dificultada pelo decréscimo da permeabilidade do meio ao ar.

CAMARGO (1983) relata que o efeito da compactação na aeração do solo é a diminuição da porosidade ao ar com conseqüente queda na permeabilidade ao ar. Quando o solo está nas condições de capacidade de campo, a difusão do ar dependerá muito do espaço poroso livre de água. Se o solo se encontra saturado, condição fácil de ser atingida em camadas compactadas, a difusão do oxigênio ou a troca com o ar atmosférico será muito prejudicada.

Para BAVER (1973) uma porosidade de aeração menor que 10% é restritiva para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

PRIMAVESI (1983) observou em Latossolo Roxo aumento de produção em feijoeiro com uma compactação que proporcionava valores de macroporosidade em torno de 11% e reduções de produção com acréscimos posteriores de compactação. LEGARDA & FORSYTHE (1978) observaram num cultivar de feijoeiro que o espaço macroporoso adequado estava em torno de 25%. Posteriormente, FORSYTHE & HUERTAS (1979) sugeriram níveis de limitação do espaço

de aeração para o desenvolvimento do feijoeiro: valores superiores a 24% como não limitante, entre 24% e 18% como levemente limitante e abaixo de 5,3% como severamente depressivo. ROVIRA (1975) constatou que a macroporosidade igual ou inferior a 7,4% promovia um impedimento ao desenvolvimento mais profundo das raízes do feijoeiro e para valores em torno de 14,4%, bom crescimento.

O uso de máquinas agrícolas em solo argiloso, principalmente quando irrigado e intensivamente cultivado, promove sua compactação. As áreas nas quais o preparo do solo é feito continuamente numa mesma profundidade com a utilização de grades leve ou pesada apresentam compactação, denominada pê-de-grade, na faixa dos 15-20cm de profundidade.

2.2. Efeitos do cultivo nas propriedades físico-hídricas do solo

Desde a infiltração até a retenção, a dinâmica da água depende do espaço poroso do solo. Como o cultivo interfere na distribuição do tamanho dos poros através do rearranjo das partículas e dos agregados, estes sendo geralmente deformados e até mesmo destruídos, é evidente esperar-se que o comportamento da água no solo sofrerá modificações.

Resultados experimentais têm demonstrado que cultivos intensivos contribuem para a degradação das propriedades físico-hídricas do solo. Várias pesquisas mostram que, à medida em que se acentuam as operações mecanizadas, ocorre redução na taxa de infiltração de água, em relação ao solo sob condição natural (LARSON, 1964; LAL, 1985).

Moura e Buol (1972), citados por SANCHEZ (1981), analisando os efeitos de 15 anos de cultivos anuais em Eutrustox, observaram que as taxas de infiltração diminuíram de 820 para 120mm/h com o cultivo intensivo.

A redução da infiltração associava-se com um decréscimo marcante nos poros maiores que 50 μ m de diâmetro, tanto no horizonte A como no B. Este fato foi atribuído à compactação promovida por máquinas pesadas.

Conforme relatam BAUMER & BAKERMANS (1973), as camadas degradadas por compactação, além de reduzirem a infiltração da água no solo, são responsáveis pela retenção da água a maiores sucções, o que dificulta sua absorção pelas raízes das plantas.

SILVA (1980), avaliando os efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre as propriedades de um Latossolo Roxo, constatou uma sensível redução na velocidade de infiltração de água nas áreas sob plantio direto, cultivada com implemento tracionado por boi, desmatamento com trator de esteira e cultivada convencionalmente, em relação à área sob mata. Esta redução foi atribuída à formação de camada mais compacta, a qual era responsável ainda pela maior retenção de água, resultante da maior microporosidade apresentada por essa camada.

CAMARGO (1983) expõe que o volume de água que flui por um tubo na unidade de tempo é proporcional à quarta potência do raio. Dessa forma, a diminuição do tamanho dos macroporos pelo cultivo interfere de maneira acentuada na transmissão de água em solo saturado. GHILDYAL & SATYANARAYAMA (1965) atribuíram relação direta dos macroporos com a condutividade hidráulica saturada. COLETI & DEMATTÊ (1982) constataram diminuição na condutividade hidráulica saturada com o aumento da densidade do solo. CORSINI & LIBERA (1978) verificaram que a difusividade da água em Latossolo Roxo, determinada em colunas horizontais de solo, correlaciona-se inversamente com a densidade do solo e diretamente com a macroporosidade.

McKEAGUE & TOPP (1985), analisando solos de diferentes classes texturais, não encontraram relação significativa entre textura e condutividade hidráulica saturada (K_o) e destacam a alta variabilidade de K_o na superfície devido ao manejo agrícola, o que ocasiona uma redistribuição tam bém desuniforme da água em profundidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização das áreas estudadas

O trabalho foi conduzido em três áreas localizadas na região de Guaíra. As coordenadas geográficas dos pontos centrais das áreas são: 20°18'S e 48°21'W, 20°24'S e 48°19'W, 20°20'S e 48°12'30"W de Greenwich (Figura 1).

Os dados meteorológicos coletados no Posto de Barretos, cerca de 45km das áreas, registram precipitação pluvial média anual de 1.330mm, ocorrendo a maior parte no verão (de novembro a fevereiro), principalmente como chuvas de alta intensidade e de curta duração.

O clima da região é denominado tropical de altitude por CAMARGO *et alii* (1974), com estiagem no inverno, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e do mês mais quente superior a 22°C. Segundo Köppen, o clima é classificado como subtropical com inverno seco (Cwa).

Figura 1. Localização das três áreas estudadas no município de Guaira-SP e em relação ao Estado de São Paulo

O solo que ocorre nas áreas estudadas é o Latossolo Roxo ($\text{Fe}_2\text{O}_3 > 18\%$). São solos profundos, argilosos e muito argilosos, bem drenados e desenvolvidos da intensa intemperização de rochas básicas (basaltos). O relevo é suave ondulado com colinas amplas e encostas convexas uniformes e longas. Em cada área estudaram-se 3 perfis de solos. Pela classificação americana (U.S.D.A., 1975) os solos são classificados em:

Typic Acrorthox (perfis P11, P12 e P13 da Área I),

Typic Eutrorthox (perfis P21, P22 e P23 da Área II) e

Typic Haphorthox (perfis P31, P32 e P33 da Área III).

Na Tabela 1 apresenta-se a classificação brasileira (CAMARGO *et alii*, 1987) dos solos de cada área, e, na Tabela 2, as características granulométricas e químicas dos horizontes dos perfis estudados.

3.2. Breve histórico do uso das áreas selecionadas

3.2.1. Área I (Fazenda Lagoa do Fogão)

Local do Perfil P11: no local do Perfil P11 a vegetação natural (cerrado) continua preservada.

Local do Perfil P12: o local esteve preservado com cerrado até 1981. Nessa época, para a instalação de um pivô central, houve necessidade de desmatamento de pequena área nesse local. A partir de 1982, a área passou a ser irrigada e cultivada por meio de plantio direto com feijão, milho e soja.

Local do Perfil P13: em 1959 desmatou-se a área com fogo e com a utilização de maquinaria agrícola leve. O desmatamento foi executado preferencialmente nos locais onde a vegetação natural era de porte menor

Tabela 1. Identificação dos solos das áreas estudadas

Área	Local	Perfil	Identificação dos solos
I	Fazenda Lagoa do Fogão	P11	Latossolo Roxo ácrico, A moderado, textura argilosa
		P12	Latossolo Roxo ácrico, A moderado, textura argilosa
		P13	Latossolo Roxo ácrico, A moderado, textura argilosa
II	Fazenda Coqueiros	P21	Latossolo Roxo eutrófico, A moderado, textura argilosa
		P22	Latossolo Roxo eutrófico, A moderado, textura argilosa
		P23	Latossolo Roxo eutrófico, A moderado, textura argilosa
III	Fazenda Santa Clara	P31	Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa
		P32	Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa
		P33	Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa

Tabela 2. Características granulométricas, densidade de partículas (Dp) e análises químicas dos horizontes dos perfis estudados

Horiz.	Horiz. prof. (cm)	Amostra	AG	AF	AREIA	SILTE	ARG.	Dp g/cm³	M.O. %	H ₂ O -pH-	KCl	ΔpH	P ppm	K	Ca	Mg	Al me/100g	H+Al	S	T	V	Sat. Al %
Área I																						
Perfil P11																						
A1	00- 25	00- 25	9,7	18,3	28,0	27,0	45,0	2,95	3,8	5,0	4,4	-0,6	16	0,13	0,39	0,51	0,92	7,20	1,03	8,23	13	47
A/B	27- 45	27- 45	8,0	16,6	24,6	27,0	48,4	2,90	2,7	5,2	4,5	-0,7	3	0,04	0,01	0,12	0,64	4,70	0,17	4,87	3	79
Bw1	45- 77	50- 70	7,2	16,6	23,8	23,9	52,3	2,96	2,0	5,0	4,7	-0,3	1	0,03	0,05	0,07	0,22	3,40	0,15	3,55	4	59
Bw2	77-165+	90-100	7,3	18,8	26,1	26,9	47,0	2,98	1,8	5,1	5,2	+0,1	1	0,02	0,01	0,06	0,08	2,50	0,09	2,59	3	47
--	tradagem	190-210	6,4	16,8	23,2	27,8	49,0	-	1,2	5,5	5,6	+0,1	1	0,02	0,02	0,04	0,08	2,00	0,08	2,08	4	50
--	tradagem	290-310	5,1	15,1	20,2	32,3	47,5	-	1,1	5,6	6,0	+0,4	1	0,01	0,05	0,04	0,10	1,60	0,10	1,70	6	50
Perfil P12																						
Ap	05- 20	05- 20	9,0	21,0	30,0	10,0	60,0	2,98	3,9	5,5	4,6	-0,9	15	0,14	1,25	0,26	0,22	5,2	1,65	6,85	24	12
A/B	25- 50	25- 50	7,0	19,0	26,0	9,0	65,0	2,96	2,5	5,3	4,7	-0,6	1	0,09	0,60	0,26	0,18	3,8	0,95	4,75	20	16
Bw1	50- 70	50- 70	7,0	20,0	27,0	9,0	64,0	2,97	1,9	5,1	4,9	-0,2	1	0,04	0,18	0,13	0,08	2,8	0,35	3,15	11	19
Bw2	90-110+	90-110	5,0	19,0	24,0	9,0	67,0	2,99	1,6	5,1	5,4	+0,1	1	0,03	0,23	0,17	0,06	2,2	0,43	2,63	16	12
--	tradagem	190-210	6,0	13,0	19,0	12,0	69,0	-	1,2	5,1	5,8	+0,7	1	0,07	0,04	0,10	0,06	2,0	0,21	2,21	10	22
Perfil P13																						
Ap	00- 24	00- 24	14,4	23,3	37,7	29,3	33,0	2,90	3,44	5,8	5,7	-0,1	24,7	0,17	2,66	1,08	0,08	2,50	3,91	6,41	61	2
A/B	24- 60	25- 50	11,9	19,6	31,5	27,3	41,2	2,94	2,79	5,5	5,6	-0,1	0,7	0,14	0,93	0,46	0,07	2,50	1,53	4,03	38	4
Bw1	60- 95	65- 85	10,9	18,1	29,0	30,4	40,6	2,93	2,14	5,2	5,7	+0,5	0,4	0,11	1,16	0,34	0,10	2,25	1,61	3,86	42	6
Bw2	95-200+	110-130	10,8	16,3	27,1	26,4	46,5	2,95	1,67	5,2	6,5	+1,3	0,4	0,12	0,99	0,33	0,08	1,64	1,44	3,08	47	5
--	tradagem	200-220	8,0	14,1	22,1	24,6	53,3	-	1,40	5,3	6,9	+1,6	0,4	0,06	0,33	0,25	0,09	1,34	0,64	1,98	32	12
--	tradagem	290-310	9,1	13,6	22,7	33,6	43,7	-	1,10	6,0	7,1	+1,1	0,4	0,17	0,20	0,14	0,09	1,20	0,51	1,71	30	15
Área II																						
Perfil P21																						
A1	00- 20	00- 20	12,9	15,9	28,8	39,6	31,6	2,99	6,0	6,7	6,3	-0,4	14,0	0,21	6,59	1,38	0,08	1,6	8,18	9,78	84	1
A/B	20- 40	20- 40	8,6	15,0	23,6	37,4	39,0	3,00	3,4	7,0	6,3	-0,7	17,0	0,15	3,38	1,61	0,06	1,8	5,14	6,94	74	1
Bw1	40- 70	40- 70	7,2	13,8	21,0	23,8	55,2	2,99	3,1	6,9	6,1	-0,8	12,0	0,32	2,22	1,05	0,06	2,0	3,59	5,59	64	2
Bw2	70-130	90-110	7,5	13,8	21,3	25,4	53,3	2,99	1,8	6,7	5,9	-0,8	3,0	0,40	0,58	0,46	0,06	2,2	1,44	3,64	40	4
--	tradagem	190-210	6,9	15,4	22,3	28,2	49,5	-	1,5	6,3	6,0	-0,3	1,0	0,06	0,30	0,51	0,06	2,0	0,87	2,87	30	6
Perfil P22																						
Ap	00- 18	03- 18	5,0	17,6	22,6	41,3	36,1	2,99	4,56	6,2	6,2	0,0	26,5	0,19	6,95	1,82	0,10	2,50	8,96	11,46	78	1
A/B	18- 45	25- 40	4,5	16,4	20,9	35,8	43,3	2,96	2,60	6,0	5,8	-0,2	5,8	0,07	4,39	0,94	0,07	2,77	5,40	8,17	66	1
Bw1	45- 70	50- 65	3,9	22,1	26,0	26,8	47,2	3,00	2,33	6,1	5,9	-0,2	5,4	0,06	3,43	0,84	0,08	2,50	4,33	6,83	63	2
Bw2	70-180+	80-100	4,3	16,6	20,9	35,5	43,6	2,98	2,14	6,1	6,0	-0,1	2,9	0,09	2,82	1,00	0,09	2,25	3,91	6,16	63	2
--	tradagem	140-160	3,4	20,6	24,0	33,6	42,4	-	1,58	6,2	6,5	+0,3	0,7	0,07	1,24	0,48	0,09	1,64	1,79	3,43	52	5
Perfil P23																						
Ap	00- 10	00- 10	9,4	15,6	25,0	30,5	44,5	3,00	3,44	5,6	5,4	-0,2	50,5	0,30	3,21	1,05	0,11	2,77	4,56	7,33	62	2
A/B	10- 45	15- 35	6,1	11,5	17,6	26,8	55,6	3,02	2,42	5,2	5,1	-0,1	3,3	0,28	1,58	0,68	0,12	2,77	2,54	5,31	48	5
Bw1	45- 85	50- 70	7,0	16,1	23,1	25,9	51,0	3,00	1,95	5,8	5,7	-0,1	1,1	0,09	1,69	0,43	0,08	1,82	2,21	4,03	55	3
Bw2	85-125	90-110	6,2	22,1	28,3	19,0	52,7	2,98	1,67	5,9	6,1	+0,2	0,7	0,12	2,38	0,56	0,09	1,64	3,06	4,70	65	3
Bw3	125-175+	190-210	6,3	20,4	26,7	25,6	47,7	-	1,49	4,9	6,0	+1,1	0,4	0,11	0,79	0,48	0,09	1,82	1,38	3,20	43	6
Área III																						
Perfil P31																						
A1	00- 25	00- 20	10,3	14,8	25,1	31,9	43,0	2,97	4,0	5,2	4,4	-0,8	9,0	0,09	0,15	0,20	1,06	8,00	0,44	8,44	5	71
A/B	25- 55	25- 45	4,7	11,5	16,2	27,8	56,0	2,99	2,2	5,2	4,6	-0,8	1,0	0,04	0,01	0,02	0,42	4,20	0,07	4,27	2	86
Bw1	55-100	60- 90	2,9	12,7	15,6	28,4	56,0	2,98	1,9	5,2	5,2	0,0	1,0	0,02	0,01	0,05	0,12	3,10	0,08	3,18	3	60
Bw2	100-200+	100-120	3,6	12,5	16,1	29,8	54,1	2,98	1,8	5,2	5,5	+0,3	0,4	0,01	0,40	0,13	0,10	2,00	0,62	2,64	23	14
--	tradagem	200-220	3,1	15,7	18,8	27,2	54,0	-	1,6	5,4	5,8	+0,4	0,4	0,02	0,40	0,11	0,09	1,80	0,63	2,45	26	13
--	tradagem	300-320	2,4	21,8	24,2	28,8	47,0	-	1,3	5,7	6,2	+0,4	0,4	0,02	0,60	0,15	0,07	1,30	0,85	2,20	39	6
Perfil P32																						
Ap	00- 25	00- 20	8,9	23,6	32,5	28,5	39,0	3,00	3,26	5,6	5,6	0,0	20,3	0,07	2,27	1,27	0,10	3,08	3,61	6,69	54	3
A/B	25- 48	25- 40	4,7	10,5	15,2	22,8	62,0	2,98	1,95	5,8	5,7	-0,1	1,1	0,06	0,82	0,47	0,08	2,02	1,35	3,37	40	6
Bw1	48-100	60- 80	3,2	11,8	15,0	28,9	56,1	2,96	1,67	4,7	5,6	+0,9	0,4	0,09	0,66	0,28	0,10	2,25	1,03	3,26	31	9
Bw2	100-180+	100-120	3,5	18,8	22,3	29,4	48,3	2,99	1,49	4,5	5,7	+1,2	0,4	0,05	0,28	0,12	0,08	2,02	0,45	2,47	18	15
--	tradagem	200-220	3,9	20,4	24,3	27,3	48,4	-	1,49	4,6	5,8	+1,2	0,4	0,10	0,46	0,14	0,08	2,02	0,70	2,72	26	10
--	tradagem	300-320	2,2	16,8	19,1	31,8	49,1	-	1,21	5,2	6,3	+1,1	0,4	0,11	1,03	0,20	0,08	1,34	1,34	2,68	50	6
Perfil P33																						
Ap	00- 15	00- 15	15,5	27,9	43,4	21,8	34,8	2,99	3,44	5,8	5,6	-0,2	19,6	0,07	1,91	1,19	0,08	3,43	3,17	6,60	46	2
A/B	15- 55	20- 40	10,3	18,4	28,7	23,3	48,0	2,99	2,98	5,5	5,4	-0,1	1,8	0,07	0,69	0,38	0,09	3,43	1,14	4,57	25	7
Bw1	55- 90	65- 85	9,1	16,8	25,9	24,9	49,2	3,01	2,05	5,1	6,4	+1,3	0,4	0,06	0,26	0,20	0,08	1,82	0,53	2,35	23	13
Bw2	90-180+	100-120	7,7	23,3	31,0	25,8	43,2	2,96	1,67	5,2	6,6	+1,4	0,4	0,05	0,20	0,18	0,10	1,48	0,43	1,91	23	19
--	tradagem	200-220	5,7	21,5	27,2	23,8	49,0	-	1,67	5,3	6,7	+1,4	0,4	0,06	0,16	0,14	0,09	1,48	0,36	1,84	20	20

(campo cerrado). De 1960 até 1967 foram cultivados algodão e milho e a partir de 1968 soja e milho. Equipamentos agrícolas mais pesados começaram a ser utilizados a partir de 1970. Em 1981 foi instalado um pivô central e iniciado o plantio direto com feijão, milho e soja, obtendo-se, em média, 5 colheitas em 2 anos.

3.2.2. Área II (Fazenda Coqueiros)

Local do Perfil P21: no local do Perfil P21, a vegetação natural (floresta subperenifolia) continua preservada.

Local do Perfil P22: após o desmatamento, ocorrido em 1956, cultivaram-se algodão e milho e a partir de 1973, soja e sorgo. Equipamentos agrícolas pesados começaram a ser operados na área a partir de 1985.

Local do Perfil P23: após o desmatamento (1956), cultivou-se o cafeeiro até 1965. A partir desse ano, passou-se a cultivar algodão com equipamentos agrícolas leves. Em 1973 foi iniciado o cultivo da soja com o uso de máquinas mais pesadas. Em 1981 foi implantada irrigação por aspersão (autopropelido) que propiciou o cultivo do tomateiro, feijoeiro e soja. A partir de 1985, com a instalação do pivô central, passou-se a cultivar milho, feijão e soja, obtendo-se, em média, duas colheitas anuais.

3.2.3. Área III (Fazenda Santa Clara)

Local do Perfil P31: no local do Perfil P31, a vegetação natural (cerrado) continua preservada.

Local do Perfil P32: após o desmatamento, ocorrido por volta de 1956, cultivaram-se milho, soja e algodão. De 1977 até 1989 procedeu-se à rotação de culturas de milho e soja. Até 1977, o cultivo era

executado com equipamentos agrícolas leves, e a partir desse ano, foram utilizados equipamentos médios.

Local do Perfil P33: desde o desmatamento (1956) até 1987 o cultivo foi o mesmo que o praticado no local do Perfil P32. Em 1987 implantou-se irrigação por aspersão (pivô central) e passou-se a cultivar milho, soja e feijão.

3.3. Estudos realizados nas três áreas

Em cada área foram abertas três trincheiras com dimensões de 2m de comprimento, 1m de largura e 1,8m de profundidade visando proceder à descrição das principais características morfológicas do perfil e à coleta de amostras com estrutura deformada e indeformada dos horizontes e/ou camadas do solo para ensaios em laboratório.

Na Área I locou-se uma trincheira (Perfil P11) em área de cerrado preservado; outra (P12), em área com plantio direto e irrigado por aspersão, distante cerca de 40m da P11; e a terceira (P13), em área sob cultivo irrigado, distante cerca de 300m da P12. Os três perfis situam-se aproximadamente em mesma altitude (510m).

Na Área II foi aberta uma trincheira (P21) em área de mata, na meia encosta de colina ampla (altitude 556m); outra (P22) em área sob cultivo, no topo da colina (altitude 589m); e a terceira (P23) em área sob cultivo irrigado por aspersão, no terço inferior da encosta (altitude 524m).

Na Área III foi aberta uma trincheira em área de cerrado preservado, no topo da colina ampla (altitude 555m); outra (P32), em área sob cultivo, distante cerca de 30m da P31; e a terceira (P33), na meia encosta da colina (altitude 543m), distante cerca de 300m da P31 e da P32.

3.3.1. Determinação da taxa de infiltração "in situ"

Determinou-se a taxa de infiltração do solo nos locais dos perfis utilizando-se o método de inundação com infiltrômetro de duplo cilindro concêntrico, descrito por BERTRAND (1965).

Dois cilindros dispostos concêntricamente e cravados na superfície do solo por cerca de 5cm, são preenchidos parcialmente com água. O volume de água adicionado no cilindro interno para se manter o nível da água constante durante o ensaio corresponde ao volume que se infiltra no solo através de um fluxo supostamente vertical. O volume de água infiltrada foi medido nos seguintes intervalos a partir do tempo zero: 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 e 180 minutos.

3.3.2. Determinação da umidade gravimétrica em função do tempo de drenagem

Próximo às trincheiras correspondentes aos perfis: P11, P13, P21, P22, P23, P31, P32 e P33 foram efetuados ensaios para determinações "in situ" da umidade gravimétrica do solo em função do tempo. Basicamente o ensaio teve o mesmo procedimento do ensaio de Capacidade de Campo preconizado pelo método 1.10 do Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (1979). O ensaio constou da cravação de um cilindro metálico na superfície do solo, por cerca de 5cm. O cilindro com dimensões de 65cm de raio e 35cm de altura delimitou uma área circular de $1,33m^2$ que foi inundada de forma lenta até a formação de uma coluna de água de 25cm de altura. O nível da lâmina de água foi mantido o tempo suficiente para que, no mínimo, houvesse infiltração de 2.500% de água. Após a inundação, a superfície do solo ao

redor do cilindro foi totalmente encharcada. Sobre a área central do cilindro estendeu-se um feltro umedecido, e a área interna e ao redor do cilindro foi coberta com plástico preto para evitar a evaporação. A seguir, procedeu-se à retirada de amostras do solo (cerca de 70g) das profundidades de 5 a 15, 25 a 35, 55 a 65 e 85 a 95cm para a determinação da umidade gravimétrica. Cada amostragem foi composta por três repetições. As amostragens foram realizadas nos tempos: 30 minutos e 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24, 36, 48, 60, 72 e 96 horas decorridos após a infiltração da lâmina de água de inundação. As amostras foram acondicionadas em recipientes vedados e levadas ao laboratório onde eram pesadas com a umidade de campo. A seguir, permaneciam na estufa a 105°C por 48 horas para a obtenção da massa de terra seca.

3.4. Determinações físicas e hídricas em laboratório

3.4.1. Granulometria

A composição granulométrica foi determinada por peneiramento e sedimentação utilizando-se do método da pipeta descrito por DAY (1965). Empregou-se NaOH como agente dispersante, e a agitação foi realizada em garrafas de Stolman por 17h em agitador de Wagner.

3.4.2. Densidade do solo (D_s) e densidade de partículas (D_p)

Para a determinação da densidade do solo utilizaram-se amostras com estrutura indeformada retiradas com o auxílio do amostrador de UHLAND modificado para comportar cilindros volumétricos de 300cm^3 . As profundidades amostradas foram: de 7 a 14, 27 a 34, 57 a 64 e 97 a 104cm. Empregou-se o método do anel de volume constante descrito por BLAKE (1965).

Para a determinação da densidade de partículas foram utilizados 5g de terra fina seca em estufa e picnômetro com volume de 50ml com água destilada e deaerada, conforme o procedimento descrito por BLAKE (1965).

3.4.3. Porometria

A distribuição do tamanho dos poros em amostras do solo foi determinada por dois métodos: o de injeção de mercúrio e o de retenção de água a diferentes tensões.

Muitos pesquisadores têm empregado o método de injeção de mercúrio em amostras de solo secas e submetidas ao vácuo (DIAMOND, 1970; SRIDHARAN *et alii*, 1971; NAGPAL *et alii*, 1974; SILLS *et alii*, 1974; AHMED *et alii*, 1974; KONSTANKIEWICZ & STAWINSKI, 1976; KERTZMAN, 1989).

Estes métodos baseiam-se no comportamento de líquidos não molháveis, como o mercúrio, ou molháveis, como a água, em capilares. A lei que governa a penetração de líquidos é expressa por:

$$D = -\left(\frac{1}{P}\right)4\sigma \cos \theta$$

onde:

D é o diâmetro do poro

P é a pressão aplicada

σ é a tensão superficial do líquido, e

θ é o ângulo de contato entre o líquido e a parede do capilar

No solo, os poros não são perfeitamente cilíndricos. Desta forma, o diâmetro calculado para o poro constitui um modelo especial. Entretanto, estes métodos são geralmente aceitos como um meio prático para o

dimensionamento do poro equivalente,

Utilizaram-se os valores: 0,484 N/m e 0,072 N/m para a tensão superficial do mercúrio e da água, respectivamente, e 130° e 0° para seus respectivos ângulos de contato (LIBARDI, 1985; WINSLOW & SHAPIRO, 1959).

As análises porométricas por injeção de mercúrio foram efetuadas no porosímetro MICROMERITICS PORE SIZER 9300. Os corpos de prova com estrutura indeformada com cerca de 2,5g, foram retirados de amostras coletadas nas paredes das trincheiras. Os corpos de prova foram secos em estufa a 105°C durante 48 horas e previamente submetidos ao vácuo durante 30 minutos.

O método consta de medidas do volume de mercúrio que penetra nos poros da amostra sob vácuo, em função do aumento da pressão aplicada em pequenos e sucessivos estágios. Detalhes do método e tratamento dos dados foram discutidos por KLOCK *et alii* (1969), NAGPAL *et alii* (1972) e DANIELSON & SUTHERLAND (1986).

O outro método utilizado para se determinar a distribuição do tamanho dos poros foi baseado na curva característica de retenção de água no solo (SCHOFIELD, 1939; LEAMER & LUTZ, 1940; CHILDS, 1940; DANIELSON & SUTHERLAND, 1986).

NAAR & WYGAL (1962) comentam que a curva de sucção representa o tamanho aparente dos poros do solo esvaziados com a aplicação de determinada sucção.

3.4.4 Determinação da curva característica de retenção de água

De cada trincheira foram retiradas oito amostras com estrutura indeformada de cada uma das profundidades: 10, 30, 60 e 100cm. Quatro amostras foram coletadas em cilindros de 300cm³ e quatro em conjuntos de 3 anéis sobrepostos com 100cm³ cada um.

As amostras, após preparadas, foram saturadas através da elevação lenta da lâmina de água até o nível superior. Neste nível a lâmina de água foi mantida por mais 24 horas. A seguir, as amostras dos cilindros (300cm³) foram submetidas a tensões de 0,005; 0,001; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 e 0,01MPa utilizando-se os funis de placa porosa. As amostras coletadas nos anéis (100cm³) foram levadas à câmara de Richards e submetidas às pressões: 0,01; 0,02; 0,03; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 e 1,5MPa para se determinar o teor de água nestes potenciais (RICHARDS, 1965). Para cada determinação, as amostras eram previamente saturadas.

Após o término do ensaio de retenção as amostras foram reutilizadas para determinação da densidade do solo (Ds).

3.4.5 Determinação da microporosidade, macroporosidade, porosidade total determinada e porosidade total calculada

A microporosidade foi obtida a partir dos dados da curva de retenção de água, considerando-se como microporosidade o volume de água retida no solo à tensão de 0,006MPa. A macroporosidade foi determinada subtraindo-se o teor de água do solo (cm³/cm³) no ponto de saturação, do teor de água do solo submetido à tensão de 0,006MPa.

A porosidade total determinada foi considerada como o volume de água do solo no ponto de saturação, e a porosidade total calculada foi obtida com o emprego da fórmula:

$$EZ = \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right) 100$$

onde:

D_s é a densidade do solo

D_p é a densidade de partículas

3.4.6. Condutividade hidráulica em meio saturado

A condutividade hidráulica em meio saturado foi determinada em amostras indeformadas retiradas das paredes das trincheiras em cilindros de 300cm³.

Foi empregado o método descrito por KLUTE (1965), através da expressão:

$$K = \frac{Q}{A \cdot t} \times \frac{L}{\Delta H}$$

onde:

K = coeficiente de permeabilidade ou condutividade hidráulica do solo saturado (cm.s⁻¹)

A = área da secção transversal da amostra (cm²)

Q = volume de água medido (cm³)

L = comprimento da amostra (cm)

ΔH = diferença de potencial hidráulico entre o topo e a base da amostra (cm)

3.5 Análise micromorfológica

Amostras com estrutura indeformada foram retiradas das paredes das trincheiras nas profundidades: 07-14, 27-34, 57-64 e 90-100cm para fins de observações micromorfológicas. As amostras, após secagem ao ar e em estufa a 45°C, foram submetidas ao vácuo em dessecador e impregnadas com mistura de resina de poliéster Polilyte e monômero de estireno. Empregou-se peróxido de metil-etil-cetona como catalizador. As amostras, após endurecidas, foram serradas e polidas com pó de carborundun e montadas em lâminas de vidro com bálsamo do Canadá. Prosseguiu-se com o polimento para se obterem seções delgadas com cerca de 30^m de espessura.

As observações micromorfológicas foram feitas com o auxílio de lupa binocular e microscópio com luz natural e polarizada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Compactação dos solos cultivados quantificada através de medidas da densidade do solo

Na Tabela 3, apresentam-se os valores da densidade das camadas do solo sob vegetação natural e do solo cultivado, nas três áreas estudadas.

Ao se compararem os valores da densidade do solo, verifica-se que em todos os solos cultivados houve a formação de uma camada superficial mais densa com diferentes intensidades de compactação, dependendo do tipo e tempo de cultivo submetido ao solo. O solo cultivado com plantio direto e irrigado por 6 anos consecutivos apresentou pequena tendência de compactação na camada superficial, conforme se observa nos valores de densidade do perfil Pl2 (Tabela 3). Entretanto, tais variações na densidade não podem ser consideradas como valores seguros nesta afirmação. As maiores compactações são observadas nas primeiras camadas, 7-14cm dos solos cultivados pelo sistema convencional por longo tempo, por mais de 20 anos, e prosseguido por cultivo irrigado, durante os últimos 6 anos. Nesses solos

Tabela 3. Valores da densidade em diferentes profundidades do solo sob vegetação natural e do solo cultivado, nas três áreas estudadas

Prof. (cm)	Área I			Área II			Área III		
	P11 (cerrado)	P12 (pdi)	P13 (SC + pdi)	P21 (mata)	P22 (SC)	P23 (SC ₁ + i)	P31 (cerrado)	P32 (SC)	P33 (SC ₂ + i)
----- g/cm ³ -----									
07- 14	1,02	1,07	1,29	0,92	1,26	1,27	0,98	1,15	1,16
27- 34	1,03	1,09	1,20	0,95	1,18	1,14	0,98	1,05	1,10
57- 64	1,00	0,98	1,05	1,00	1,05	1,05	0,96	1,00	0,97
94-104	1,01	0,95	0,98	0,97	1,05	1,04	0,94	0,98	0,98

pdi: plantio direto irrigado 1984/1990

SC + pdi: sistema convencional 1960/83, prosseguido por plantio direto irrigado 1983/90

SC: sistema convencional 1957/90

SC₁ + i: sistema convencional 1957/82, prosseguido por irrigação 1982/1990

SC₂ + i: sistema convencional 1957/87, prosseguido por irrigação 1987/90

registram-se acréscimos nos valores da densidade, na profundidade de 7 a 14cm, da ordem de 26% na Área I, 38% na Área II e 18% na Área III, em relação aos respectivos solos sob vegetação natural.

4.2. Alterações do espaço poroso nos solos cultivados

As maiores alterações do espaço poroso do solo, devidas ao cultivo, ocorrem no domínio dos macroporos. Conforme se verifica na Tabela 4, todos os solos cultivados apresentaram redução nos valores da macroporosidade, quando comparados com o solo sob vegetação natural que mantém os maiores valores. Nota-se, por outro lado, em cada perfil avaliado, a atenuação da mudança do espaço poroso com a profundidade, não sendo mais expressiva abaixo de 70cm.

As maiores reduções da macroporosidade ocorrem nas profundidades próximas da superfície, sendo as mais elevadas encontradas nos solos submetidos ao cultivo convencional por longo período de tempo e depois prosseguido com irrigação por aspersão, conforme se verifica nos perfis P13 da Área I e P22 da Área II.

Convém ressaltar que, mesmo no intervalo de profundidade de 57 a 64cm, os solos submetidos ao cultivo convencional apresentaram pequena redução nos valores da macroporosidade.

A diminuição da porosidade total e da macroporosidade e o aumento da microporosidade observados nas camadas superficiais de todos os solos cultivados em relação ao solo sob vegetação natural, como indicam os valores apresentados na Tabela 4 e na Figura 2, sugerem, como enfatiza VEEN

Tabela 4. Valores expressos em % de volume da macroporosidade, microporosidade, porosidade total determinada e porosidade total calculada obtidos em diferentes profundidades do solo sob vegetação natural e do solo cultivado, nas três áreas estudadas

Prof. (cm)	Área I			Área II			Área III		
	P11 (cerrado)	P12 (pdi)	P13 (SC + pdi)	P21 (mata)	P22 (SC)	P23 (SC ₁ + i)	P31 (cerrado)	P32 (SC)	P33 (SC ₂ + i)
Macroporosidade									
07- 14	28,2	17,5	9,3	31,4	9,5	13,2	27,4	17,1	17,3
27- 34	22,9	18,0	13,5	28,7	11,9	13,6	28,2	19,5	15,3
57- 64	22,4	20,2	17,8	24,7	17,3	20,0	25,8	21,1	23,8
94-104	19,4	20,8	22,5	27,4	19,8	24,1	26,0	25,1	27,7
Microporosidade									
07- 14	33,9	42,8	42,2	35,5	46,5	44,3	35,1	42,3	42,8
27- 34	35,0	38,7	41,0	36,0	45,3	40,8	35,3	39,4	41,5
57- 64	39,1	38,8	40,8	35,7	42,5	39,8	36,9	39,5	37,3
94-104	41,4	39,3	39,2	35,9	41,4	38,2	37,7	39,9	35,1
Porosidade total determinada									
07- 14	62,1	60,3	51,5	66,9	55,9	57,5	62,5	59,4	60,1
27- 34	58,3	56,7	54,5	64,7	57,2	56,3	63,5	58,5	56,8
57- 64	61,5	59,0	58,6	60,4	59,9	59,7	62,7	60,6	61,1
94-104	60,8	60,1	61,7	63,3	61,2	62,3	63,7	65,0	62,8
Porosidade total calculada									
07- 14	65,4	64,1	56,1	69,3	57,9	57,7	67,0	61,7	61,2
27- 34	64,5	63,2	59,2	68,4	60,1	62,3	67,2	64,8	63,2
57- 64	66,2	67,0	64,2	66,6	65,0	65,0	67,8	66,2	67,9
94-104	66,1	68,2	66,8	67,6	64,8	65,1	68,5	67,2	66,9

pdi: plantio direto irrigado 1984/1990

SC + pdi: sistema convencional 1960/83, prosseguido por plantio direto irrigado 1983/90

SC: sistema convencional 1957/90

SC₁ + i: sistema convencional 1957/82, prosseguido por irrigação 1982/1990

SC₂ + i: sistema convencional 1957/80, prosseguido por irrigação 1987/90

Figura 2. Valores de macroporosidade, microporosidade e porosidade total determinada, obtidos nas profundidades: 10, 30, 60 e 100cm no solo sob vegetação natural e cultivado das três áreas estudadas

(1981), que existe generalizada tendência de modificação da estrutura do solo com o cultivo, e ela será tanto maior quanto mais intensivo for o cultivo com a mecanização agrícola.

Com o intuito de destacar melhor essas evidências da alteração do espaço poroso do solo, foram efetuadas análises porométricas e confeccionadas lâminas delgadas dos solos estudados, as quais foram examinadas ao microscópio óptico e à lupa binocular.

A caracterização micromorfológica mostra que o plasma do solo sob vegetação natural é constituído por micro-agregados bem individualizados, de forma subarredondada, e a maior parte com dimensões estimadas entre 100 e 300 μ m de diâmetro. Nas profundidades de 10 e 30cm os agregados possuem dimensões bem maiores que os da camada mais profunda. O espaço poroso, nesta escala de observação, é constituído por dois tipos de poros: um resultante do arranjo dos micro-agregados formando o espaço poroso inter-agregado, contínuo, irregular e policôncavo e que ocupa uma porção importante do solo. O outro, formado por canais e cavidades com dimensões geralmente bem maiores que a dos poros inter-agregados (Figuras 3, 4 e 5).

Com a intensificação do cultivo os agregados continuam exibindo forma subarredondada, mas tornam-se menores. O espaço poroso associado é excessivamente reduzido e os poros tornam-se mais irregulares. Os canais e cavidades se reduzem drasticamente.

Nas micrografias a 90cm de profundidade praticamente não há alteração evidente quando se comparam os solos cultivados com os solos sob vegetação natural.

Figura 3. Fotomicrografia sob luz natural (aumento: 15x): horizonte superficial a 10 e 30cm de profundidade e horizonte profundo a 90cm de profundidade, dos perfis: P11 (cerrado), P12 (plantio direto e irrigado) e P13 (sistema convencional seguido de plantio direto irrigado)

Figura 4. Fotomicrografia sob luz natural (aumento: 15x): horizonte superficial a 10 e 30cm de profundidade e horizonte profundo a 90cm de profundidade, dos perfis: P21 (mata), P22 (sistema convencional) e P23 (sistema convencional seguido de irrigação)

Figura 5. Fotomicrografia sob luz natural (aumento: 15x): horizonte superficial a 10 e 30cm de profundidade e horizonte profundo a 90cm de profundidade dos perfis: P31 (cerrado), P32 (sistema convencional) e P33 (sistema convencional seguido de irrigação)

A distribuição do tamanho dos poros, muitas vezes, é quantificada através de correlações com a granulometria ou textura do solo. Entretanto, para muitos latossolos argilosos, nos quais a argila se encontra micro-agregada a granulometria geralmente não se correlaciona bem com a distribuição do tamanho dos poros. Pelas análises granulométricas obtêm-se elevadas porcentagens de argila ($>50\%$), mas as características de perda de água a baixas sucções ($<0,01\text{MPa}$) são similares a material de textura mais grosseira. Esta propriedade pode ser atribuída melhor à distribuição dos poros inter-agregados do que à textura do solo.

Pelos resultados das análises porométricas efetuadas verifica-se que na faixa de $0,006$ a $100\mu\text{m}$ de diâmetro de poros as curvas de distribuição relativa (Figuras 6, 7 e 8) apresentam distribuição bimodal para a distribuição dos tamanhos dos poros, comparáveis às obtidas por CAMBIER & PROST (1981) para solos ferralíticos do Senegal. De acordo com esses autores, a classe de poros situada entre 5 e $200\mu\text{m}$ de diâmetro corresponde aos poros inter-agregados e a classe com diâmetro equivalente entre $0,01$ a $0,1\mu\text{m}$ corresponde aos poros intra-agregados. A determinação dessas classes de poros permite inferir propriedades hídricas importantes do solo: a porosidade inter-agregado proporciona ao solo boa drenabilidade e aeração, enquanto que a porosidade intra-agregado confere ao solo maior capacidade de retenção de água.

Os poros intra-agregados com predominância de diâmetro equivalente em torno de $0,02\mu\text{m}$ (Figuras 6, 7 e 8) permanecem inalterados tanto nos solos sob vegetação natural como nos intensivamente cultivados, ao passo que os poros inter-agregados são acentuadamente modificados. Nas camadas

Figura 6. Porometria por injeção de mercúrio das amostras de solo da Área I nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P11 (cerrado), P12 (plantio direto e irrigado) e P13 (sistema convencional seguido de plantio direto e irrigado)

Figura 7. Porometria por injeção de mercúrio das amostras de solo da Área II nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P21 (mata), P22 (sistema convencional) e P23 (sistema convencional seguido de irrigação)

Figura 8. Porometria por injeção de mercúrio das amostras de solo da Área III nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P31 (cerrado), P32 (sistema convencional) e P33 (sistema convencional seguido de irrigação)

superficiais do solo sob vegetação natural predominam os poros com diâmetro equivalente em torno de $80\mu\text{m}$ e nos solos submetidos ao cultivo intensivo e prolongado constata-se redução para $25\mu\text{m}$, a 10cm de profundidade e $32\mu\text{m}$, a 30cm.

Nas profundidades de 60 e 100cm o solo sob vegetação natural apresenta predominância de diâmetro do poro pouco inferior aos das camadas superiores, em torno de $62\mu\text{m}$. Nesta faixa de profundidade não se verifica alteração do diâmetro do poro com a intensificação do cultivo. Ao que parece, a porometria é uma determinação muito mais sensível para constatar modificações da porosidade do que a densidade. É o que ocorre no perfil P12. A variação da densidade nas camadas superficiais é negligível, enquanto que a porometria já indica acentuada variação.

4.3. Efeitos da mudança do espaço poroso nas propriedades hídricas do solo

As Figuras 9, 10 e 11 apresentam as curvas de retenção de água para as profundidades de 7 a 14, 27-34, 57-64 e 97 a 104cm de todos os perfis estudados. Pelo exame destas figuras, nota-se que a maior inflexão das curvas a baixas tensões se relaciona à remoção da água a tensões de $-0,001$ a $-0,01\text{MPa}$, o que representa para o Latossolo Roxo drenagem entre os agregados correspondendo aos poros com diâmetros entre 30 a $300\mu\text{m}$. A tensões mais elevadas entre $-0,01$ a $-1,5\text{MPa}$ a curva exhibe aspecto mais retilíneo e baixa declividade na escala semi-logarítmica usada, e atinge o potencial de $-1,5\text{MPa}$ com teores de água no solo superiores a 21%. Esta água, não disponível às plantas, preenche os poros intra-agregados com diâmetro entre 0,01

Figura 9. Curvas características de retenção de água do solo da Área I nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P11 (cerrado), P12 (plantio direto e irrigado) e P13 (sistema convencional seguido de plantio direto e irrigado)

Figura 10. Curvas características de retenção de água do solo da Área II nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P21 (mata), P22 (sistema convencional) e P23 (sistema convencional seguido de irrigação)

Figura 11. Curvas características de retenção de água do solo da Área III nas profundidades 10, 30, 60 e 100cm dos perfis: P31 (cerrado), P32 (sistema convencional) e P33 (sistema convencional seguido de irrigação)

a $0,04\mu\text{m}$ (correspondendo a -7 a -15MPa). Por outro lado, conforme se verifica nas Figuras 6, 7 e 8, no intervalo entre $0,2\mu\text{m}$ a $3,0\mu\text{m}$ (correspondendo a $-1,5\text{MPa}$ a $-0,1\text{MPa}$) não se constata a existência apreciável de poros com diâmetros dentro dessa faixa. Isto leva a concluir que no Latossolo Roxo a faixa de água disponível em quantidade satisfatória esteja entre $-0,1$ a $-0,01\text{MPa}$, o que é corroborado por SANCHEZ (1981) e WOLF (1975), que notaram que em solos bem agregados dos trópicos, a água retida entre $-0,1$ a $-1,5\text{MPa}$ é menos aproveitável pelas culturas que as retidas entre $-0,01$ e $-0,1\text{MPa}$.

Pelo exame das Figuras 9, 10 e 11, constata-se que o espaço poroso do solo das camadas superficiais (10 e 30cm de profundidade) submetidas ao cultivo intensivo foi modificado de maneira acentuada, de acordo com a intensidade do cultivo, na faixa de poros com diâmetro equivalente de 50 a $600\mu\text{m}$.

Quanto ao comportamento hidrodinâmico da água no solo, verifica-se, através do exame da Figura 12 e Apêndices 4, 5 e 6, que a velocidade de infiltração da água sofreu modificações acentuadas em função do cultivo.

Pela análise dos resultados dos ensaios de infiltração, constata-se que os efeitos de cerca de 20 anos de cultivo anual convencional, prosseguido por cultivo intensivo irrigado nos últimos 6 anos promoveram redução acentuada nas taxas de infiltração, passando de 1.396 para 63mm/h na Área I, de 1.425 para 77mm/h na Área II e de 1.733 para 330mm/h na Área III. Associa-se esta redução ao decréscimo marcante do diâmetro dos poros maiores que $50\mu\text{m}$ na camada compactada. Este mesmo comportamento hidrodinâmico é confirmado através dos resultados de ensaios de condutividade

hidráulica em solo saturado realizados em laboratório (Tabela 5). Ao se compararem os valores da taxa de infiltração e condutividade hidráulica do perfil P12 com os do perfil P11 constata-se que mesmo o solo cultivado com plantio direto e irrigado por apenas 6 anos consecutivos (P12) apresentou, na camada superficial, alteração do comportamento hidrodinâmico.

Tabela 5. Valores da taxa de infiltração e da condutividade hidráulica em solo saturado dos perfis sob vegetação natural e sob cultivo

Perfil	Sistema de cultivo	Taxa de Infiltração (mm/h)	Condutividade hidráulica em solo saturado (mm/h)			
			prof. (cm)			
			10	30	60	100
P11	cerrado	1396	1297	1249	963	807
P21	mata	1425	1333	829	999	870
P31	cerrado	1733	1096	939	812	644
P12	pdi	211	297	894	660	912
P22	SC	284	143	165	258	395
P32	SC	98	215	546	551	511
P13	SC + pdi	63	133	474	586	854
P23	SC ₁ + i	77	80	232	465	491
P33	SC ₂ + i	330	241	446	610	516

pdi: plantio direto irrigado 1984/1990

SC + pdi: sistema convencional 1960/83, prosseguido por plantio direto irrigado 1983/90

SC: sistema convencional 1957/90

SC₁ + i: sistema convencional 1957/82, prosseguido por irrigação 1982/1990

SC₂ + i: sistema convencional 1957/87, prosseguido por irrigação 1987/90

Em relação aos valores de umidade gravimétrica em função do tempo, constata-se que, tanto durante como após a drenagem da água no solo, as camadas superficiais (10 e 30cm) do solo sob cultivo tiveram comportamento diferenciado. Os maiores decréscimos da umidade gravimétrica em relação ao solo sob vegetação natural, observados nas Figuras 13, 14 e 15 são atribuídos, em grande parte, aos efeitos da diminuição do espaço poroso causada pela compactação.

Constata-se, portanto, que a infiltração bem como a redistribuição da água refletem as modificações das condições físicas do solo, como estrutura, porosidade, principalmente a macroporosidade e formação de camadas compactadas (HILLEL, 1970; BAUMER & BAKERMANS, 1973).

Figura 12. Valores de velocidade de infiltração "in situ" nos locais dos perfis das três áreas estudadas

Figura 13. Umidade gravimétrica em função do tempo de drenagem da água no solo da Área I nas profundidades 10, 30, 60 e 90cm dos perfis: P11 (cerrado) e P13 (sistema convencional seguido de plantio direto e irrigado)

Figura 14. Umidade gravimétrica em função do tempo de drenagem da água no solo da Área II nas profundidades 10, 30, 60 e 90cm dos perfis: P21 (mata), P22 (sistema convencional) e P23 (sistema convencional seguido de irrigação)

Figura 15. Umidade gravimétrica em função do tempo de drenagem da água no solo da Área III nas profundidades 10, 30, 60 e 90cm dos perfis: P31 (cerrado), P32 (sistema convencional) e P33 (sistema convencional seguido de irrigação)

5. CONCLUSÕES

A determinação de duas classes principais de poros, uma situada acima de $5\mu\text{m}$, correspondendo aos poros inter-agregados, e a outra entre $0,01$ a $0,1\mu\text{m}$, correspondendo aos poros intra-agregados, permite inferir as seguintes propriedades hídricas:

- . a porosidade inter-agregado proporciona ao Latossolo Roxo boa drenabilidade e aeração.
- . a porosidade intra-agregado confere ao Latossolo Roxo maior capacidade de retenção de água a tensões elevadas.

A não existência de quantidades apreciáveis de poros com diâmetro no intervalo entre $0,2$ a $3,0\mu\text{m}$ e o maior número de poros com diâmetro superior a $5\mu\text{m}$, proporcionando uma porosidade mais desenvolvida nesta faixa, conduzem às seguintes conclusões:

- . a água retida entre $-0,1$ a $1,5\text{MPa}$ é pouco aproveitável pelas culturas, face à pequena quantidade de água disponível

nesta faixa;

- . a água retida entre $-0,01$ a $0,1\text{MPa}$ está disponível em maior volume para as plantas.

Pelos estudos realizados através do presente trabalho, constatou-se que:

1. O espaço poroso das camadas superficiais do Latossolo Roxo é modificado com o cultivo. Os poros maiores (cavidades e canais tubulares) são praticamente eliminados pelo acréscimo da intensidade da compactação.

2. Os macroporos ($\emptyset > 50\mu\text{m}$) tiveram seu volume diminuído em todos os sistemas de cultivo, atingindo reduções de até 203%, quando comparados ao solo sob vegetação natural.

3. Os microporos apresentaram aumento de volume em todos os sistemas de cultivo, alcançando acréscimos de até 24,8% no solo mais intensivamente cultivado.

4. O maior acréscimo do volume de microporos verifica-se na faixa de poros com diâmetros entre 10 e $5\mu\text{m}$.

5. A predominância dos poros equivalentes das camadas superficiais com diâmetro aproximadamente de $80\mu\text{m}$ nos solos sob vegetação natural sofreu acentuada modificação, apresentando predominância de diâmetro em torno de $25\mu\text{m}$ nas camadas compactadas dos solos sob cultivo convencional intensivo e prolongado.

6. A taxa de infiltração de água dos solos intensivamente cultivados, quando comparada ao solo sob vegetação natural, apresentou redução acentuada, passando de 1.396 para 63mm/h na Área I, de 1.425 para 77mm/h na Área II e de 1.733 para 330mm/h na Área III.

7. A redistribuição da umidade em função do tempo de drenagem da água no solo apresentou comportamento diferenciado em relação ao solo sob vegetação natural.

8. A infiltração bem como a redistribuição da umidade no solo refletem as modificações do espaço poroso causadas, em grande, parte pela compactação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, S.; LOVELL, C.W.; DIAMOND, S. Pore sizes and strength of compacted clay. *Journal of Geotechnical Engineering*, New York, 100:407-25, 1974.
- BAUMER, K. & BAKERMANS, W.A.P. Zero-tillage. *Advances in Agronomy*, New York, 25:77-125, 1973.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. *Soil physics*. New York, John Wiley and Sons, 1973.
- BERTRAND, A.R. Rate of water intake in the field. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.197-209. (Agronomy, 1).
- BLAKE, G.R. Particle density. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt. 1, p.371-3. (Agronomy, 9).

CAGAUAN, B.G. & UEHARA, G. Soil anisotropy and its relation to aggregate stability. *Soil Science Society America Proceeding*, Madison, 29:198-200, 1965.

CAMARGO, A.P.; PINTO, H.S.; BRUNINI, O.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. "Clima do Estado de São Paulo", In: São Paulo (Estado). Secretaria da Agricultura. *Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo*. São Paulo, 1974. p.51-87.

CAMARGO, M.N.; KLANT, E.; KOUFFMAN, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solos. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 12(1):11-33, 1987.

CAMARGO, O.A. *Compactação do solo e desenvolvimento de plantas*. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 44p.

CAMBIER, P. & PROST, R. Etude des associations argile-oxyde: organisation des constitutants d'un matériau ferrallitique. *Agronomie*, Versailles, 1(9):713-22, 1981.

CASTILLO, S.R.; DOWDY, R.H.; BRADFORD, J.M.; LARSON, W.E. Effect of applied mechanical stress on plant growth and nutrient uptake. *Agronomy Journal*, Madison, 74(3):526-30, 1982.

CHILDS, E.C. The use of soil moisture characteristics in soil studies. *Soil Science*, Baltimore, 50:239-52, 1940.

- COLETTI, J.T. & DEMATTÊ, J.L.I. Compactação artificial em solos: Experiências e dados informativos. *Alcool e Açúcar*, São Paulo, 2(6):34-8, 1982.
- CORSINI, P.C. & LIBERA, C.L.L.F. Efeitos da estrutura do solo na difusividade no Latossolo Roxo. *Científica*, Lavras, 6(3):401-6, 1978.
- DANIELSON, R.E. & SUTHERLAND, P.L. Porosity. In: KLUTE, A., ed. *Methods of Soil Analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1986. pt.1, p. 443-61. (Agronomy, 9).
- DASBERG, S. & MENDEL, K. The effects of soil water and aeration on seed germination. *Journal Experimental Botany*, Oxford, 22(73):992-8, 1971.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.545-67. (Agronomy, 1).
- DEMATTÊ, J.L.I. Manejo de solos podzólicos arenosos para a cultura da cana-de-açúcar - Região de Quatã (SP). In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; FREITAS, S.S., coord. *A responsabilidade social da ciência do solo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.289-304. (Trabalho apresentado no 21º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, 1987).
- DIAMOND, S. Pore size distributions in clays. *Clays and clay minerals*, Lawrence, 18:7-23, 1970.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979. 1v.

FLOCKER, W.J.; TIMM, H.; VOMOCIL, J.A. Effect of soil compaction on tomato and potato yields. *Agronomy Journal*, Madison, 52:345-8, 1960.

FORSYTHE, W.M. & HUERTAS, A. Effect of soil penetration resistance on the growth and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) 27-R variety. *Turrialba*, 29(4):293-8, 1979.

GHILDYAL, B.P. & SATYANARAYAMA, T. Effects of compaction on the physical properties of four different soils. *Indian Journal Indian Society of Soil Science*. 13:149-55, 1965.

GRIFFITH, D.R.; MANNERING, J.V.; MOLDENHAVER, W.C. Conservation tillage in the Eastern Corn Belt. *Journal of soil and Water Conservation*, Ankeny, 32(1):20-8, 1977.

HARRIS, W.L. The soil compaction process in compaction of agricultural soils. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, 1971.

HEWITT, J.S. & DEXTER, A.R. Effects of tillage and stubble management on the structure of swelling soil. *Soil Science Journal*, Madison, 31(2): 203-15, 1980.

HILLEL, D. *Solo e água: fenômenos e princípios físicos*. Porto Alegre, UFRGS, 1970. 231p.

KERTZMAN, F.F. Modification de la structure et des proprietes physiques des couches superficielles d'un "Latossolo Roxo" (Guaíra, São Paulo, Brasil) soumis a une irrigation par aspersion. Paris, 1989. 48p. (Diploma de Estudos Aprofundados - Universidade de Paris VI).

KLOCK, G.O.; BOERSMA, L.; De BACKER, L.W. Pore size distribution as measured by the mercury intrusion method and their use in predicting permeability. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 33:12-5, 1969.

KLUTE, A. Laboratory measurements of hydraulic conductivity of saturated soil. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p.210-21. (Agronomy, 9).

KONSTANKIEWICZ, K. & STAWINSKI, J. The use of the mercury porosimeter for studies of some soil properties. *Polish Journal Soil Science*, Wroclaw, 9:3-10, 1976.

LABANAUSKAS, C.K.; STOLZY, L.H.; LENTMYER, G.A.; SZUSZKIEWICZ, T.E. Influence of soil oxygen and soil water on the accumulation of nutrients in avocado seedlings (*Persea americana* Mill.). *Plant and Soil*, The Hague, 29(3): 391-406, 1968.

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

- LAL, R. Mechanized tillage systems effects on properties of a tropical alfisol in watershed cropped to maize. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, (6):149-61, 1985.
- LARSON, W.E. Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 28(1):118-22, 1964.
- LEAMER, R.W. & LUTZ, J.F. Determination of pore size distribution in soils. *Soil Science*, Baltimore, 49:347-60, 1940.
- LEAMER, R.W. & SHAW, B. A simple apparatus for measuring non-capillary porosity on an extensive scale. *Journal of American Society of Agronomy*, Madison, 33:1003-8, 1941.
- LEGARDA, L. & FORSYTHE, W.M. Soil water and aeration and red bean production. II. Effect of soil aeration. *Turrialba*, 28:175-8, 1978.
- LIBARDI, P.L. *Água no sistema solo-planta-atmosfera*. Piracicaba, ESALQ, 1985. 232p.
- LOWRY, F.E.; TAYLOR, H.M.; HUCK, M.G. Growth rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of soil pans. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 34(2):306-9, 1970.
- 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, 2(1):81-4, 1978.

- McKEAGUE, J.A. & TOPP, G.C. Pitfalls in interpretation of soil drainage from soil survey information. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, 66:37-44, 1986.
- MANNERING, J.V.; MEYER, L.D.; JOHNSON, C.B. Infiltration and erosion as affected by minimum tillage for corn (*Zea mays* L.). *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 30:101-5, 1966.
- MARCOS, Z.Z. Estrutura, agregação e água no solo. Piracicaba, 1968. 55p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- MORAES, M.H. Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e no desenvolvimento do sistema radicular de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Piracicaba, 1988. 106p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- NAAR, J. & WYGAL, R.J. Water-suction of large grained aggregates. *Journal of Soil Science*, 13(2):198-201. 1962.
- NAGPAL, N.K.; BOERSMA, L.; DeBACKER, L.W. Pore size distributions of soils from mercury intrusion porosimeter data. *Soil Science of America Proceedings*, Madison, 36:264-7, 1973.
- PAUL, C.L. & VRIES, J.de. Effect of soil water status and strength on trafficability. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, 59:313-24, 1979.

PRIMAVESI, O. Nutrição mineral de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em dois solos sujeitos à compactação. Piracicaba, 1983. 142p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis. I.* Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt. 1, p.128-58. (Agronomy, 9).

RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORREIA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah oxisol. *Agronomy Journal*, Madison, 72:40-44, 1980.

ROSENBERG, N.J. & WILLITS, N.A. Yield and physiological response of barley and beans grown in artificially compacted soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 26:78-82, 1962.

ROVIRA, L.A.A. Estudo do sistema radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Carioca. Piracicaba, 1975. 86p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SANCHEZ, P.A. *Suelos del trópico; características y manejo.* San José, IICA, 1981. 634p.

SHARMA, M.L. & UEHARA, G. Influence of soil structure on water relations in Low Humic Latosols: 1. Water retention. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 32:765-70, 1968.

SCHOFIELD, R.K. Pore size distribution as revealed by the dependence of suctions on moisture content. In: ROBINSON, G.W., ed. *International Society of Soil Science, Transaction Communication. I.* (Bangor, Wales) vol. A. Aberystwyth. p.54-57, 1939.

SILLS, I.D.; AYLMOORE, L.A.G.; QUIRK, J.P. Relationship between pore size distributions and physical properties of clay soils. *Australian Journal of Soil Research*, East Melbourne, 12:107-17, 1974.

SILVA, I.F. Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo. Porto Alegre, 1980. 70p. (Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

SRIDHARAN, A.; ALTSCHAEFEL, A.G.; DIAMOND, S. Pore size distribution studies. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division.* New York, 97:771-87, 1971.

TAYLOR, H.M. & RATLIFF, L.F. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function on soil strength and soil water contend. *Soil Science*, Baltimore, 108(2):113-119, 1969.

TSUJI, G.Y.; WATANABE, R.T.; SAKAI, W.S. Soil microstructure and water characteristics of Hawaiian soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 39:28-33, 1975.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, USDA, Agriculture Handbook nº 435. Gout. Printing office, Washington, D.C. 1975.

VEEN, B.W. The influence of mechanical impedance on the growth of maize roots. *Plant and Soil*, The Hague, 66(1):101-9, 1982.

VOORHEES, W.B.; SENST, C.G.; NELSON, W.W. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the Northern corn belt. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 42:344-9, 1978.

WINSLOW, N.M. & SHAPIRO, J.J. An instrument for the measurement of pore-size distribution by mercury penetration. *ASTM Bulletin*, Philadelphia. 49:39-44, 1959.

WOLF, J.M. Soil-water relations in Oxisols of Puerto Rico and Brazil. In: BOERMISZA, E. & ALVARADO, A. eds. *Soil management in tropical Latin America*. Raleigh, North Carolina State University, 1975. p.145-53.

APÊNDICES

Apêndice 1. Volumes parciais de mercúrio injetado nas amostras das profundidades: 10, 30, 60 e 100cm dos solos: sob cerrado (P11), plantio direto e irrigado (P12) e sistema convencional até 1983, seguido de plantio irrigado (P13), da Área I

Pressão (PSIa)	Ø poro (µm)	Volumes Parciais - ΔV (CC/g x 10 ²)											
		P11 (cerrado)				P12 (pdi)				P13 (SC + pdi)			
		prof. (cm)				prof. (cm)				prof. (cm)			
		10	30	60	100	10	30	60	100	10	30	60	100
0,9	200,0	2,46	1,88	1,25	1,47	0,53	0,60	0,74	0,69	0,35	0,45	0,43	0,77
1,1	163,6	2,57	2,47	1,38	1,55	0,60	0,73	0,80	0,90	0,46	0,62	0,62	1,05
1,4	128,6	3,87	3,81	1,54	1,73	0,73	1,05	1,06	1,07	0,56	0,67	0,89	1,09
1,8	100,0	4,31	4,08	2,75	3,09	1,01	1,62	1,35	1,53	0,77	0,96	1,12	1,56
2,3	78,26	5,50	5,41	5,38	5,49	1,73	2,85	3,85	4,50	0,86	1,42	3,13	4,94
2,9	62,07	4,03	4,29	6,07	5,82	2,09	3,30	5,66	6,75	0,91	2,24	4,32	6,79
3,6	50,00	3,08	3,14	4,84	4,28	2,72	3,75	4,48	4,97	1,16	2,64	5,41	5,34
4,5	40,00	1,73	1,94	3,45	3,90	2,86	3,29	4,21	4,24	1,43	2,98	4,45	4,86
5,7	31,58	1,21	1,25	2,77	2,91	3,05	2,65	3,17	3,36	1,88	3,41	3,60	3,59
7,2	25,00	0,91	0,89	2,14	1,90	2,69	2,09	2,10	2,25	2,56	2,91	2,41	2,42
9,0	20,00	0,61	0,75	1,54	1,38	2,11	1,93	1,77	1,72	2,02	1,86	1,67	1,71
11,4	15,79	0,54	0,67	1,29	1,07	1,74	1,61	1,54	1,42	1,48	1,40	1,28	1,29
14,3	12,59	0,51	0,55	0,99	0,86	1,19	1,27	1,16	1,15	0,95	1,03	0,95	0,94
18,0	10,00	0,47	0,52	0,77	0,74	0,96	0,81	0,96	1,12	0,68	0,71	0,68	0,65
22,7	7,93	0,39	0,43	0,74	0,67	0,68	0,54	0,72	0,67	0,56	0,47	0,51	0,44
28,5	6,31	0,34	0,31	0,55	0,43	0,46	0,27	0,51	0,46	0,40	0,34	0,39	0,27
36	5,00	0,22	0,22	0,42	0,21	0,39	0,21	0,39	0,32	0,25	0,27	0,27	0,21
45	4,00	0,15	0,17	0,30	0,15	0,31	0,14	0,28	0,25	0,21	0,24	0,20	0,13
57	3,16	0,10	0,16	0,23	0,12	0,25	0,11	0,21	0,19	0,20	0,21	0,17	0,12
72	2,50	0,10	0,17	0,15	0,10	0,22	0,12	0,17	0,16	0,19	0,20	0,12	0,11
90	2,00	0,11	0,14	0,18	0,08	0,28	0,11	0,14	0,18	0,21	0,15	0,11	0,10
114	1,58	0,11	0,12	0,15	0,07	0,25	0,11	0,11	0,18	0,21	0,22	0,09	0,09
143	1,26	0,12	0,11	0,17	0,06	0,26	0,12	0,15	0,17	0,19	0,19	0,09	0,10
180	1,00	0,12	0,13	0,16	0,06	0,28	0,12	0,16	0,17	0,23	0,21	0,08	0,09
227	0,793	0,12	0,12	0,17	0,10	0,27	0,12	0,15	0,17	0,22	0,20	0,14	0,10
285	0,632	0,13	0,14	0,15	0,07	0,28	0,12	0,13	0,18	0,25	0,21	0,11	0,09
359	0,501	0,14	0,13	0,17	0,04	0,25	0,11	0,14	0,17	0,25	0,20	0,07	0,08
452	0,398	0,13	0,12	0,16	0,12	0,30	0,12	0,16	0,15	0,26	0,20	0,08	0,09
569	0,316	0,16	0,15	0,15	0,10	0,28	0,12	0,16	0,17	0,26	0,20	0,07	0,11
717	0,251	0,16	0,18	0,17	0,10	0,26	0,14	0,19	0,19	0,26	0,25	0,10	0,11
902	0,200	0,19	0,18	0,16	0,20	0,25	0,15	0,24	0,17	0,26	0,21	0,12	0,10
1136	0,158	0,19	0,21	0,18	0,13	0,28	0,24	0,21	0,17	0,23	0,24	0,11	0,12
1430	0,126	0,23	0,22	0,21	0,17	0,25	0,26	0,33	0,17	0,23	0,24	0,13	0,11
1800	0,100	0,25	0,25	0,22	0,18	0,27	0,27	0,41	0,21	0,26	0,33	0,15	0,13
2266	0,0794	0,27	0,31	0,19	0,22	0,28	0,29	0,48	0,27	0,29	0,30	0,18	0,17
2853	0,0631	0,34	0,35	0,32	0,24	0,31	0,33	0,56	0,31	0,35	0,31	0,29	0,16
3591	0,0501	0,40	0,43	0,44	0,42	0,38	0,34	0,71	0,49	0,48	0,55	0,43	0,22
4521	0,0398	0,46	0,56	0,45	0,49	0,51	0,44	0,95	0,83	0,66	0,61	0,68	0,64
5692	0,0316	1,17	0,88	0,58	0,71	0,74	0,85	0,97	1,56	0,83	0,98	0,98	1,04
7166	0,0251	2,77	2,49	2,50	2,51	2,23	2,20	2,60	2,70	2,65	2,40	2,71	2,82
9021	0,0200	5,42	5,77	5,20	5,38	5,59	5,46	4,96	5,43	4,85	5,13	5,85	6,43
11357	0,0158	4,18	4,57	3,84	3,87	2,03	2,34	1,62	1,53	2,25	2,09	2,00	2,25
14298	0,0126	2,20	1,89	1,33	1,47	1,13	1,25	0,74	0,66	1,12	1,11	1,05	1,24
18000	0,0100	0,50	0,38	0,20	0,56	0,43	0,55	0,59	0,56	0,44	0,57	0,68	0,66
22660	0,0079	0,31	0,29	0,23	0,43	0,29	0,47	0,31	0,36	0,38	0,38	0,57	0,61
28528	0,0063	0,30	0,32	0,28	0,51	0,17	0,35	0,24	0,25	0,21	0,37	0,55	0,54

15673w

Apêndice 2. Volumes parciais de mercúrio injetado nas amostras das profundidades: 10, 30, 60 e 100cm dos solos sob mata (P21), sistema convencional de cultivo (P22) e sistema convencional até 1981, seguido de irrigação por aspersão (P23), da Área II

Pressão (PSIa)	Ø poro (µm)	Volumes Parciais - ΔV (CC/g x 10 ²)											
		P21 (mata)				P22 (SC)				P23 (SC + i)			
		prof. (cm)				prof. (cm)				prof. (cm)			
		10	30	60	100	10	30	60	100	10	30	60	100
0,9	200,0	1,75	0,95	1,12	0,70	0,34	0,53	0,45	0,84	0,47	0,81	0,77	0,56
1,1	163,6	1,90	1,49	1,48	1,05	0,43	0,54	1,15	1,46	0,59	0,88	0,80	0,69
1,4	128,6	2,03	1,78	1,52	1,56	0,53	0,78	1,43	1,79	0,62	0,97	1,14	1,57
1,8	100,0	2,68	2,59	2,48	1,88	0,59	0,78	1,58	3,47	0,66	0,91	2,22	3,14
2,3	78,26	3,95	4,19	3,69	3,69	0,82	0,95	3,04	4,83	0,68	1,14	2,41	4,00
2,9	62,07	4,52	4,46	5,26	5,93	1,24	1,25	6,31	6,25	1,07	1,48	3,73	4,38
3,6	50,00	3,50	3,71	4,13	4,92	1,52	1,97	4,70	4,66	1,11	2,69	4,14	4,89
4,5	40,00	2,54	3,26	3,31	4,05	1,85	2,66	4,28	3,80	1,23	3,60	2,98	4,10
5,7	31,58	1,87	2,49	2,85	3,49	2,24	3,11	3,12	2,94	1,30	3,50	2,65	2,59
7,2	25,00	1,37	1,80	1,49	2,44	2,38	2,25	1,97	1,84	1,35	2,30	2,03	1,74
9,0	20,00	0,97	1,47	1,18	1,70	1,89	1,72	1,32	1,47	1,72	1,55	1,59	1,33
11,4	15,79	0,78	1,23	0,86	1,37	1,55	1,35	1,08	1,05	1,38	1,13	1,19	1,00
14,3	12,59	0,54	0,95	0,77	1,03	1,14	1,06	0,79	0,84	1,09	0,88	0,82	0,78
18,0	10,00	0,38	0,81	0,62	0,83	0,88	0,76	0,67	0,69	0,83	0,75	0,67	0,68
22,7	7,93	0,33	0,73	0,59	0,72	0,74	0,69	0,62	0,58	0,59	0,53	0,65	0,50
28,5	6,31	0,30	0,63	0,47	0,57	0,62	0,49	0,57	0,38	0,38	0,29	0,57	0,35
36	5,00	0,25	0,35	0,36	0,40	0,44	0,38	0,41	0,24	0,21	0,18	0,41	0,25
45	4,00	0,23	0,22	0,23	0,25	0,26	0,29	0,25	0,14	0,19	0,09	0,32	0,12
57	3,16	0,22	0,15	0,15	0,22	0,18	0,22	0,20	0,18	0,19	0,08	0,18	0,07
72	2,50	0,20	0,13	0,08	0,16	0,19	0,18	0,14	0,16	0,16	0,07	0,15	0,12
90	2,00	0,21	0,16	0,09	0,11	0,20	0,18	0,21	0,12	0,21	0,17	0,14	0,14
114	1,58	0,21	0,14	0,11	0,12	0,24	0,24	0,22	0,21	0,20	0,12	0,14	0,13
143	1,26	0,21	0,20	0,10	0,12	0,24	0,20	0,18	0,27	0,25	0,12	0,13	0,16
180	1,00	0,20	0,29	0,13	0,17	0,26	0,22	0,23	0,22	0,23	0,12	0,14	0,16
227	0,793	0,24	0,16	0,12	0,16	0,26	0,27	0,24	0,26	0,24	0,29	0,14	0,10
285	0,632	0,25	0,25	0,12	0,19	0,26	0,26	0,22	0,24	0,22	0,16	0,14	0,16
359	0,501	0,21	0,25	0,14	0,15	0,24	0,26	0,26	0,23	0,24	0,17	0,14	0,13
452	0,398	0,26	0,27	0,14	0,21	0,25	0,21	0,29	0,22	0,26	0,18	0,15	0,22
569	0,316	0,25	0,27	0,18	0,21	0,20	0,26	0,24	0,23	0,21	0,11	0,14	0,08
717	0,251	0,27	0,30	0,19	0,30	0,23	0,31	0,30	0,18	0,27	0,07	0,16	0,05
902	0,200	0,30	0,30	0,21	0,25	0,26	0,23	0,33	0,19	0,27	0,08	0,18	0,18
1136	0,158	0,33	0,35	0,25	0,28	0,30	0,26	0,32	0,25	0,25	0,08	0,29	0,14
1430	0,126	0,39	0,37	0,30	0,34	0,33	0,29	0,36	0,25	0,39	0,07	0,24	0,28
1800	0,100	0,43	0,40	0,36	0,38	0,35	0,27	0,47	0,32	0,41	0,36	0,35	0,47
2266	0,0794	0,50	0,46	0,38	0,51	0,45	0,25	0,53	0,41	0,59	0,44	0,45	0,60
2853	0,0631	0,56	0,59	0,55	0,65	0,59	0,31	0,64	0,44	0,68	0,62	0,70	0,85
3591	0,0501	0,71	0,70	0,58	0,76	0,70	0,31	0,67	0,56	1,01	0,92	0,94	1,23
4521	0,0398	0,90	0,90	0,79	1,05	0,95	0,83	0,89	0,56	1,29	1,23	1,12	1,62
5692	0,0316	1,12	1,37	1,40	1,49	1,37	1,00	1,25	0,91	2,12	1,65	1,76	2,11
7166	0,0251	1,98	2,02	3,03	2,67	2,37	2,20	2,30	2,03	3,78	3,46	2,98	3,93
9021	0,0200	5,70	5,42	6,72	5,34	5,91	5,23	5,09	5,74	5,27	6,36	7,26	6,30
11357	0,0158	2,93	3,30	2,54	1,06	2,80	2,30	2,08	2,34	2,67	3,88	2,35	1,44
14298	0,0126	2,33	2,33	1,73	0,73	0,87	1,48	1,00	1,07	1,17	1,51	1,27	1,23
18000	0,0100	1,02	0,94	0,52	0,80	0,38	0,73	0,43	0,48	1,07	1,09	1,12	1,21
22660	0,0079	0,80	0,73	0,62	0,79	0,22	0,62	0,26	0,20	0,98	0,93	1,06	1,18
28528	0,0063	0,76	0,71	0,68	0,80	0,23	0,63	0,33	0,44	0,90	1,01	0,95	1,11

Apêndice 3. Volumes parciais de mercúrio injetado nas amostras das profundidades: 10, 30, 60 e 100cm dos solos: sob cerrado (P31), sistema convencional de cultivo (P32) e sistema convencional até 1987, seguido de irrigação por aspersão (P33) da Área III

Pressão (PSIa)	Ø poro (µm)	Volumes Parciais - ΔV (CC/g x 10 ²)											
		P31 (cerrado)				P32 (SC)				P33 (SC + i)			
		prof. (cm)				prof. (cm)				prof. (cm)			
		10	30	60	100	10	30	60	100	10	30	60	100
0,9	200,0	1,78	1,31	1,08	1,15	0,53	0,65	0,98	1,26	0,46	0,60	0,70	0,82
1,1	163,6	2,11	1,94	1,19	1,45	0,60	1,06	1,59	1,32	0,65	0,90	1,51	1,38
1,4	128,6	2,80	3,36	1,59	1,93	0,82	1,21	2,11	1,62	0,71	0,85	1,79	1,44
1,8	100,0	3,16	3,67	3,79	3,16	1,36	1,29	2,49	3,40	1,17	1,62	3,85	1,99
2,3	78,26	4,55	4,92	4,08	5,15	1,63	2,90	3,45	4,83	1,17	2,85	4,61	4,21
2,9	62,07	3,56	3,76	5,78	6,31	2,08	3,94	5,11	5,49	1,34	3,52	5,48	5,02
3,6	50,00	2,56	2,45	3,92	4,82	2,21	4,70	3,65	4,65	2,52	4,52	4,09	4,35
4,5	40,00	2,01	1,46	3,31	3,77	2,91	3,46	2,98	3,98	3,36	3,26	3,04	3,55
5,7	31,58	1,04	1,10	2,63	3,08	2,20	2,46	2,48	3,57	3,60	2,59	2,37	3,01
7,2	25,00	0,70	0,85	1,94	2,51	1,75	1,67	2,00	2,49	2,73	1,88	1,74	2,01
9,0	20,00	0,55	0,64	1,28	1,66	1,22	1,19	1,37	1,59	1,66	1,40	1,31	1,52
11,4	15,79	0,47	0,57	1,05	1,42	1,08	0,95	1,23	1,26	1,08	1,11	1,13	1,12
14,3	12,59	0,39	0,47	0,81	1,07	0,87	0,87	0,96	0,94	0,83	0,86	0,91	0,87
18,0	10,00	0,33	0,47	0,66	0,87	0,70	0,75	0,81	0,78	0,73	0,74	0,80	0,68
22,7	7,93	0,30	0,44	0,62	0,74	0,64	0,68	0,72	0,60	0,62	0,62	0,65	0,57
28,5	6,31	0,23	0,34	0,53	0,64	0,57	0,62	0,53	0,49	0,48	0,53	0,59	0,36
36	5,00	0,17	0,28	0,42	0,56	0,42	0,33	0,38	0,33	0,40	0,25	0,34	0,37
45	4,00	0,09	0,25	0,35	0,44	0,29	0,22	0,26	0,25	0,29	0,18	0,17	0,29
57	3,16	0,07	0,30	0,36	0,44	0,18	0,15	0,21	0,19	0,17	0,10	0,20	0,21
72	2,50	0,05	0,22	0,31	0,42	0,11	0,10	0,14	0,16	0,13	0,14	0,11	0,14
90	2,00	0,04	0,22	0,16	0,29	0,12	0,06	0,13	0,14	0,11	0,12	0,14	0,13
114	1,58	0,06	0,23	0,17	0,37	0,12	0,08	0,11	0,13	0,18	0,10	0,15	0,18
143	1,26	0,06	0,22	0,28	0,30	0,15	0,11	0,14	0,13	0,16	0,14	0,15	0,18
180	1,00	0,08	0,21	0,22	0,31	0,14	0,15	0,15	0,19	0,21	0,16	0,25	0,20
227	0,793	0,10	0,19	0,21	0,24	0,16	0,15	0,15	0,14	0,21	0,12	0,21	0,19
285	0,632	0,10	0,16	0,21	0,23	0,18	0,16	0,17	0,11	0,23	0,17	0,20	0,21
359	0,501	0,11	0,19	0,20	0,22	0,17	0,09	0,16	0,20	0,25	0,18	0,16	0,21
452	0,398	0,12	0,17	0,19	0,20	0,19	0,15	0,17	0,19	0,28	0,18	0,22	0,22
569	0,316	0,13	0,21	0,17	0,24	0,19	0,22	0,19	0,20	0,30	0,16	0,21	0,26
717	0,251	0,20	0,22	0,18	0,26	0,23	0,23	0,22	0,29	0,30	0,24	0,25	0,24
902	0,200	0,25	0,28	0,24	0,24	0,24	0,32	0,24	0,31	0,33	0,24	0,19	0,26
1136	0,158	0,27	0,29	0,27	0,30	0,31	0,38	0,26	0,33	0,37	0,31	0,38	0,37
1430	0,126	0,32	0,30	0,37	0,37	0,36	0,44	0,38	0,42	0,45	0,37	0,50	0,36
1800	0,100	0,52	0,47	0,39	0,43	0,37	0,63	0,36	0,59	0,48	0,48	0,50	0,48
2266	0,0794	0,52	0,48	0,51	0,61	0,59	0,78	0,79	0,77	0,51	0,52	0,85	0,55
2853	0,0631	0,68	0,59	0,67	0,67	0,66	0,96	0,92	0,90	0,65	0,61	0,69	0,60
3591	0,0501	0,86	0,82	0,80	0,90	0,72	1,06	1,10	1,14	0,77	0,59	0,73	0,99
4521	0,0398	1,22	1,07	1,21	1,24	1,33	1,47	1,42	1,47	0,95	0,84	0,98	1,33
5692	0,0316	1,83	1,73	1,66	2,08	1,67	2,49	2,12	2,28	1,26	1,11	1,34	1,71
7166	0,0251	3,11	3,06	3,19	2,79	4,36	4,54	4,60	2,32	2,11	3,04	2,98	2,88
9021	0,0200	5,59	5,09	4,34	4,38	6,30	5,74	5,30	5,00	5,31	5,31	4,97	4,71
11357	0,0158	2,14	2,10	1,12	1,19	1,56	1,88	1,58	1,22	2,63	3,72	3,10	2,40
14298	0,0126	1,87	1,86	1,03	1,03	1,27	1,27	1,35	1,38	0,86	2,35	1,40	1,06
18000	0,0100	1,83	1,72	0,98	1,01	1,02	1,09	1,20	1,26	0,86	0,83	1,26	1,01
22660	0,0079	1,50	1,45	0,97	0,94	1,00	0,99	1,19	1,28	0,81	0,87	1,22	1,08
28528	0,0063	1,23	1,17	0,83	0,84	0,86	0,88	1,13	1,20	0,73	0,88	1,18	1,00

Apêndice 4. Área I: Valores de infiltração acumulada e velocidade de infiltração de água no solo, para o solo sob cerrado (P11), plantio direto e irrigado (P12), e sistema convencional até 1983, seguido de plantio direto irrigado (P13)

Tempo de infiltração (min)	Infiltração acumulada (cm)			Velocidade de infiltração (mm/h)		
	P11 (cerrado)	P12 (pdi)	P13 (SC + pdi)	P11 (cerrado)	P12 (pdi)	P13 (SC + pdi)
1	2,5	0,5	0,5	1528	318	306
3	7,6	2,0	0,8	1528	402	167
5	13,5	3,1	1,1	1626	369	132
10	27,8	5,6	1,7	1668	338	104
15	40,0	7,6	2,2	1601	305	90
20	52,2	10,1	2,8	1568	302	83
25	64,5	11,9	3,3	1547	286	78
30	76,3	13,9	3,8	1526	279	75
45	111,5	19,5	5,3	1487	260	71
60	147,2	24,1	6,8	1472	241	68
75	182,8	29,7	8,4	1463	234	67
90	218,4	34,9	9,9	1456	233	66
105	252,4	39,8	11,4	1442	227	65
120	286,2	44,6	12,9	1431	223	65
135	319,8	49,3	14,5	1421	219	64
150	353,0	54,2	16,0	1412	217	64
165	386,1	59,0	17,5	1404	215	64
180	418,9	63,4	19,1	1396	211	63
Equação r^2	$3,1T^{0,94}$	$0,79T^{0,84}$	$0,22T^{0,85}$	$1748T^{-0,06}$ 0,999	$398T^{-0,16}$ 0,999	$112T^{-0,15}$ 0,997

pdi: plantio direto irrigado desde 1984

SC + pdi: sistema convencional até 1983, seguido de plantio direto irrigado

Apêndice 5. Área II: Valores de infiltração acumulada e velocidade de infiltração de água no solo, para o solo sob mata (P21), sistema convencional de cultivo (P22) e sistema convencional até 1981, seguido de irrigação por aspersão (P23)

Tempo de infiltração (min)	Infiltração acumulada (cm)			Velocidade de infiltração (mm/h)		
	P21 (mata)	P22 (SC)	P23 (SC + i)	P21 (mata)	P22 (SC)	P23 (SC + i)
1	2,9	1,1	0,2	1711	672	122
3	8,1	3,1	0,5	1630	612	86
5	13,2	5,6	0,7	1589	671	81
10	26,4	9,0	1,3	1583	542	77
15	38,6	12,1	2,0	1544	484	80
20	50,8	15,0	2,7	1525	451	81
25	63,1	18,0	3,4	1513	433	82
30	75,3	20,6	4,2	1507	411	82
45	113,0	28,5	6,3	1507	380	84
60	148,7	36,1	8,2	1487	361	82
75	183,7	43,3	10,2	1470	346	81
90	218,7	50,4	12,1	1458	336	81
105	253,5	57,6	14,0	1449	329	80
120	288,3	64,4	15,9	1442	322	80
135	323,2	71,2	17,7	1436	316	79
150	358,0	78,3	19,5	1432	313	78
165	392,8	85,0	21,4	1428	309	78
180	427,5	92,1	23,8	1425	307	77
Equação r^2	$2,83T^{0,97}$	$1,34T^{0,81}$	$0,15T^{0,97}$	$1647T^{-0,03}$ 0,999	$651T^{-0,19}$ 0,999	$87T^{-0,03}$ 0,998

SC: sistema convencional

SC + i: sistema convencional até 1981, seguido por irrigação

Apêndice 6. Área III: Valores de infiltração acumulada e velocidade de infiltração de água no solo, para o solo sob cerrado (P31), sistema convencional de cultivo (P32) e sistema convencional até 1987, seguido de irrigação por aspersão (P33)

Tempo de infiltração (min)	Infiltração acumulada (cm)			Velocidade de infiltração (mm/h)		
	P31 (cerrado)	P32 (SC)	P33 (SC + i)	P31 (cerrado)	P32 (SC)	P33 (SC + i)
1	4,9	0,2	1,3	2934	122	794
3	13,2	0,8	3,0	2648	155	591
5	21,2	1,4	4,6	2542	164	550
10	36,9	2,2	8,2	2212	133	489
15	51,8	3,0	10,9	2074	118	438
20	67,1	3,7	13,6	2014	110	407
25	81,8	4,4	16,1	1963	105	387
30	96,1	5,1	18,7	1921	101	374
45	138,4	7,2	26,6	1846	98	355
60	180,7	9,7	34,6	1807	97	346
75	223,2	12,1	42,7	1785	97	341
90	265,6	14,6	50,8	1770	97	338
105	307,9	17,0	58,8	1760	97	336
120	350,3	19,4	66,9	1751	97	334
135	392,7	21,9	74,9	1745	97	333
150	435,1	24,3	83,0	1741	97	332
165	477,5	26,8	90,9	1736	97	331
180	519,9	29,2	98,9	1733	97	330
Equação: r ²	$4,22T^{0,92}$	$0,24T^{0,91}$	$0,98T^{0,88}$	$2329T^{-0,08}$ 0,999	$131T^{-0,09}$ 0,996	$517T^{-0,12}$ 0,997

SC: sistema convencional

SC + i: sistema convencional até 1987, seguido por irrigação