EFEITOS DE SISTEMAS DE PREPARO NAS PROPRIEDADES QUIMICAS E FÍSICAS DE UM SOLO ARGILOSO SOB CERRADO E NA CULTURA DE MILHO IMPLANTADA

JOSÉ FREDERICO CENTURION Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Ioriatti Demattê

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA

ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL

OUTUBRO/1988

Centurion, José Frederico C397e

Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas de um solo argiloso sob cerrado e na cultura de milho implantada. Piracicaba, 1988. 125p.

Tese - ESALQ Bibliografia.

1. Cerrado - Solo argiloso 2. Milho 3. Solo argi loso - Física 4. Solo argiloso - Manejo 5. Solo argiloso - Química I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.4

EFEITOS DE SISTEMAS DE PREPARO NAS PROPRIEDADES QUIMICAS E FISICAS DE UM SOLO ARGILOSO SOB CERRADO E NA CULTURA DE MILHO IMPLANTADA

JOSÉ FREDERICO CENTURION

Aprovada em: 28/11/1988

Comissão Julgadora:

Prof. Dr.	José Luiz Ioriatti Demattê	ESALQ/USP
Prof. Dr.	Toshiaki Kinjo	ESALQ/USP
Prof. Dr.	Rafael Roberto Aloisi	ESALQ/USP
Prof. Dr.	Paulo Leonel Libardi	ESALQ/USP
Prof. Dr.	João Nakagawa	FCA/UNESP

Prof. Dr. José Luiz Ioriatti Demattê - Orientador - Aos meus pais

Francisco e Victória,

OFEREÇO

A Maria Aparecida, minha esposa, a Lilian Maria, minha filha

DEDICO

AGRADEC IMENTOS

- A Universidade Estadual Paulista Campus de Ilha Solteira, à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e ao convênio CAPES/PICD/UNESP, pela oportunidade proporcionada pela realização do curso de Doutorado.
- Ao Prof. Dr. José Luiz Ioriatti Demattê, pela forma precisa e objetiva com que nos orientou.
- Ao Engo Agro Willian Aparecido Fernandes, pelo auxílio nos trabalhos de campo e de laboratório.
- Ao Prof. Dr. Rubens Scardua, pelas facilidades concedidas para a realização das análises físico-hídricas.
- A Profa Dra Vera Maria de Moraes Andrade pela realização das lâminas histológicas e sugestões no estudo da anatomia das raízes.
- A todos que de alguma forma contribuiram para a realização deste trabalho.

SUMARIO

	Pagina
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	х
RESUMO	хiv
SUMMARY	χνi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Características Químicas do solo em Relação ao)
Sistema de Preparo	3
2.1.1. Matéria orgânica e nitrogênio	4
2.1.2. Fosforo	. 6
2.1.3. Acidez, cálcio e magnésio	. 7
2.1.4. Potássio, alumínio e capacidade de tro-	
ca catiônica (CTC)	. 8
2.2. Teores de Nutrientes do Tecido Vegetal em Re-	•
lação ao Preparo do Solo	10
2.3. Características Físicas do Solo em Relação ac)
Sistema de Preparo	. 11
2.3.1. Densidade do solo	. 12
2.3.2. Porosidade total, macro e microporosi-	
dade	. 13
2.3.3. Resistência do solo ã penetração	. 14
2.3.4. Infiltração e retenção de água	. 16
2.3.5. Temperatura do solo	. 18

			Pāgina
	2.4.	Características Agronômicas em Relação ao Pre-	
		paro do Solo	19
		2.4.1. Estande	20
		2.4.2. Diâmetro do colmo, altura da inserção da	
		primeira espiga, altura da planta e	
		acamamento	2 1
		2.4.3. Sistema radicular	22
		2.4.4. Rendimento de grãos	23
3.	MATE	RIAL E MÉTODOS	26
	3.1.	Localização, Descrição e Histórico da Área Ex-	
		perimental	26
	3.2.	Tratamentos	3 1
	3.3.	Práticas Culturais	3 3
	3.4.	Avaliação	34
		3.4.1. Análises químicas do solo e do tecido	
		foliar	34
		3.4.2. Anālises fisicas do solo	36
		3.4.3. Características agronômicas	3 9
4.	RESU	LTADOS E DISCUSSÃO	41
	4.1.	Características Químicas do Solo	4 1
	4.2.	Análise do Tecido Foliar	57
	4.3.	Características Físicas do Solo	6 2
	4.4.	Caracteristicas Agronômicas	72
5.	CONC	LUSÕES	85

		Pāgina
REFERÊNCIAS	BIBLIOGRĀFICAS	87
APĒNDICE		102

LISTA DE TABELAS

			Pāgina
Tabela	1.	Características químicas e granulométricas	5
		do Latossolo Vermelho Escuro estudado, em	Π
		condições naturais	. 28
Tabela	2.	Esquema da utilização de um bloco experi-	-
		mental, desde o desmatamento (maio de 1978)	
		até o ano agrícola 1986/87	. 29
Tabela	3.	Discriminação das operações para cada tra-	-
		tamento no ano agricola 1986/87	. 32
Tabela	4.	Efeito dos sistemas de prepro do solo nos	S
		teores e distribuição de cobre, ferro, man-	-
		ganês e zinco, em amostras coletadas a di-	_
		ferentes profundidades do solo	. 56
Tabela	5.	Comparação de médiasade cobre, ferro, man-	-
		ganês e zinco do tecido foliar do milho	,
		pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade	,
		valores expressos em ppm	. 61
Tabela	6.	Comparação de médias de algumas caracterís	-
		ticas agronômicas do milho nos diferentes	S
		sistemas de preparo do solo, submetidos o	u
		não a subsolagem, pelo teste de Tukey a 5	%
		de probabilidade	. 73

Tabela	7.	Médias de algumas características agronômi-	
		cas calculadas a partir dos valores refe-	
		rentes a cada sistema de preparo do solo com	
		e sem subsolagem, apresentadas na Tabela 6	
		e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de	
		probabilidade	74
Tabela	8.	Comparação de médias de algumas caracteris-	
		ticas agronômicas do milho nos diferentes	
		sistemas de preparo do solo, submetidos ou	
		não a subsolagem, pelo teste de Tukey a 5%	
		de probabilidade	77
Tabela	9.	Médias de algumas características agronômi-	
		cas a partir dos valores referentes a cada	
		sistema de preparo do solo com e sem subso-	
		lagem, apresentadas na Tabela 8 e compara-	
		das pelo teste de Tukey a 5% de probabili-	
		dade	78
Tabela	10.	Comparação de médias de rendimentos de	
		grãos de milho (kg/ha) nos diversos siste-	
		mas de preparo de solo em relação ã subso-	
		lagem, pelo teste de Tukey a 5% de proba-	
		bilidade	83

LISTA DE FIGURAS

Pāgina

Figura	1.	Valores médios de matéria orgânica (%), ob-	
		tidos em diferentes profundidades no solo	
		natural (SN), semeadura direta (SD) e sis-	
		tema convencional (SC), sem subsolagem (a)	
		e com subsolagem (b)	42
Figura	2.	Valores médios de fosforo soluvel (ppm),	
		obtidos em diferentes profundidades no solo	
		natural (SN), semeadura direta (SD) e sis-	
		tema convencional (SC), sem subsolagem (a)	
		e com subsolagem (b)	46
Figura	3.	Valores médios de potássio trocável (e.mg/	
		/100 cm³ de TFSA), obtidos em diferentes	
		profundidades no solo natural (SN), semea-	
		dura direta (SD) e sistema convencional(SC),	
		sem subsolagem (a) e com subsolagem (b)	47
Figura	4.	Valores médios de cálcio trocável (e.mg/	
		/100 cm³ de TFSA), obtidos em diferentes	
		profundidades no solo natural (SN), semea-	
		dura direta (SD) e sistema convencional(SC),	
		sem subsolagem (a) e com subsolagem (b)	49
Figura	5.	Valores médios de magnésio trocável (e.mg/	
		/100 cm³ de TFSA). obtidos em diferentes	

Pāgina

		profundidades no solo natural (SN), semea-	
		dura direta (SD) e sistema convencional (SE),	
		sem subsolagem (a) e com subsolagem (b)	50
Figura	6.	Valores médios de pH em H ₂ O, obtidos em di-	
		ferentes profundidades no solo natural (SN),	
		semeadura dir ^e ta (SD) e sistema convencio-	
		nal (SC), sem subsolagem (a) e com subsola-	
		gem (b)	5 1
Figura	7.	Valores médios de CTC ao pH 7,0 · (e.mg/100	
		cm³ de TFSA), obtidos em diferentes profun-	
		didades no solo natural (SN), semeadura di-	
		reta (SD) e sistema convencional (SC), sem	
		subsolagem (a) e com subsolagem (b)	53
Figura	8.	Valores médios de saturação de alumínio	
		(%), obtidos em diferentes profundidades no	
		solo natural (SN), semeadura direta (SD) e	
		sistema convencional (SC), sem subsolagem (a)	
		e com subsolagem (b)	54
Figura	9.	Valores de cálcio, magnésio, potássio, fós-	
		foro e nitrogênio do tecido foliar do mi-	
		lho, expressos em %, referentes aos siste-	
		mas de preparos de solo sem subsolagem	5.8

Figura	10.	Valores de cálcio, magnésio, potássio, fos-	
		foro e nitrogênio do tecido foliar do mi-	
		lho, expressos em %, referentes aos siste-	
		mas de preparos de solo com subsolagem	59
Figura	11.	Valores de resistência à penetração (MPa) e	
		densidade do solo (g.cm ⁻³), obtidos em di-	
		ferentes profundidades no solo natural (SN),	
		sistema convencional (SC) e semeadura dire-	
		ta (SD), com e sem subsolagem	63
Figura	12.	Valores de macroporosidade, microporosidade	
		e porosidade total avaliada, obtidos em di-	
		ferentes profundidades no solo natural (SN),	
		sistema convencional (SC), semeadura direta	
		(SD), sistema invertido (SI), superpreparo	
		(SP), sistema reduzido (SR), enxada rotati-	
		va (ER) sem subsolagem e SC + S e SD + S com	
		subsolagem	6 5
Figura	13.	Valores de velocidade de infiltração de	
		agua (cm/hora) obtidas no solo natural (SN),	
		sistema convencional (SC) e semeadura dire-	
		ta (SD) sem e com subsolagem	6 7
Figura	14.	Valores de precipitação e umidade do solo,	
		para as profundidades de 0-3 cm, 10-13 cm,	
		20-23 cm e 30-33 cm obtidos para os siste-	

			Pāgina
		mas convencional e de semeadura direta sem	n
		subsolagem, durante o ciclo do milho	. 68
Figura	15.	Valores de temperaturas mínimas e máximas	,
		obtidos ã 5 cm de profundidade do solo, du-	-
		rante o ciclo do milho, nos sistemas de	9
		preparo convencional e de semeadura direta	a
		sem subsolagem	. 71
Figura	16.	Fotomicrografias obtidas à partir do corte	9
		transversal de raízes de milho, cultivado)
		em sistemas de preparo convencional ser	n
		subsolagem (a), com subsolagem (b) e semea	-
		dura direta sem subsolagem (c) e com subso-	-
		lagem (d)	. 80

EFEITOS DE SISTEMAS DE PREPARO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE UM SOLO ARGILOSO SOB CERRADO E NA CULTURA DE MI-LHO IMPLANTADA

Autor: José Frederico Centurion

Orientador: José Luiz Ioriatti Demattê

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi de avaliar os efeitos de sistemas de preparo do solo (submetidos ou não a subsolagem) na cultura do milho, ano agrícola 1986/87, no município de Selvíria (MS). Pretendeu-se também constatar as possíveis alterações ocasionadas pelo manejo desse solo, após nove anos de cultivo, em relação ao seu estado natural.

A vegetação natural é de cerrado e o solo trabalhado, um Latossolo Vermelho Escuro argiloso, álico (Acrustox). A área está localizada na latitude de 20°22's e longitude de 51°22' W.Gr. e é caracterizada por um clima do tipo Aw com temperatura média anual de 23,6°C, precipitação de 1.130 mm e uma evapotranspiração potencial de 1.226 mm. O déficit hídrico é em torno de 74 mm.

O experimento constou de seis sistemas de preparo do solo, a saber: convencional, superpreparo, invertido, enxada rotativa, reduzido e semeadura direta. Aliado a tais sistemas testou-se a subsolagem. Utilizaram-se diversos parâmetros de medidas tanto do solo (determinações físicas e químicas) como da planta (características agronômicas).

O sistema invertido de preparo proporcionou um melhor rendimento de grãos de milho, ao passo que a semeadura direta apresentou os menores rendimentos. A subsolagem só surtiu efeito em termos de produtividade no sistema de semeadura direta. Todas as formas de manejo empregadas melhoraram as propriedades químicas do solo em relação ao solo natural, ao contrário do que ocorreu com as propriedades físicas.

EFFECTS OF PREPARATION SYSTEMS ON CHEMICAL AND PHYSICAL PRO-PERTIES OF A CLAYED CERRADO SOIL CROPPED TO CORN AND ON THE AGRICULTURE CHARACTERISTICS OF THIS CROP

Author: José Frederico Centurion

Adviser: José Luiz Ioriatti Demattê

SUMMARY

The main purpose of this work was to assess the effects of soil preparation systems (whith or without subsoiling) on corn crops during the 1986/87 season, in the Selviria county (Mato Grosso do Sul, Brasil). Also, the aim was to check the changes in the soil caused by the preparation after nine years of cultivation, in comparison with its natural state.

The natural vegetation of the area is cerrado and the soil a dark red latosol (Acrustox). The geographical coordinates of the area, where this experiment was conducted, is $20^{\circ}22^{\circ}W$ and 335 m above see leved. The climate of the region in of the type Aw; the mean annual temperature is $23.6^{\circ}C$, the mean annual precipitation is 1,330 mm and the mean annual potential evapotranspiration is 1,226 mm. There is a hydric deficit of about 74 mm.

The experiment consisted of six soil prepa-

ration systems: conventional, super preparation, reserved, revolving hoe, reduced and no-tillage. Along with these systems subsoiling was also tested.

Several measurement parameters were utilized for both soil (physical and chemical determination) and plant (agriculture characteristics).

The reversed system presented the best corn grain yield, while the no-tillage system presented the smallest yield. Subsoiling only presented positive results in productivity with the no-tillage system. Every preparation system used improved the chemical properties of the soil in comparison with the natural soil, the apposite happening with the physical properties.

1. INTRODUCAO

A região de Ilha Solteira, localizada no Oeste do Estado de São Paulo, fazendo divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul é caracterizada por apresentar solos argilosos e de textura média, extremamente intemperizados e de baixa fertilidade natural. A região é tipicamente de vegetação de cerrado, apresentando inclusive os mesmos fatores limitantes ao uso agrícola que a região do Brasil Central, entre eles o clima extremamente seco no período de abril a outubro, a presença de veranico durante o período úmido e solos de baixa reserva nutricional.

WAGNER (1986) dividiu a região de Cerrados do Brasil em quatro quadrantes, sendo que nos quadrantes três e quatro que abrangem a região de estudo, o fator terra tem tido um grande peso em termos de desenvolvimento regional. Tal autor prevê para tais áreas o emprego mais intensivo dos fatores capital, trabalho e tecnologia. Além da expansão horizontal essas áreas deverão experimentar também um acentuado crescimento vertical, com o incremento do rendimento por área. Isso pode ser obtido através do emprego mais intensivo de tecnologia e do aprimoramento da administração rural. O

manejo mais intensivo dos recursos do solo e da água será fator decisivo.

Dentro do enfoque de introdução e criação de tecnologia, pretende-se testar, na região de Ilha Solteira, diversos sistemas de preparo do solo cultivado com milho.

Vários métodos de preparo estão sendo utilizados no Brasil, como os denominados sistemas de preparo mínimo do solo. Incluido neste grupo, está o sistema de semeadura direta, o qual teve grande aceitação na região Sul do Brasil, devido aos severos problemas de erosão (MUZILLI, 1985). Do sul do País este sistema de preparo se expandiu, juntamente com as fronteiras agrícolas, para as áreas sob vegetação de cerrado. Dentro do processo de produção nestas áreas, os sistemas de cultivo do solo terão papel relevante.

Dentre as hipóteses a serem testadas, a principal se refere ao fato de que solos recuperados quimicamente e com sistema mínimo de cultivo seja mais produtivo. Além disso há interesse neste trabalho comparar e verificar as alterações físicas e químicas causadas pelos preparos empregados em relação ao solo coberto com vegetação natural.

2. REVISAO DE LITERATURA

O sistema de preparo do solo mais utilizado, em nossas condições, é o convencional, que consiste na aração e gradeação da terra, quantas vezes forem necessãrias para deixá-la em boas condições de receber a semente.

Entretanto, outras técnicas de preparo do solo estão sendo empregadas no Brasil, baseadas em resultados obtidos nos Estados Unidos e Europa, entre elas destaca-se o sistema de preparo reduzido. Este sistema, segundo RAMOS (1974), compreende a semeadura de uma determinada cultura com movimentação reduzida do solo. Há várias formas de preparo reduzido de solo, de acordo com a intensidade de movimentação, destacando-se o sistema de nenhum preparo (plantio direto), ou seja, as sementes e os fertilizantes são colocados no solo com o mínimo de movimentação do solo.

2.1. Características Químicas do Solo em Relação ao Sistema de Preparo

Resultados da literatura indicam variações na

distribuição, acumulação e suprimento de nutrientes na camada arável dos solos, provocadas pelos sistemas de preparo adotados.

2.1.1. Matéria orgânica e nitrogênio

Quando no plantio convencional os resíduos das culturas são incorporados ao solo, as quantidades de matéria orgânica introduzida na terra são as mesmas que no plantio direto. Porém, com preparo do solo se promove o arejamento do terreno, o processo de decomposição dos resíduos orgânicos é mais rápido (ALMEIDA & RODRIGUES, 1985).

Com relação à distribuição da matéria orgânica na camada arável do solo, GUEDES et alii (1979) verificaram efeitos similares nos sistemas convencional e plantio direto, contrariando os resultados obtidos por LAL (1975, 1976 e 1985a) e IKE (1987) na Nigéria e BLEVINS et alii (1977) nos Estados Unidos, os quais constataram teores superiores de matéria orgânica em plantio direto, principalmente na camada mais superficial do solo.

CENTURION et alii (1985), também, obtiveram para solos de cerrado, um ligeiro aumento de matéria orgânica na camada mais superficial do solo (0-5 cm), no sistema de semeadura direta em relação ao convencional. Isto ocorreu devido ao menor revolvimento do solo. Este pequeno

incremento no teor de matéria orgânica ocorrido na semeadura direta de solos de cerrados não é suficiente para atenuar os efeitos causados pela compactação superficial (CENTURION, 1987).

Em plantio direto tem sido mais acentuada a ocorrência de sintomas típicos de deficiência de nitrogênio na cultura de milho, sobretudo quando este é cultivado em sucessão contínua com trigo. A deficiência de N tem resultado na formação de colmos finos e menos resistentes ao quebramento e na redução do tamanho de espigas, com consequente diminuição no rendimento de grãos por espiga, apesar de predominar o maior número de espigas por área no sistema de plantio direto (MUZILLI, 1981).

Essa maior deficiência de N, segundo THOMAS et alii (1981) seria decorrente do movimento descendente da água a favorecer a maior lixiviação de nitrato, já que a não movimentação do solo, nesse sistema de plantio evita, a quebra por capilaridade. Por outro lado, haveria menor taxa de mineralização da matéria orgânica, a favorecer menor disponibilidade de N em sistema de plantio direto.

Assim, MUZILLI (1981) recomenda 20 a 30% a mais de fertilizantes nitrogenados para o milho no sistema de plantio direto.

2.1.2. Fosforo

Um dos nutrientes que tem sua distribuição em profundidade mais afetada pelo sistema de preparo do solo $ilde{\mathrm{e}}$ o f $ilde{\mathrm{o}}$ sforo.

Diversos trabalhos relatam a maior concentração de nutrientes na camada mais superficial do solo (0-10 cm), em sistemas de preparo em que o solo é pouco revolvido (SHEAR & MOSCHLER, 1969; FINK & WESLEY, 1974; IKE, 1986 e IKE, 1987).

No Brasil vários trabalhos têm relatado sobre o maior acúmulo de fósforo solúvel na camada superficial do solo em sistemas de plantio direto e reduzido (BEZERRA, 1978; GUEDES et alii, 1979; CENTURION et alii, 1982; MUZILLI, 1983 e CENTURION et alii, 1985). Tal fato pode provocar um aumento de produtividade, como sugerem RAMOS & DEDECEK (1975). Entretanto, a deficiência de fósforo solúvel nas camadas sub-superficiais do solo pode limitar a produtividade das culturas, em anos com ocorrência de verânico, em solos de cerrado (EMBRAPA, 1980).

Para RAIJ (1981), o maior acúmulo do fósforo nas camadas superficiais do solo, sob plantio direto, se explica pela imobilidade e baixa solubilidade de seus compostos, principalmente em solos ácidos e contendo altos teores de argila e metais pesados como o Fe e o Al.

2.1.3. Acidez, cálcio e magnésio

A acidez do solo é para, LAL (1985b), uma das características nutricionais mais importantes a serem consideradas na escolha do sistema de preparo.

A intensa lixiviação do ânion nitrato que carrega consigo o cálcio pode ser a causa da maior acidificação do plantio direto, quando comparado com o convencional, como sugere SHEAR & MOSCHLER (1969).

MUZILLI (1983), pesquisando em Latossolo Roxo, constatou maior concentração de Ca e Mg em plantio direto, em relação ao sistema convencional, nos primeiros 5
ou 10 cm da camada arável. Salienta o autor, que isto ocorreu devido ao fato de, no início do ensaio, ter-se procedido ã calagem sem incorporação do corretivo. Efeitos similares foram verificados por CENTURION (1984) em solo de
cerrado, e por PARRA (1986).

Entretanto, em Latossolo Vermelho Escuro, onde não houve necessidade de correção de acidez, MUZILLI (1983), relata que a distribuição de nutrientes, após vários anos, mostrou-se similar em ambos os sistemas de cultivo.

Alguns autores atribuem a ocorrência de acidificação mais acentuada nas camadas superficiais dos solos sob plantio direto, devido o emprego de altas doses de fertilizantes. Entretanto MUZILLI (1983), encontrou, após vários anos de cultivo, que os valores de pH constatados em plantio direto ainda se mostraram iguais ou superiores aos verificados em plantio convencional, notadamente nos primeiros 5 ou 10 cm da camada arável.

2.1.4. Potássio, alumínio e capacidade de troca catiônica (CTC)

Vários trabalhos citam o maior acúmulo de K trocável nas camadas mais superficial do solo (0-10 cm) em plantio direto, quando comparado com o sistema convencional (MUZILLI, 1983; PARRA, 1986; IKE, 1986 e IKE, 1987).

CENTURION et alii (1985), trabalhando em solo de cerrado, verificaram resultados semelhantes, e que todas as outras camadas do solo estudadas apresentaram valores inferiores de K trocavel no sistema de semeadura direta, provavelmente por estar, este perfil, sujeito a um processo mais intenso de drenagem.

Com relação à distribuição do Al, BLEVINS et alii (1978) cita que o conteúdo de Al trocável aumenta com a profundidade em plantio direto, exceto na camada superficial de 0-5 cm. De acordo com os autores, o alto teor de matéria orgânica na superfície do solo influência a re-

lação entre pH e o Al trocavel.

Após 5 anos de cultivo em culturas em sucessão em sistemas de plantio direto, convencional e reduzido GUEDES et alii (1979) e, depois de 8 anos de cultivo, também com sucessão de culturas em plantio direto e sistema convencional (PARRA, 1986), obtiveram que os valores de Al trocável tiveram distribuição semelhante na profundidade de 0 a 20 cm.

Valores menores de saturação de alumínio nos primeiros 5 cm do solo com sistema de semeadura direta, crescendo, a partir daí, a níveis superiores aos ocorridos no sistema convencional, foram constatados por CENTURION et alii (1985).

Segundo LAL (1985b), a CTC é influenciada pela matéria orgânica, conteúdo e natureza da argila. O autor enfatiza a importância desta propriedade na escolha do sistema de preparo do solo adotado.

LAL (1976), estudando a sucessão de culturas, em sistemas sem preparo e com preparo do solo, encontrou maiores valores de CTC no sistema sem preparo na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Entretanto, na camada de 10 a 20 cm, os maiores valores de CTC foram determinados em tratamentos com preparo de solo. CENTURION et alii (1985) confirmaram esta tendência em solos de cerrado.

2.2. Teores de Nutrientes do Tecido Vegetal em Relação ao Preparo do Solo

Como os sistemas de preparo do solo afetam a distribuição, acúmulo e suprimento de nutrientes na camada arável dos solos, é esperado que também os teores de nutrientes do tecido foliar sejam influenciados.

Assim, ESTES (1972), estudando a concentração de nutrientes em folha de milho em sistema convencional e de plantio direto, verificou que a concentração de Ca, Mg, Zn, Mo, B e Al na folha eram significativamente reduzidos e K aumentado em plantio direto.

Alguns atributos físicos do solo estão relacionados com a absorção de nutrientes. LAL (1974), atribui a menor absorção de N, P, K e Zn em milho cultivado sem cobertura morta as temperaturas do solo superiores a 35° C. IKUMA (1983) verificou diminuição da concentração de N na raiz e parte aérea do milho com valores de densidade do solo superiores a 1,65 g.cm $^{-3}$.

O maior acúmulo de P nas folhas de milho cultivado em sistema de plantio direto, em relação ao sistema convencional, pode ser atribuído ao fato do plantio direto apresentar maior teor de umidade na camada superficial, favorecendo a taxa de difusão do fósforo até às raízes (PHILLIPS et alii, 1980). Por outro lado, MUZILLI (1983), acredita que a movimentação do solo por ocasião do prepa-

ro (sistema convencional) faz com que o adubo se dilua na camada arável, diminuíndo a disponibilidade para as plantas.

MALAVOLTA & DANTAS (1987) consideram como teores de nutrientes adequados para a cultura do milho, com amostras da primeira folha abaixo da espiga e coletadas no aparecimento da inflorescência feminina: N 2,3-2,7%; P 0,22-0,28%; K 2,15-2,66%; Ca 0,39-0,44%; Mg 0,20-0,22%; Cu 7-12 ppm; Fe 66-98 ppm; Mn 49-74 ppm e Zn 19-28 ppm.

Salientam os autores que entre os diversos hidridos e variedades de milho podem ocorrer diferenças nos teores adequados.

2.3. Características Físicas do Solo em Relação ao Sistema de Preparo

Naturalmente, não se deve esperar que solos sob cultivo mantenham as características físicas originais, mas deve-se procurar manejá-los de modo a alterar o mínimo possível estas características, especialmente aquelas que afetam a infiltração e retenção de água, porosidade e agregação.

2.3.1. Densidade do solo

Como os sistemas de manejo do solo influenciam os valores da densidade do solo, e consequentemente outras características físicas, ela é de grande importância na avaliação de diferentes sistemas de preparo do solo (LARSON, 1964).

Comparando os efeitos causados nas propriedades físicas do solo pelo cultivo convencional, em relação ao solo sob vegetação de mata virgem, MACHADO et alii (1981) concluiram que as alterações se manifestaram a partir do quarto ano e, apos 8 e 14 anos consecutivos de cultivo convencional houve um aumento da densidade do solo.

Valores elevados de densidades nas camadas superficiais do solo sob plantio direto, têm sido encontrados (VIEIRA & MUZILLI, 1984; IKE, 1986; DERPSCH et alii, 1986 e CENTURION, 1987). O não revolvimento do solo e o tráfego que recebe propicia este comportamento nestas áreas. As diferenças, no entanto, são mais evidentes nas camadas mais próximas da superfície e diminuem com a profundidade (VIEIRA & MUZILLI, 1984 e CENTURION & DEMATTÊ, 1985).

LAL (1985b), pesquisando a influência das propriedades físicas na emergência e desenvolvimento do milho, chama a atenção para o fato de que a densidade do solo ótima para a cultura pode ser diferente nos sistemas

de plantio direto e sistema convencional.

2.3.2. Porosidade total, macro e microporosidade

A diminuição da porosidade total e da macroporosidade e aumento da microporosidade em Latossolo Roxo
(MACHADO & BRUM, 1978) e Latossolo Vermelho Escuro (MACHADO
et alii, 1981) cultivados com sistema de preparo convencional, em relação ao solo sob mata virgem, têm sido associado ao decréscimo de matéria orgânica.

O aumento da mecanização na agricultura envolve o uso de máquinas pesadas, as quais, em condições desfavoráveis de umidade do solo, causam compactação (VEEN, 1981). Esta pode ser detectada através da diminuição da porosidade total e macroporos e aumento da microporosidade.

A utilização de grade pesada ou grade aradora induz a compactação denominada pé-de-grade (CENTURION, 1984; MAZUCHOWSKI & DERPSCH, 1984 e SEGUY et alii, 1984). Esta ocorre imediatamente abaixo da profundidade de operação (10-15 cm), devido ao seu peso elevado, principalmente em regiões onde o preparo do solo é feito continuadamente numa mesma profundidade (ALVARENGA et alii, 1987).

Baseados neste princípio, SEGUY et alii (1984) sugerem, para áreas de Cerrado do Brasil Central,

que o preparo do solo deve ser invertido em relação ao convencional, ou seja, uso de grade aradora para triturar restos culturais e, em seguida, aração.

A aração visa aumentar a porosidade (GRIFFITH et alii, 1977), principalmente através dos macroporos (HEWITT & DEXTER, 1980).

Sabe-se que a compactação causada pelo arado (pé-de-arado) tem ocorrido a aproximadamente 20-25 cm de profundidade (MAZUCHOWSKI & DERPSCH, 1984; CENTURION, 1987 e CASTRO et alii, 1987).

Por outro lado, o não revolvimento do solo, como ocorre no plantio direto, tende a diminuir a porosidade total e macroporosidade e aumentar a microporosidade, formando assim uma camada compacta próximo à superfície (0-10 cm), como explicam BAUMER & BAKERMANS (1973); VIEIRA & MUZILLI (1984); DERPSCH et alii (1986) e CENTURION (1987).

2.3.3. Resistência do solo a penetração

A resistência à penetração varia com a textura e com a umidade do solo. Segundo BAVER et alii (1973), solos arenosos apresentam menor resistência à penetração do que os solos argilosos, o que é explicado pela força de coesão menos intensa que os grãos de areia apresentam. Quan-

to ao efeito da umidade, TAYLOR & RATLIFF (1969) citam a diminuição da resistência ã penetração a aumentos na umidade do solo.

Para FORSYTHE (1969) a resistência do solo à penetração é o fator físico de crescimento que representa a resistência que a raiz enfrenta ao crescer.

O limite crítico para o desenvolvimento de raízes tem sido estudado em vários tipos de solos.

TAYLOR & BURNETT (1964) consideram 2,6 MPa como limite para solo franco-arenoso fino na capacidade de campo. Entretanto, PEARSON (1966) acredita que esses limites não ultrapassam 1,4 MPa, na umidade correspondente a 1 bar. Ajunwon (1), citado por OJENIYI (1986), salienta que houve queda da produtividade do milho em plantio direto em solo com resistência à penetração maior que 0,5 MPa. GERARD et alii (1982) menciona que 2,5 MPa é a resistência crítica para o desenvolvimento de raízes em solo argiloso.

O uso de subsolagem para diminuir a resistência do solo à penetração, através do rompimento da camada compactada, tem sido objeto de muitas pesquisas.

(1) AJUNWON, S.O. Intrinsic deficiences of zero-tillage. Proceedings of the First National Tillage Symposium, Nigerian Society of Agricultural Engineers at Ilorin, Nigeria. 1983. p.22-5.

Analisando os sistemas de preparo do solo: convencional, gradagem, subsolagem e sem preparo, WIETHOLTER (1975) determinou que os sistemas convencional e subsolagem ofereceram menores valores de resistência do solo à penetração, nas profundidades de 10 e 25 cm, respectivamente. Argumenta o autor que isto ocorreu porque a lavra no preparo convencional foi feita a 20 cm e a subsolagem a 30 cm de profundidade.

IDE et alii (1987) acompanharam os beneficios de uma subsolagem, realizada em um Alfissol, medidos através da resistência do solo à penetração. Os mesmos foram declinando, mas o aumento da produção de grãos foi sentido até o 59 ano.

2.3.4. Infiltração e retenção de água

Diversos resultados experimentais têm demonstrado que cultivos inadequados e intensivos contribuem
para a degradação das propriedades físicas do solo. Essa
degradação no solo é decorrente do surgimento de camadas
compactadas. Conforme evidenciam BAUMER & BAKERMANS (1973),
estas camadas, além de diminuir a infiltração d'água no
solo, sao responsáveis pela retenção d'água a maiores sucções, o que dificulta a sua absorção pelas plantas.

A textura do solo e o teor de matêria orgâ-

nica exercem efeitos na retenção d'água. Assim, geralmente, quanto maior o teor de argila, maior será o conteúdo de água sob dada sucção (HILLEL, 1970). Já a matéria orgânica, segundo REEVE et alii (1973), retém água no solo a baixas tensões.

O maior teor de água encontrado em solo sob plantio direto, quando comparado ao sistema convencional, tem sido atribuído ao maior teor de matéria orgânica (LAL, 1976); a maior homogeneidade estrutural do perfil do solo (CENTURION & DEMATTÉ, 1985), à eficiência da cobertura morta, advinda dos restos culturais (DERPSCH et alii, 1986).

Várias pesquisas mostram que, à medida que se acentuam as operações mecanizadas, ocorre uma redução na taxa de infiltração de água, em relação ao solo sob condição natural (SILVA, 1980 e LAL, 1985a).

Entretanto, em certas situações, como revela MANTOVANI (1984), essa queda da taxa de infiltração poderia ser considerada benéfica, porque reduziu as perdas por percolação e lixiviação. Para o autor, esta é uma das explicações que mostraram uma tendência de se obterem maiores produtividades de milho, quando o Latossolo Vermelho Escuro era ligeiramente compactado.

Em pesquisas recentes SIDIRAS & ROTH (1987) chamam a atenção para a metodologia utilizada para determi-

nação da taxa de infiltração de água, em trabalhos que envolvem sistemas de preparo do solo. Assim, quando se compara a taxa de infiltração de água no plantio direto e sistema convencional, determinada pelo método de inundação, em que a água se encontra estática, e anula, portanto, o efeito do selamento e o da cobertura morta, verificam-se valores mais altos no preparo convencional, dado que, pela sua maior porosidade, tem maior capacidade de infiltração. Pelo processo do simulador de chuva, que se aproxima das condições reais de campo, conclui-se que no plantio direto há maior penetração de água.

2.3.5. Temperatura do solo

A temperatura do solo depende da condutividade térmica, capacidade volumétrica de calor do solo, e da quantidade de calor que entra e sai da superfície do solo (BAUMER & BAKERMANS, 1973). Consequentemente, a cobertura do solo, o conteúdo de água e ar das várias camadas do solo são fatores decisivos para o regime de temperatura do solo.

O efeito do manejo do solo na temperatura do mesmo, tem sido atribuído, principalmente a variação na acumulação de cobertura morta na superfície do solo. Assim, BAUMER & BAKERMANS (1973), citam que a diferença de

temperatura do solo entre preparo convencional e sistema sem preparo do solo, será maior com o aumento da quanti-dade de cobertura morta.

Estudando o efeito da temperatura do solo no desenvolvimento da cultura de milho, LAL (1974) detectou que o crescimento de plântulas e raízes de milho diminuem significativamente com temperatura constante e acima de 35°C e pela flutuação de temperatura do solo acima de 40°C. Cita que dependendo do regime de temperatura e estágio das plântulas, alta temperatura nas raízes pode provocar queda na produção do milho, cultivado sem cobertura morta, e que a absorção de N, P, K e Zn é diminuída pela alta temperatura do solo.

Valores mais elevados de temperatura do solo em parcelas com preparo convencional, em relação ao plantio direto, foram constatadas nas pesquisas desenvolvidas por LAL (1976), DANIEL (1981), DERPSCH et alii (1986) e SIDIRAS & PAVAN (1986). Observou-se variações de até 9°C, a 5 cm de profundidade (LAL, 1976), em trabalho realizado na Nigéria. Resultados semelhantes foram encontrados por SIDIRAS & PAVAN (1986), no Estado do Paranã.

2.4. Características Agronômicas em Relação ao Preparo do Solo

No preparo do solo deve ser levado em conta

um conjunto de objetivos a que o mesmo se destina, dentre eles a germinação de sementes, altura e inserção das espigas e distribuição do sistema radicular, que irão influir na produtividade da cultura.

2.4.1. Estande

A relação entre população e o número de plantas é complexa, já que para determinada condição de solo, clima, cultivar e tratos culturais existe um número de plantas por unidade de área que conduz à mais alta produção (VIEGAS, 1978).

O número de plantas por metro linear (estande), para a cultura do milho, segundo GERAGE & OLIVEIRA (1982), que apresenta melhores produções é de 5 plantas. Isto com populações de 50 mil plantas por hectare para cultivares de ciclo tardio e em torno de 62 mil plantas por hectare para cultivares de ciclo precoce. Estas populações são conseguidas com espaçamento de 100 a 80 cm entre-linhas, respectivamente.

MUZILLI (1981) relata maior velocidade de emergência e desenvolvimento mais uniforme e mais vigoroso
do milho em sistema de plantio direto, resultando maior população de plantas por unidade de área, sobretudo quando
da ocorrência de estiagem nessa fase de desenvolvimento da

cultura.

A compactação no horizonte superficial tem sido atribuída por LAL (1985b) e KAYOMBO & LAL (1986) como um dos fatores que afetam a emergência e estande do milho.

2.4.2. Diâmetro do colmo, altura da inserção da primeira espiga, altura da planta e acamamento

A população de plantas geralmente afeta as características fenotípicas. Maiores populações tendem a apresentar plantas com maior altura, colmos mais finos e mais sujeitas ao acamamento (VIEGAS & PEETEN, 1987).

Segundo MEDEIROS et alii (1976), a redução do diâmetro do colmo é um dos fatores responsáveis pelo maior acamamento do milho. Entretanto, MUZILLI (1981), considera que o acamamento e quebramento de colmos, está relacionado ao porte e altura de inserção de espigas.

Este autor revela que, em condições favoráveis à ocorrência de acamamento, foi observado menor índice de danos em plantio direto; o fato é atribuído à maior firmeza do solo a favorecer melhor fixação das raízes. Entretanto, a deficiência de N tem resultado na formação de colmos mais finos e menos resistentes ao quebramento.

A compactação do solo, principalmente na camada superficial (0-10 cm), foi para KAYOMBO & LAL (1986), um dos fatores responsáveis pela redução da altura da planta de milho, cultivada em um Alfissol da Nigéria.

2.4.3. Sistema radicular

A interferência do solo sobre o crescimento do sistema radicular é um assunto complexo, pois, os parâmetros envolvidos não são fixos e possuem natureza diversa. A resistência ao crescimento radicular pode ser de natureza física, química ou biológica.

Uma das consequências da compactação do solo, na cultura do milho, está relacionada à redução do crescimento das raízes (VEEN & BOONE, 1981; LAL, 1985b e KAYOMBO & LAL, 1986).

GAMERO (1985) verificou que existe uma correlação negativa entre a massa das raízes de milho, nas camadas de 0-20 e 0-35 cm de profundidade, com a resistência à penetração nestas mesmas camadas. Já BOONE & VEEN (1982) constataram que a resistência mecânica de até 3,0 MPa não afetou o peso da raiz do milho, mas a extensão e direção, não crescendo em profundidade. VEEN & BOONE (1981) ressaltam que a influência da resistência mecânica na morfologia da raiz tem consequência para a absorção de íons.

IKUMA (1983) concluiu que as raízes de milho não penetravam na camada compactada quando a densidade global era igual ou superior a 1,65 g.cm⁻³.

Uma das técnicas empregadas para facilitar o crescimento de raiz em solo compactado é através do emprego da subsolagem (IDE et alii, 1987). O uso da subsolagem na linha do milho aumentou a produção, devido ao maior aprofundamento do sistema radicular (BOX & LANGDALE, 1984).

LAL (1974) verificou que temperaturas do solo elevadas provocam diminuição no crescimento de raízes e consequentemente, queda na produção do milho.

O alto teor de Al trocavel em solos originalmente sob vegetação de cerrado, tem sido considerado como um dos fatores que afetam o desenvolvimento das raízes (KAWASAKI et alii, 1980).

2.4.4. Rendimento de grãos

Para VIEGAS & PEETEN (1987) a produtividade do milho depende, basicamente, de alguns fatores, como: população de plantas, disponibilidade de água e de nutrientes e potencial genético de produção da planta. Segundo esses autores a baixa produtividade do milho no Brasil (1,5 a 2,0 t/ha) tem como uma de suas principais causas a pe-

quena população de plantas. Ressaltam que o sistema convencional, bem aplicado, tem permitido produtividade de 4-6 t/ha e que, em plantio direto, na região de Campos Gerais do Paraná, têm sido alcançado produções de 8-10 t/ha.

O uso de subsolagem visando aumentar a produtividade do milho tem sido testado para os diversos sistemas de preparo do solo. No Brasil, SACCHI (1982), utilizou subsolador associado com sistemas de preparos convencional e mínimo. Verificou, em Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa, que a produção não se alterou em função da subsolagem. REEVES & TOUCHTON (1986) usou subsolador em plantio direto; observou que este aumenta a produção do milho neste sistema de preparo, quando licado na linha da cultura, entre-linha e principalmente associação linha e entre-linha.

Resultados de produtividade de milho, quando cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo, têm sido muito variados. IKE (1986), concluiu, após 6 anos de experimento conduzido no norte da África, com vários sistemas de preparo do solo, que a produção do milho foi semelhante em preparo mecanizado, preparo manual e plantio direto. Resultados semelhantes são relatados por BENATTI Jr. (1981), em Latossolo Roxo no Estado de São Paulo, cultivado com milho em preparo convencional, reduzido e plantivado com milho em preparo convencional, reduzido e plan-

tio direto.

Maiores produções em plantio direto, quando comparado com sistema de preparo convencional, têm sido relatadas por OJENIYI (1986) e VIEGAS & PEETEN (1987). Resultados inversos foram obtidos por BENATTI Jr. (1981) em Podzõlico-Vermelho Amarelo e KANG et alii (1980), quando era aplicado pouco N em plantio direto e por CENTURION (1987), devido à compactação na camada superficial, induzida pelo sistema de semeadura direta.

DERPSCH et alii (1986) explicam que o sucesso da produção de milho em plantio direto está na dependência do uso de cobertura vegetal e rotação de culturas. Baseados nestes princípios, CORRÉA & CRUZ (1987) chamam a atenção para o fato que na região dos cerrados do Brasil Central, onde o inverno é seco, não permitindo o desenvolvimento de culturas de inverno e a produtividade das culturas de verão é baixa, e a falta de cobertura morta sobre a superfície do solo poderá inviabilizar a utilização do plantio direto associado a altas produtividades.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização, Descrição e Histórico da Área Experimental

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual Paulista - Campus de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul.

O solo local foi classificado como Latossol Vermelho Escuro Álico (Acrustox), de textura argilosa por DEMATTÉ (1980). A descrição morfológica dos horizontes do perfil do solo é apresentada no Apêndice 1. A declividade média é de 3%.

Selviria está localizada na bacia hidrográfica do Paraná (latitude de 20°22'S e longitude de 51°22' W.Gr.), apresentando altitude de 335 m, temperatura média anual de 23,6°C, precipitação média anual de 1.330 mm, evapotranspiração potencial média de 1.226 mm e tipo climática Aw, de acordo com o sistema de Köppen (CENTURION, 1982).

A vegetação original desta área era de cerrado,

parte da qual foi desmatada em maio de 1978, com auxílio de correntão (derrubada) e lâmina (enleiramento). A Tabela 1 apresenta características químicas e granulométricas do solo da área experimental, por ocasião do desmatamento.

Após o desmatamento preparou-se convencionalmente (aração e gradagem) o solo para a cultura da soja (semeada em 11/1978). Assim que esta foi colhida, aplicaram-se na área os sistemas de preparo do solo: convencional, reduzido e semeadura direta e implantaram-se as culturas de sorgo e trigo. Deste modo, utilizaram-se as sucessões soja/trigo e soja/sorgo, em todos os sistemas de preparo do solo, durante três anos agrícolas (1978/79, 1979/80 e 1980/81).

Nos anos agrícolas 1981/82 e 1982/83 a área foi ocupada com a cultura da soja. Em 1983/84 cultivou-se milho e em 1984/85 e 1985/86 a área foi ocupada com soja. Cabe ressaltar que a partir de 1981/82, além dos tratamentos empregados, destinou-se parte da área do preparo convencional para o sistema denominado superpreparo. A partir do ano agrícola 1984/85, os sistemas de semeadura direta e reduzido foram subdivididos em sistemas de preparo denominados de invertido e enxada rotativa, respectivamente. Um breve histórico da área, até o ano agrícola 1986/87 encontra-se resumido na Tabela 2.

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do Latossolo Vermelho Escuro tudado, em condições naturais por ocasião do desmatamento.

1a grossa	7	7	7	12	12	=======================================	7
areia	42	42	42	28	28	82	30
silte	S	2	4	ហ	2	2	4
argila silte	46	46	47	55	25	26	59
A1 ⁺³ M.O.	2,41	1,21	1,03	1,21	98,0	98,0	0,52
A1 +3	53,2	77,8	82,3	8,67	74,4	80,4	82,0
CTC TFSA	,6 0,3 7,21	4,87	4,04	4,23	4,03	3,53	3,22
Ca +2 Mg +2 CTC 100 cm³ de TFSA	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0
	0	0,5	1,0	0,5	0,3	1,0	0,1
K ⁺ Ca e.mg/10	0,11	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
P0 4 ppm	2	-	—	-	-	0	0
рН (H ₂ 0)	5,20	5,05	5,10	5,10	5,05	2,00	5,30
Profundi- pH $PO_{\rm t}$ dade (cm) (H_2O) ppm	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	09

Tabela 2. Esquema da utilização de um bloco experimental desde o desmatamento de 1978) até o ano agrícola 1986/87

(maio

Ano	cul	cul tura	Fertilizantes e	(1)	
agrīcola	verão	inverno	corretivos		
1978/79	soja	sorgo, trigo	2 t/ha calcário dolom. 1200 kg/ha super simples 600 kg/ha 4-20-20 50 kg/ha F.T.E. BR-9	SC (SD (SR	YLandaddo
1979/80	soja	sorgo, trigo	350 kg/ha 4-20-20 350 kg/ha 4-16-8 100 kg/ha F.T.E. BR-9	SC (SD (SR	
1980/81	soja	sorgo, trigo	300 kg/ha 4-20-20 50 kg/ha F.T.E. BR-9	SC SD SR	
1981/82	soja	1	4 t/ha calcãrio dolom. 200 kg/ha 4-20-20 50 kg/ha F.T.E. BR-9	SC SP SD SR	
1982/83	soja	ĭ	300 kg/ha 3-30-15	SC SP SD SR	
1983/84	milho	ī	200 kg/ha sulf. amônio	SC SP SD SR	

Tabela 2. Esquema da utilização de um bloco experimental desde o desmatamento de 1978) até o ano agricola 1986/87 (continuação)

(maio

Ano	on I	cultura	Fertilizantes e	(1)
agrīcola	verão	inverno	corretivos	rieparo do solo dellizado
1984/85	soja	ŧ	ì	SC SP SD SI SR ER
1985/86	soja	g g	200 kg/ha 4-30-10	SC SP SD SI SR ER
1986/87	milho	8	300 kg/ha sulfato amônio	-SC+8-SP-+8-SD-+8-SI-+8 -SR+8-ER-+8
SC: sist SP: supe SD: seme SI: sist	SC: sistema convencional SP: superpreparo SD: semeadura direta SI: sistema invertido	ional ia do	SR: sistema reduzido ER: enxada rotativa +s: com subsolagem -s: sem subsolagem	tema reduzido ada rotativa subsolagem subsolagem

3.2. Tratamentos

Os tratamentos foram distribuídos na área descrita anteriormente, sendo esta cultivada com milho no ano agrícola 1986/87 com os seguintes preparo do solo: SC (sistema convencional), SR (sistema reduzido), SP (superpreparo), SD (semeadura direta), SI (sistema invertido) e ER (enxada rotativa). A Tabela 3 contém a descrição de todas as operações de preparo do solo realizadas para a instalação do experimento.

Cada parcela experimental foi subdividida sendo metade da área submetida a subsolagem. Esta operação foi considerada como tratamento secundário e originou a sub-parcela. Utilizou-se, para tal operação subsolador com hastes curvas e ponteira com asas. As hastes do subsolador foram espaçadas de 45 cm e a profundidade de trabalho foi de aproximadamente 30 cm. A subsolagem objetivou romper as camadas compactadas, formadas devido ao manejo a que o solo foi submetida nos últimos nove anos de cultivo.

A aração foi realizada em arado de discos a uma profundidade aproximada de 20 a 25 cm e a gradagem pesada com grade-aradora a uma profundidade de 10 a 15 cm.

Analisaram-se as principais propriedades químicas e físicas do solo, tanto nos diferentes sistemas de preparo estudados, como no solo em seu estado natural ou seja sob vegetação de cerrado.

Tabela 3. Discriminação das operações para cada tratamento no ano agrícola 1986/87

SC (sistema convencional) SP (superpreparo) aracão gradagem pesada gradagem pesada gradagem niveladora SD (semeadura direta) SI (sistema invertido) Gradagem pesada aplicacão de herbicida aracão gradagem pesada aracão gradagem pesada aracão gradagem pesada aracão gradagem pesada gradagem pesada gradagem pesada gradagem niveladora gradagem pesada gradagem niveladora gradagem niveladora gradagem niveladora gradagem niveladora gradagem niveladora	C + 2 C E C + 1 C S + 1	Subparcelas	
SC (sistema convencional) gradagem pesada gradagem niveladora SP (superpreparo) aracão gradagem pesada gradagem niveladora SD (semeadura direta) rocada aplicação de herbicida aplicação de herbicida gradagem pesada aração gradagem pesada gradagem niveladora SR (sistema reduzido) gradagem pesada gradagem niveladora gradagem niveladora gradagem niveladora gradagem niveladora gradagem niveladora	ין מינמוווייין ניט	em	1
SP (superpreparo) aração gradagem pesada gradagem niveladora SD (semeadura direta) roçada aplicação de herbicida gradagem pesada aração gradagem niveladora	1. SC (sistema convencional)	E E	aração gradagem pesada subsolagem gradagem niveladora
SD (semeadura direta) rocada aplicação de herbicida gradagem pesada aração gradagem niveladora SR (sistema reduzido) gradagem pesada gradagem pesada gradagem niveladora enxada rotativa gradagem niveladora gradagem niveladora			aração aração gradagem pesada subsolagem gradagem niveladora
SI (sistema invertido) gradagem pesada aração gradagem niveladora SR (sistema reduzido) gradagem pesada gradagem niveladora gradagem gradagem pesada gradagem gradagem pesada gradagem gradagem pesada enxada rotativa) gradagem rotativa gradagem rotativa gradagem subsolage gradagem gradagem niveladora gradagem gradagem gradagem	3. SD (semeadura direta)		roçada aplicação de herbicida subsolagem gradagem niveladora
SR (sistema reduzido) gradagem pesada gradagem niveladora ER (enxada rotativa) gradagem rotativa gradagem niveladora			gradagem pesada aração subsolagem gradagem niveladora
gradagem pesada enxada rotativa gradagem niveladora			gradagem pesada subsolagem gradagem niveladora
		gradagem pesada enxada rotativa gradagem niveladora	gradagem pesada enxada rotativa subsolagem gradagem niveladora

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (GOMES, 1977), com parcelas sub-divididas, tendo como tratamentos principais os sistemas de preparo do solo (SC, SP, SD, SI, SR e ER) e a subsolagem como tratamento secundário. Os tratamentos foram efetuados com cincorepetições, sendo que cada parcela principal constou de 50 x x 15 m (750 m²) de área total e cada subparcela constou de 50 x 7,5 m (375 m²), com uma área útil de $20 \times 2,7 \text{ m} (54 \text{ m²})$.

3.3. Práticas Culturais

O milho hibrido AG 401, foi semeado em todos os tratamentos em 11/12/86, no espaçamento de 90 cm entrelinhas com a semeadora-adubadora de plantio direto, marca Baldan, modelo SPD F/A 1.600.

Procurou-se fazer com que a linha de semeadura coincidisse com as faixas de solo trabalhado pelas hastes do subsolador. Com os espaçamentos das hastes do subsolador e da semeadora do milho adotadas, pode-se considerar que as linhas e entrelinhas do tratamento secundário foram subsoladas.

O controle de plantas daninhas foi feito empregando-se uma mistura dos herbicidas 2,4-D (3 1 do p.c./ha) + + glyphosate (4 1 do p.c./ha) em pre-plantio, para o sistema de semeadura direta e alachlor (5 l do p.c./ha) + atrazine (3 l do p.c./ha) em pré-emergência, para os demais sistemas de preparo.

Decorridos 35 dias após a semeadura, realizou-se a amontoa nas parcelas experimentais, exceto no SD. Para
esta operação utilizou-se de um cultivador mecânico. Nesta
ocasião, realizou-se a adubação de cobertura, através do emprego em todas as parcelas de 300 kg/ha de sulfato de amônio.

3.4. Avaliação

3.4.1. Análises químicas do solo e do tecido foliar

Foram retiradas amostras do solo, com três repetições, na linha da cultura, nas profundidades de: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30 e 60 cm, para análises químicas, sendo esta operação realizada logo apos o plantio. Coletaram-se com auxílio de trado em cinco pontos de cada subparcela amostras simples de solo para formação de amostra composta.

As marchas analíticas para a caracterização química do solo seguiram a seguinte orientação: pH em agua na relação 1:2,5; K trocavel, sendo a extração feita com solução de $\rm H_2SO_4$ 0,05 N e determinação pelo fotômetro de cha-

ma; P solúvel, extração com H_2SO_4 0,05 N, para uma relação solo/solução igual a 1/10 e agitação durante cinco minutos; Al trocável, extração foi feita com solução de KCl 1 N e titulação com solução de NaOH 0,025 N; Ca + Mg trocáveis, sendo a extração feita com solução de KCl 1 N e titulação com solução de EDTA 0,025 N, conforme descrito por RAIJ & ZULLO (1977). O carbono orgânico (%) foi determinado com solução de bicromato de potássio 0,4 N e a titulação feita com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N. A CTC foi determinada segundo GLORIA et alii (1965).

Para a realização das análises de micronutrientes do solo (cobre, ferro, manganês e zinco), utilizou-se como solução extratora ácido sulfúrico 0,025 N e ácido clorídrico 0,05 N, sendo que as leituras foram feitas em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer mod. 303.

Executaram-se também análises do tecido foliar, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn. As amostras foram coletadas da primeira folha abaixo da espiga, no aparecimento da inflorescência feminina de acordo com MALAVOLTA & DANTAS (1987).

O nitrogênio foi determinado por digestão sulfúrica pelo método Kjeldahl. Para os demais nutrientes houve digestão nítrica-perclórica, sendo o potássio determinado pelo fotômetro de chama; para o cálcio e magnésio a leitura foi feita através de titulação com permanganato de potássio; o fosforo foi determinado pelo método do vanadato molibdato de amônio com leitura em colorímetro. As leituras dos micronutrientes foram feitas também em espectrofotômetro de absorção atômica.

3.4.2. Analises físicas do solo

A composição granulométrica foi determinada por sedimentação e tamisação empregando-se NaOH como agente dispersante e agitação horizontal. Utilizou-se do método da pipeta descrito por DAY (1965).

A caracterização dos efeitos dos diferentes sistemas de preparo do solo sobre as características físicas deste foi feita através de determinações executadas logo após a semeadura da cultura do milho.

A densidade do solo foi determinada em quatro repetições, através do método do anel volumétrico, em amostras retiradas na linha da cultura nas profundidades de 0-3, 10-13, 20-23 e 30-33 cm.

Nas mesmas profundidades, com dez leituras por sub-parcela, foram feitas as determinações de resistência do solo à penetração, avaliada com penetrômetro Solotest - 210, com um diâmetro de base de cone de 2,4 cm e uma profundidade de penetração de 5,5 cm. A aplicação do penetrômetro foi realizada perpendicularmente à superfície do solo. Ao mesmo

tempo, nestas profundidades foram feitas amostragens do solo para determinação da umidade, utilizando-se do método gravimétrico.

Também foram realizadas algumas determinações físico-hídricas. Através de anéis com altura de 3.0 cm e diâmetro de 5,4 cm introduzidos pelo processo de percussão perpendicularmente ao solo, coletaram-se amostras para terminação da umidade a diferentes tensões. As amostras foram coletadas em duas repetições nas profundidades: 0 - 3. 10-13, 20-23 e 30-33 cm. Após saturadas foram colocadas funis de placa porosa (funil de Buchner) e submetidas as tensões de 0,001 e 0,006 MPa. Para determinação dos valores das massas de solo úmido referentes às tensões de 0,01; 0,033; 0.06 e 0.1 MPa, foi empregada a placa porosa de RICHARDS (1947). Os valores das massas de solo seco foram obtidos mediante a secagem das amostras em estufa à 105-110°C até peso constante. Considerou-se a tensão de 10⁻⁴ MPa para os valores das massas de solo saturado.

Para medida de umidade no campo, foi instalada uma batéria de quatro tensiômetros com manômetro de mercu-rio, em cada tratamento. Os tensiômetros foram instalados nas profundidades de 5, 10, 20 e 30 cm.

A umidade do solo foi determinada pela interpolação dos valores do potencial matricial à curva de retenção de água. A microporosidade foi obtida a partir dos dados da curva de retenção de água, considerando-se como microporosidade o volume relativo de água retida no solo à tensão de 0,006 MPa. A macroporosidade foi determinada em função da diferença da massa do solo saturado menos a massa do solo submetido à tensão de 0,006 MPa. A porosidade total avaliada é expressa pela soma da micro e macroporosidade.

Na determinação da taxa de infiltração de água no solo utilizou-se, em duas repetições, o método de inundação com infiltrômetro de duplo cilíndros concêntricos, descrito por BERTRAND (1965). A velocidade de infiltração de água no solo foi determinada nos seguintes intervalos a partir do tempo zero: 1, 3, 5, 10, 15, 25, 35, 50, 65, 95, 125, 185 e 245 minutos.

A temperatura do solo foi obtida através da leitura diária (8 e 15 horas) de termômetros de solo, instalados na profundidade de 5 cm, na linha da cultura.

As avaliações das propriedades físicas e químicas do solo natural (sob vegetação de cerrado) seguiram a mesma metodologia utilizada na área do solo cultivado com milho, sendo que as amostras de solo foram retiradas na mesma época.

3.4.3. Características agronômicas

Aos 15 dias após a semeadura procedeu-se a avaliação do estande (número de plantas/metro). Contaram-se as plantas nos 60 metros lineares da área útil de cada sub-parcela.

Por ocasião da maturação das plantas foi determinado o diâmetro do colmo (à 20 cm do nível do solo), altura de inserção da primeira espiga e a altura da planta, que correspondeu á distância do nível do solo até o ponto mais alto da panícula. Mediram-se em todas as sub-parcelas, 15 plantas ao acaso.

A coleta de material para a avaliação da distribuição e morfologia do sistema radicular foi feita na fase de florescimento da cultura. Escolheram-se três plantas equidistantes 20 cm uma da outra, com ausência de ervas daninhas nas proximidades. Ao redor das mesmas foram abertas trincheiras com um bloco monolítico em seu interior de 20 x 20 x 30 cm correspondentes respectivamente ao comprimento, largura e altura. Este bloco foi seccionado em camadas de 10 cm em 10 cm, juntamente com as raízes.

O solo correspondente a cada secção foi lavado com agua, para separar o solo do sistema radicular das plantas. As raízes limpas foram secas em estufa à 105°C durante 24 horas, pesadas em balança analítica de precisão, para de-

terminação da massa de raízes secas. Realizou-se estudo da anatomia das raízes de plantas cultivadas em SC e SD, com e sem subsolagem. As lâminas histológicas foram preparadas segundo as técnicas de JOHANSEN (1940).

A colheita do milho foi realizada manualmente em 14/05/87. Esta operação foi realizada na área útil de cada sub-parcela ou seja 54 m². Antes de iniciar a colheita, contou-se o número de plantas eretas e caídas, o que possibilitou o cálculo da percentagem de tombamento para cada tratamento.

Após a operação de trilha, o milho em grãos foi pesado e imediatamente foram retiradas amostras para padronização do teor de água a 12%.

A massa de 100 grãos foi obtida coletando-se ao acaso, para todos os tratamentos, tomando-se como base o teor de 12% de umidade dos grãos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos parâmetros químicos e físicos do solo estão parcialmente apresentados na forma de Figuras e na sua totalidade em Tabelas, estando estas últimas inseridas no Apêndice. As Figuras mostram os resultados referentes ao solo natural e aos sistemas de preparo convencional e semeadura direta, pois estes dois tipos de preparo foram considerados como representativos em relação aos demais.

4.1. Características Químicas do Solo

A comparação de médias, de todos os sistemas de preparo incluindo tratamentos com e sem subsolagem, referentes aos valores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, pH, CTC e saturação de alumínio são apresentadas nos Apêndices 2 a 9, respectivamente.

As Figuras 1 a 8 representam graficamente osresultados referentes aos sistemas de preparo convencional(SC), semeadura direta (SD), submetidos ou não à subsolagem, sen-

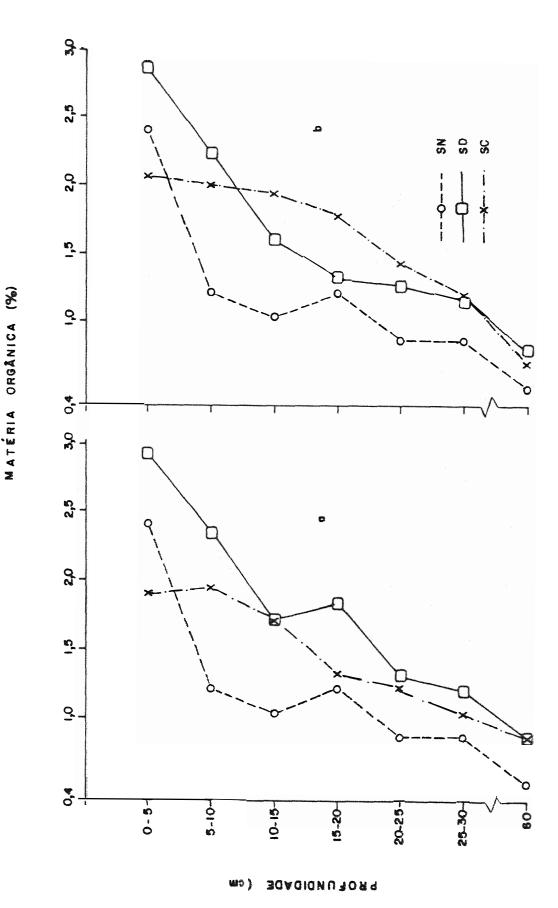


Figura 1: Valores médios de matéria orgânica (%), obtidos em diferentes profundidades no solo natural (SN), semeadura direta (SD) e sistema convencional (SC), sem subsolagem (à) e com subsolagem (b).

do que estas Figuras contém também informações sobre o solo natural (SN).

Observando-se o Apêndice 2, verifica-se um acú-mulo de matéria orgânica na camada de 0-10 cm do solo, nos sistemas reduzido (SR), enxada rotativa (ER) e semeadura di-reta (SD). Entretanto, apenas o SD apresenta diferenças significativas no teor de matéria orgânica, na camada de 0-5 cm, quando comparado com os demais sistemas de preparo.

O acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo em SD, principalmente quando comparado com o SC (Figura 1), ocorreu devido o menor revolvimento do solo, fato também constatado por BLEVINS et alii (1977) nos Estados Unidos e LAL (1985a) e IKE (1987) na Nigéria.

Houve também efeito da cobertura morta residual, que abaixa a temperatura do solo, diminuindo a taxa de decomposição da matéria orgânica. Este efeito, para RUSSELL & RUSSELL (1968) é mais pronunciado nos trópicos, em que a diferença de temperatura entre um solo descoberto e com cobertura é maior do que em climas temperados.

A operação de subsolagem (Figura 1), no SD provocou uma ligeira diminuição nos teores de matéria orgânica, devido provavelmente ao aumento da aeração do solo neste sistema de preparo.

O efeito dos sistemas de preparo no teor de matéria orgânica do solo pode ser observado pelos resultados do Apêndice 2 e da Figura 1, que mostram um aumento no teor deste componente nos solos cultivados, em relação ao solo natural. Este fato contraria vários autores que relatam os efeitos de cultivo no teor de matéria orgânica. Para BUCKMAN & BRADY (1976) os solos sob cultivo tem um teor de matéria orgânica em torno de 30 a 40% inferior em relação ao solo virgem. RUSSELL & RUSSELL (1968) consideram que o efeito da aeração é uma das principais razões pela maior velocidade de decomposição da matéria orgânica e seu consequente decréscimo.

Esta aeração é proporcionada pelo cultivo, através do revolvimento do solo. Estes efeitos são confirmados por RANDO (1981), onde o solo cultivado sempre tem um teor
menor de matéria orgânica em relação ao solo original comparado. No entanto, este decréscimo ocorre quando se comparam
solos em que a cobertura natural é fonte de grandes quantidades de matéria orgânica, como pastagem ou mata.

Quando um solo, sob vegetação de cerrado é cultivado e fertilizado, ocorre um aumento no teor de matéria orgânica. SANCHEZ (1981) considera este aumento devido ao efeito da fertilização que aumenta o resíduo orgânico da cultura, em taxas superiores ao resíduo deixado pelo cerrado. Este resultado é confirmado por CATEN (1982) e MORAES

(1984) que trabalharam com Latossolos, originalmente sob cerrado.

A Figura 2 e o Apêndice 3 mostram os resultados dos teores de fósforo solúvel, em diferentes profundidades do solo. Os altos valores encontrados próximo à superficie, para SD, SR e ER, são justificados pela pouca mobilidade nutriente no solo. Desta maneira, em sistemas de preparo em que o solo é pouco revolvido, há tendência ao maior acumulo de fósforo solúvel nas camadas mais superficiais (BEZERRA, 1978; MUZILLI, 1983 e CENTURION et alii, 1985). Embora possa limitar a produtividade das culturas, se ocorrer deficiência de fósforo nas camadas sub-superficiais do solo, como indicam os dados da EMBRAPA (1980), tal não ocorreu presente trabalho, possivelmente em razão de o milho não ter enfrentado nenhum período de verânico durante seu ciclo. Tanto o SC como SD, submetidos ou não a subsolagem (Figura 2), apresentam na camada de 0-20 cm, valores de fosforo soluvel, muito superiores aqueles encontrados no SN, indicando tanto, a necessidade de aplicação de fertilizantes fosfatados na utilização de solos sob vegetação de cerrado.

Os valores apresentados no Apêndice 4 indicam que houve acúmulo de potássio na camada de 0-10 cm, no SR e ER. Entretanto, isto não ocorreu com o sistema em que o solo é ainda menos revolvido ou seja SD. Isto é decorrente da ausência de adubação potássica na área experimental no ano a-

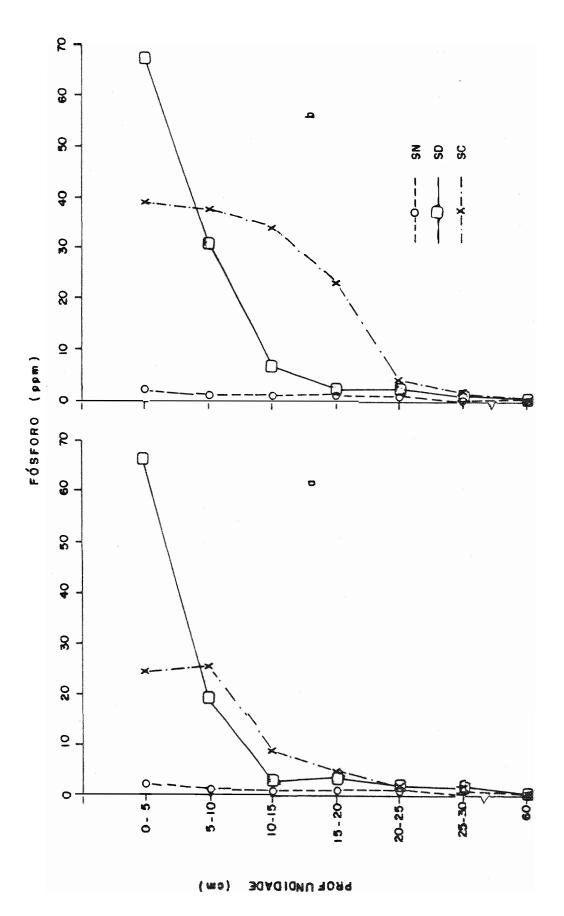
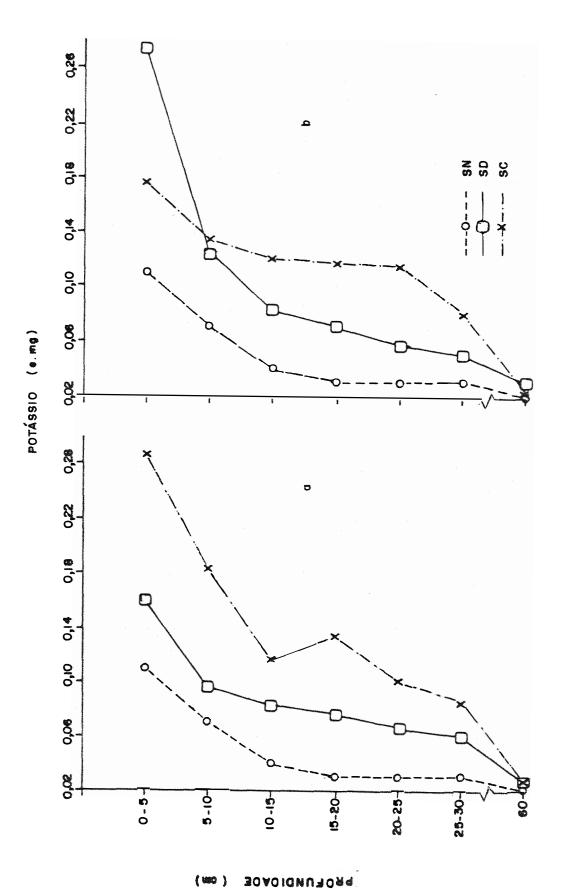


Figura 2: Valores médios de fósforo solúvel (ppm), obtidos em diferentes profundidades no solo (a) natural (SN), semeadura direta (SD) e sistema convencional (SC), sem subsolagem e com subsolagem (b).



em diferentes convencional Figura 3: Valores médios de potássio trocável (e.mg/100 cm³ de TFSA), obtidos profundidades no solo natural (SN), semeadura direta (SD) e sistema (SC), sem subsolagem (a) e com subsolagem (b).

gricola 1986/87.

A exemplo do que aconteceu com o fosforo, cálcio (Figura 4, Apêndice 5) e o magnésio (Figura 5, Apêndice 6) atingiram níveis mais altos na camada de 0-5 CM, nos sistemas de preparo em que o solo é revolvido apenas camada superficial como SR e ER e principalmente no SD, e pouco revolvido. A subsolagem propiciou condições para aumento dos teores de Mg e Ca no SC (Figuras 4 e 5), nas madas de 10-15 cm, 15-20 cm e 20-25 cm. Este aumento pode ter ocorrido em função deste sistema apresentar boa capacidade de infiltração de água até estas profundidades, o que favorece a descida destes nutrientes no perfil do solo. baixos teores de cálcio e magnésio apresentados pelo SN, em relação aos encontrados em SD e SC (Figuras 4 e 5) ciaram a importância da realização da calagem nestes solos.

Os valores médios obtidos para pH em H_2O , nos diferentes sistemas de preparo com e sem subsolagem são apresentados no Apêndice 7. Verifica-se que os mesmos no SR e ER situam-se em faixas mais elevadas na camada superficial do solo (0-5 cm), embora não apresentando diferenças estatisticas em relação aos demais preparos. A Figura 6 mostra que SD e SC são semelhantes quanto ao pH na superficie do solo (0-5 cm), entretanto nota-se valores superiores no SD sem subsolagem até 25 cm de profundidade, sendo que com a subsolagem ocorreu o inverso. O aumento do pH no SC provocado

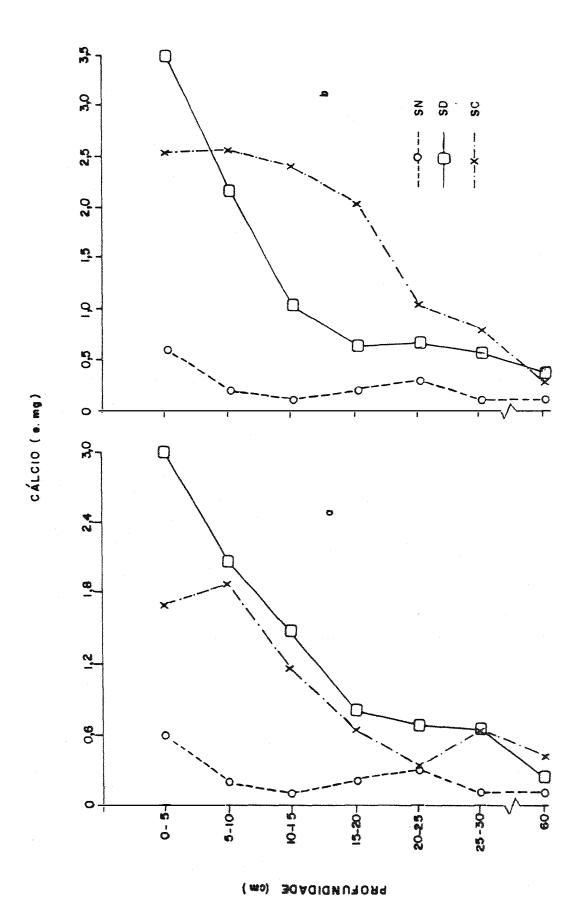
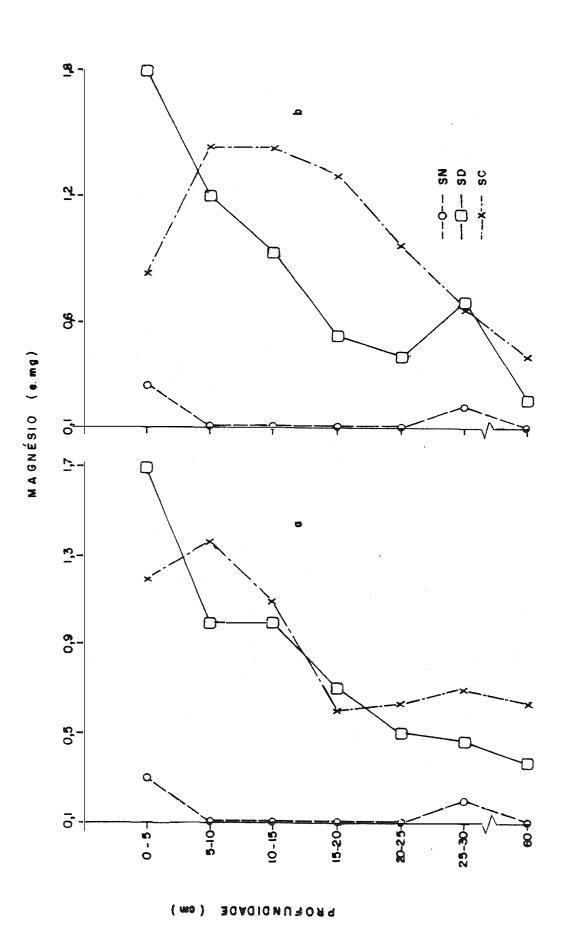


Figura 4: Valores médios de cálcio trocável (e.mg/100 cm³ de TFSA), obtidos em diferentes prosistema convencional fundidades no solo natural (SN), semeadura direta (SD) e sem subsolagem (a) e com subsolagem (b).



fundidades no solo natural (SN), semeadura direta (SD) e sistema convencional (SC), sem 5: Valores médios de magnésio trocável (e.mg/100 cm³ de TFSA), obtidos em diferentes prosubsolagem (a) e com subsolagem (b). Figura

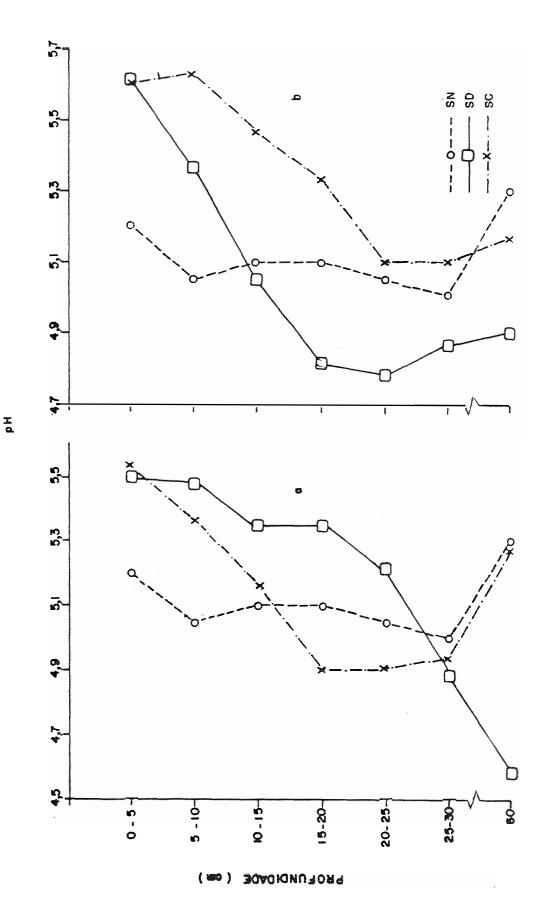


Figura 6: Valores médios de pH em H₂O, obtidos em diferentes profundidades no solo natural (SC), sem subsolagem (a) e sistema convencional (SN), semeadura direta (SD) com subsolagem (b).

pela subsolagem pode estar relacionado com a descida de Ca e Mg no perfil do solo, como citado anteriormente, uma vez que a operação de subsolagem foi mais eficiente no SC do que no SD, pois neste último o solo se apresentava muito compactado, principalmente na camada superficial.

Observando-se o Apêndice 8, constata-se para a capacidade de troca catiônica (CTC) tendência de apresentar maiores valores nos primeiros 5 cm do solo nos SR, ER e SD. Porém, nas camadas subsuperficiais, os maiores valores são atribuídos a sistemas de preparo que promovem maior revolvimento do solo, como SC, SP e SI, confirmando os resultados de LAL (1975) em ensaio realizado na Nigéria. A subsolagem no SC (Figura 7), provocou um ligeiro acréscimo na CTC em relação ao mesmo tratamento sem subsolagem, em consequência do incremento de nutrientes, notadamente Ca e Mg em certas camadas, decorrentes do aumento do teor de matéria orgânica.

Os tratamentos SD, SR e ER indicam tendência a apresentar menores valores médios de saturação de alumínio, nos primeiros 5 cm do solo, crescendo, a partir daí, a níveis superiores aos ocorridos nos demais tratamentos, conforme mostra o Apêndice 9. Encontrando resultados semelhantes, BLEVINS et alii (1978) argumentam que o alto teor de matéria orgânica na superfície do solo em SD influência os valores de alumínio. Os resultados apresentados graficamente na Figura 8 evidenciam a influência do manejo dado ao

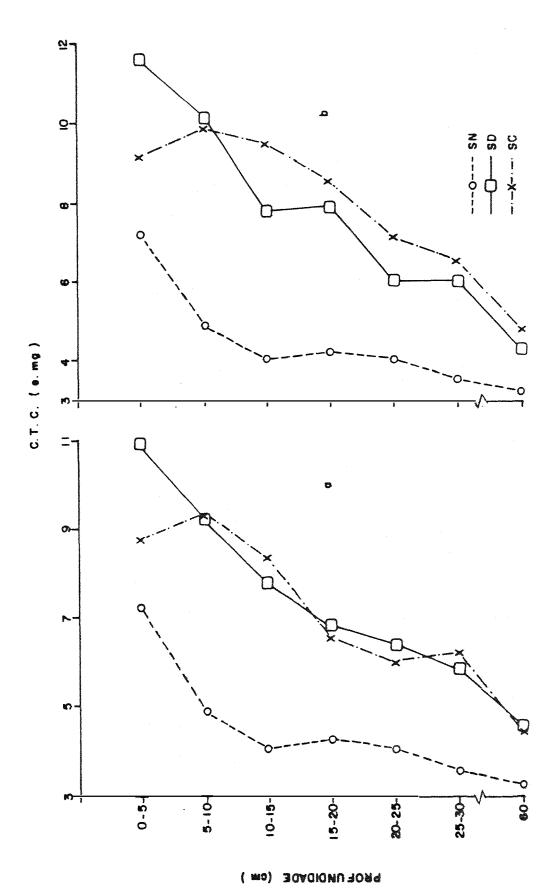
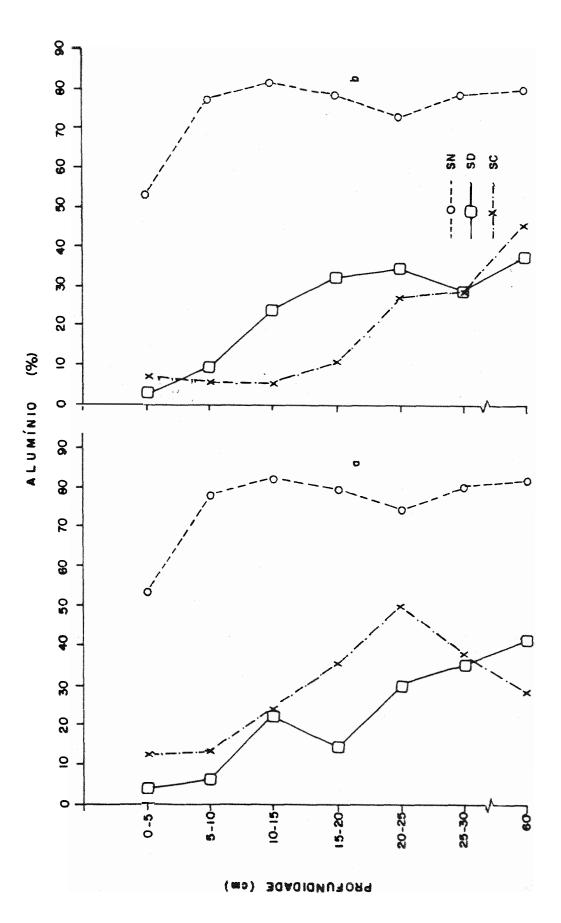


Figura 7: Valores médios de CTC ao pH 7,0 (e.mg/100 cm³ de TFSA), obtidos em diferentes profundidades no solo natural (SN), semeadura direta (SD) e sistema convencional sem subsolagem (a) e com subsolagem (b).



sem Figura 8: Valores médios de saturação de alumínio (%), obtidos em diferentes profundidades no solo natural (SN), semeadura direta (SD) e sistema convencional (SC), subsolagem (a) e com subsolagem (b).

solo, em nove anos de cultivo, em relação à saturação de alumínio em diferentes profundidades.

Assim, pode-se generalizar que houve uma tendência de maior concentração dos nutrientes nos primeiros 5
cm de profundidade para os sistemas em que o solo foi pouco
revolvido (SD, SR e ER) e uma distribuição mais uniforme na
camada arável (0-20 cm) para os de preparo que revolveram o
solo (SC, SP e SI). Apesar de os sistemas de preparo alterarem a distribuição dos nutrientes no solo, pode-se constatar que seus teores na camada arável são considerados de médio a alto, não limitando, portanto, o rendimento do milho.

Ficou também evidenciado que o manejo do solo empregado na área experimental desde o desmatamento (1978) até o ano agrícola 1986/87, provocou uma elevação dos níveis dos macronutrientes e do pH do solo, além da diminuição na concentração de Al trocável, em relação ao solo natural.

Visando a constatação dos níveis de alguns micronutrientes nos diversos sistemas de preparo do solo, procedeu-se ã coleta de amostras do solo logo após a semeadura do milho realizado no ano agrícola 1986/87.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para cobre, ferro, manganês e zinco. Verifica-se que os mesmos estão dentro dos limites considerados como críticos para GALRÃO (1986), não tendo ocorrido, pois, deficiência destes nutri-

Tabela 4. Efeito dos sistemas de preparo do solo nos teores e distribuição de cobre, ferro, manganês e zinco, em amostras coletadas a diferentes profundidades do solo.

Tratamen-	Profundidade	M	licronutrien	te (ppm) (2)
to ⁽¹⁾	(cm)	Cu	Fe	Mn	Zn
	0 - 5	3,9	161	104	2,2
	5 - 10	4,2	159	107	4,1
	10 - 15	4,2	177	75	1,3
SC	15 - 20	4,0	200	43	2,3
	20 - 25	3,7	204	34	1,8
	25 - 30	3,3	196	37	0,9
	60	3,1	160	64	0,4
	0 - 5	3 , 7	120	114	10,0
	5 - 10	4,0	144	96	6,5
	10 - 15	4,1	191	49	4,0
SD	15 - 20	4,5	217	51	2,5
	20 - 25	4,1	218	37	2,8
	25 - 30	3,9	215	40	2,0
	60	3,5	200	33	2,2

⁽¹⁾ SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora. SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida.

⁽²⁾ valores médios de 3 repetições.

entes na cultura do milho. Isto se deve a persistência do efeito residual desses nutrientes, uma vez que a última adubação com micronutrientes foi realizada na forma de FTE BR-9 no ano agrícola de 1981/82.

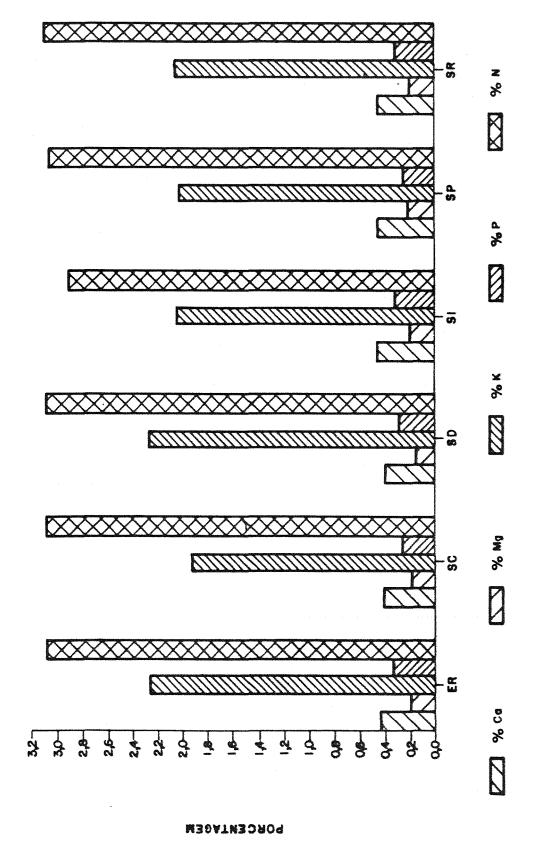
4.2. Análise do Tecido Foliar

As Figuras 9 e 10 representam graficamente os valores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio do tecido foliar do milho para os sistemas de preparo do solo, submetidos ou não a subsolagem.

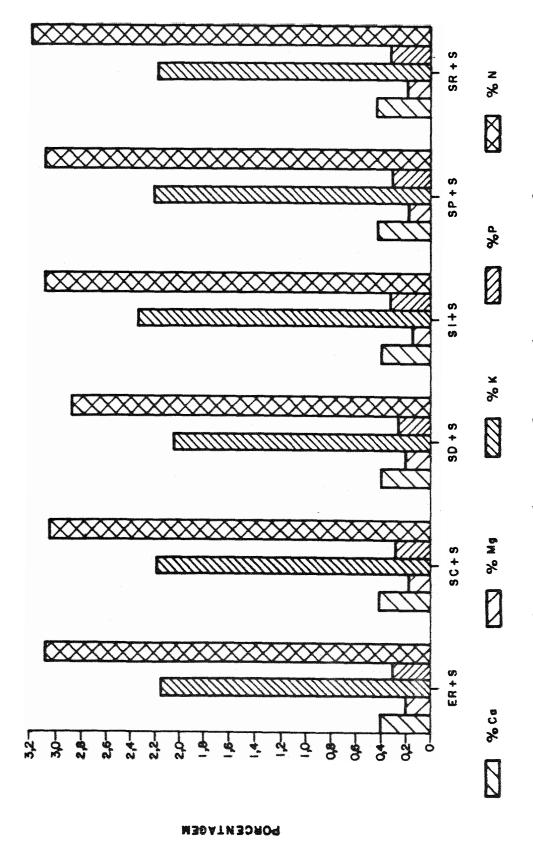
Observa-se que os teores de nitrogênio sao semelhantes em todos os tratamentos. No sistema de SD nao ocorreu deficiência deste nutriente, pois, o milho vem sendo utilizado em rotação com soja, o que segundo MUZILLI (1981), atenua o problema. O valor ligeiramente inferior de N encontrado em SD com subsolagem (Figura 10), com relação aos demais sistemas de preparo pode ser explicado pelo movimento descendente da água que favorece a maior lixiviação de nitrato neste sistema, como sugere THOMAS et alii (1981).

Os niveis de fosforo, também podem ser considerados adequados em todos os tratamentos (Figuras 9 e 10).

O pequeno decréscimo do fosforo em SD com subsolagem (Figura 10), em relação ao mesmo sistema de preparo sem subsolagem



Valores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio do tecido foliar de preparos sistemas %, referentes aos e do milho, expressos subsolagem .. Figura



COM nitrogênio do tecido foliar 5010 preparo de qe %, referentes aos sistemas Figura 10: Valores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e еш do milho, expressos subsolagem

(Figura 9), provavelmente é decorrente da movimentação do solo provocada pelo subsolador, que faz com que o adubo se dilua no perfil do solo, diminuindo a solubilidade e consequentemente sua disponibilidade para as plantas.

A exemplo do que aconteceu com o nitrogênio e o fósforo, os valores de potássio encontrados na folha do milho, podem ser considerados adequados para a cultura. Os maiores valores de K obtidos para folhas de milho cultivado na área de SD sem subsolagem e SI com subsolagem podem ter ocorrido em detrimento da absorção de Mg nestes tratamentos.

Comparando os níveis de cálcio e magnésio obtidos nos diversos tratamentos, constata-se que os mesmos estão próximos da faixa considerada como adequada por MALAVOLTA
& DANTAS (1987).

Com relação aos teores de cobre, ferro, manganês e zinco no tecido foliar do milho, observa-se pela Tabela 5, que esses valores estão acima do nível critico exigido
pela cultura. Tais valores, no geral, são semelhantes em
quase todos os tratamentos, não se observando diferenças significativas entre os tratamentos para os teores médios de
ferro e zinco. A deficiência do Zn é detectada com maior frequência em solos de cerrado, o que torna indispensável a sua
aplicação, na forma de adubo, para a obtenção de altos rendimentos de milho (GALRÃO, 1986).

Tabela 5 Comparação de medias de cobre, ferro, manganes e zinco do tecido foliar do milho, pelo teste Tukey à 5% de probabilidade, valores expressos em ppm.

Preparo .do	Tanan da Maria da Antonio de Anto	Nutrie	entes ⁽²⁾	errer (Professional Landson), et errer (Professional Landson), et en
Preparo do solo(1)	Cu	Fe	Mn	Zn
		sem subso	olagem	
SC	12,67ab	124,00a	110,33a	26,33a
SD	10,00 b	128,67a	75 , 67 b	27 , ∎0a
SI	12,00ab	153 , 67a	103,67ab	23,33a
SP	15,33a	158,33a	115,00a	24,00a
SR	12,00ab	181,33a	95,00ab	25,00a
ER	12,00ab	123 , 67a	92 , 33ab	26,00a
DMS	4,37	71,58	29,92	12,71
CV (%)	9,90	17,00	8,80	15,00
		com subs	olagem	
SC	13,33a	114,33a	106,00 bc	29,67a
SD	12,33a	120,33a	96,67 _C	36,67a
SI	12,67a	149,00a	136,33a	28,00a
SP	12 , 67a	142,67a	120,33abc	28,33a
SR	14,33a	144,00a	126,67ab	29,67a
ER	12 , 67a	134,00a	104,67 bc	31,33a
DMS	4,37	71,58	29,92	12,71
CV(%)	9,90	17,00	8,80	15,00

⁽¹⁾ SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora.

SD: semeadura direta - rocada e aplicação de herbicida. SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora.

SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora.

SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora.

ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora.

⁽²⁾ médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

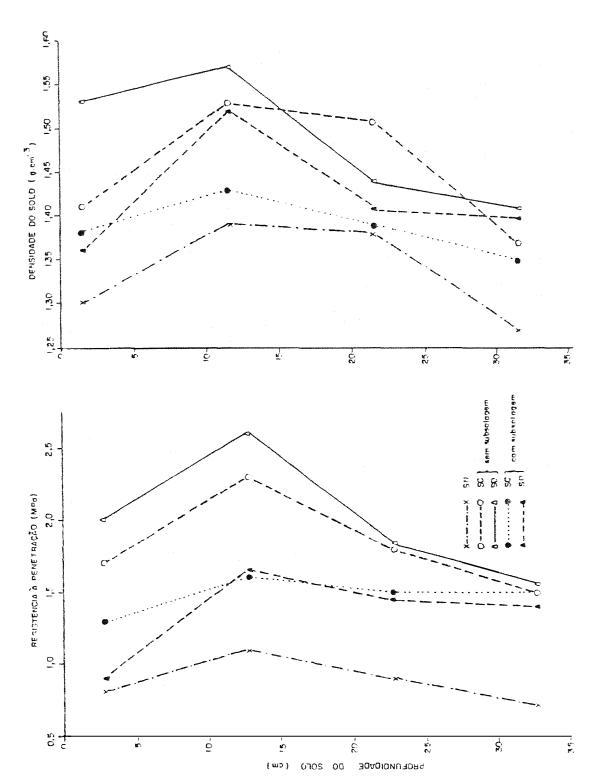
Em geral, pode-se considerar que os teores de macro e micronutrientes concentrados nos tecidos foliares do milho estão dentro da faixa adequada, segundo os níveis estabelecidos por MALAVOLTA & DANTAS (1987). Isto indica que não houve limitação química do solo no suprimento de nutrientes para a cultura do milho.

4.3. Características Físicas do Solo

Os valores médios de resistência à penetração e densidade do solo obtidos para todos os tratamentos estudados estão apresentados no Apêndice 10. A Figura 11, representa graficamente o que ocorreu, em relação a estes parâmetros, no SN e nos sistemas de semeadura direta e convencional, sem e com subsolagem.

Os valores de resistência à penetração e densidade do solo, mostram que houve a tendência de formação de uma camada mais compacta em diferentes profundidades do solo em todos os sistemas de preparo. A intensidade desta camada é variável com a profundidade de atuação dos diversos implementos utilizados no preparo do solo.

Assim em sistemas em que foi empregada a grade pesada (SR, ER, SC, SP, SI), detectou-se compactações entre 10-15 cm. Esta é denominada "pé-de-grade" e ocorreu devido



convencio. Figura 11: Valores de resistência ã penetração (MPa) e densidade do solo (g.cm²), obtidos em diferentes profundidades no solo natural (SN), sistema e semeadura direta (SD), com e sem subsolagem. na1 (SC)

o preparo ter sido feito com grade pesada (aradora), que com o uso contínuo tende a formar camada compactada, como relatam CENTURION (1984), MAZUCHOWSKI & DERPSCH (1984) e SEGUY et alii (1984). Também ocorreu, embora com menos intensidade, no SC e SP a formação de "pé-de-arado", comum onde se utiliza este implemento na mesma área por vários anos, confirmando os resultados de MAZUCHOWSKI & DERPSCH, 1984; CENTURION, 1987 e CASTRO et alii, 1987.

A realização da aração apos a gradagem pesada no SI diminuiu o efeito da compactação neste sistema de preparo, concordando com as conclusões de SEGUY et alii (1984).

No SD a maior compactação ocorreu nos primeiros 15 cm (Figura 11), em decorrência do solo nao ser revolvido e do tráfego que recebe, propiciando este comportamento nestas áreas, como explicam BAUMER & BAKERMANS (1973), VIEIRA & MUZILLI (1984), DERPSCH et alii (1986) e CENTURION (1987).

A ação da subsolagem pode ser analisada pelos valores apresentados no Apêndice 10 e Figura 11. Nesta observa-se que com a subsolagem, tanto SD como SC, apresenta valores de resistência à penetração e densidade do solo mais próximos do SN, ou seja, as camadas mais compactas foram rompidas. A Figura 12, mostra também esta tendência, observada através dos maiores valores de macroporosidade para os tratamentos subsolados (SC + S e SD + S), em relação aos mesmos sistemas não subsolados, sendo que o SN se mantém com

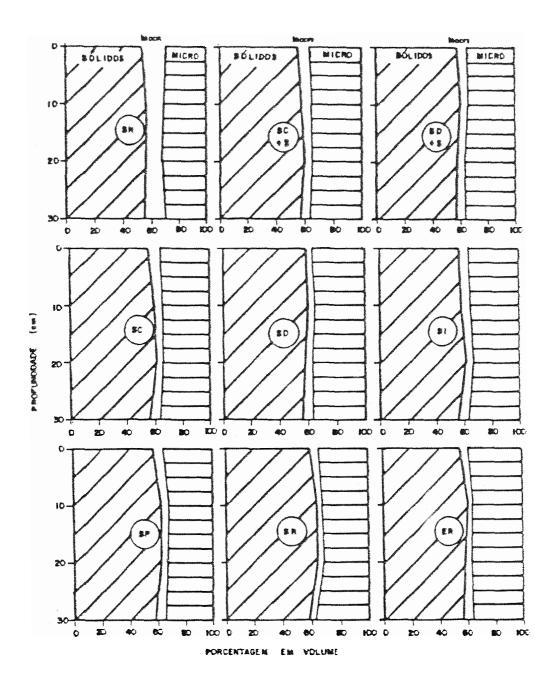
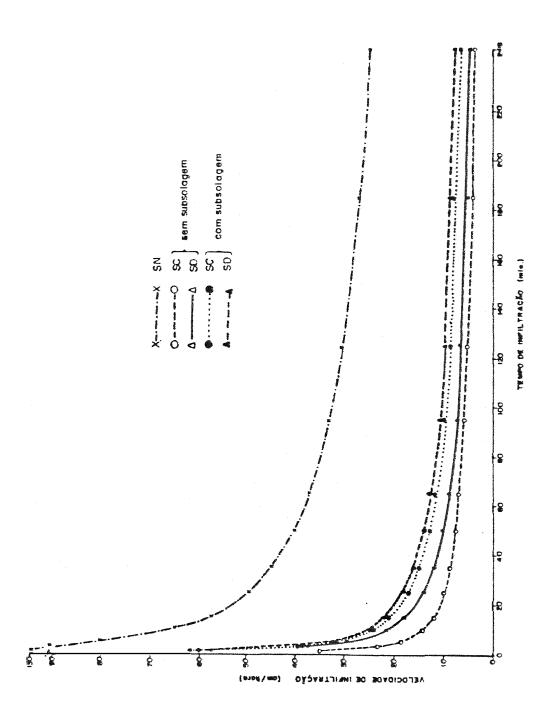


Figura 12: Valores de macroporosidade, microporosidade e porosidade total avaliada, obtidos em diferentes profundidades no solo natural (SN), sistema convencional (SC), semeadura direta (SD), sistema invertido (SI), superpreparo (SP), sistema reduzido (SR), enxada rotativa (ER) sem subsolagem e SC + S e SD + S com subsolagem.

maiores valores de macroporosidade em todo o perfil do solo avaliado. A diminuição da porosidade total e macroporos e aumento da microporosidade observada em todos os sistemas de preparo em relação ao SN como mostram os valores contidos no Apêndice 11 e a Figura 12, sugerem como ressalta VEEN (1981), que existe a tendência de degradação da estrutura do solo, com o uso intensivo da mecanização agrícola.

A velocidade de infiltração de água no solo, Figura 13, indica diferenciação do comportamento hidrodinã-mico do solo em função do sistema de preparo. Os efeitos da subsolagem são constatados, através de valores superiores na infiltração de água, tanto para SC como SD. Porém, os maiores valores foram obtidos para SN. Considerando que a infiltração da água reflete as condições físicas do solo, como estrutura, porosidade e ausência de camadas compactadas (HILLEL, 1970 e BAUMER & BAKERMANS, 1973), deduz-se com isso que no solo estudado, elas sofreram modificações acentuadas, em função do sistema de preparo.

Os valores de umidade do solo representados na Figura 14 e inseridos nos Apêndices 13 a 16, foram obtidos a partir da interpolação da leitura diária dos tensiômetros (Apêndices 17 e 18) com os valores das curvas de retenção de umidade, os quais estão apresentados em forma gráfica nos Apêndices 19 e 20 e na forma de Tabela no Apêndice 21.



COM Figura 13: Valores de velòcidade de infiltração de água (cm/hora) obtidos no solo nae semeadura direta (SD) sem tural (SN), sistema convencional (SC) subsolagem.

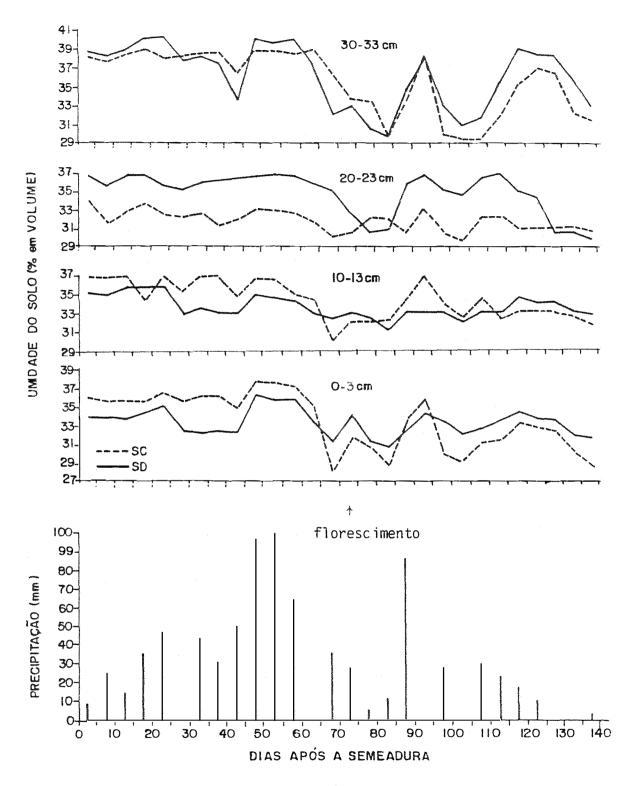


Figura 14: Valores de precipitação e umidade do solo, para as profundidades de 0-3 cm, 10-13 cm, 20-23 cm e 30-33 cm, obtidos para os sistema convencional e de semeadura direta sem subsolagem, durante o ciclo domilho.

Os valores de umidade do solo obtidos em diferentes profundidades para os sistemas de preparo, considerados como representativos da intensidade de revolvimento do solo, SD e SC, estão contidos na Figura 14, juntamente com a distribuição da precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura do milho. Os teores de água semelhantes verificados na profundidade 30 a 33 cm é consequência da pouca alteração ocorrida na estrutura de ambos os tratamentos.

Quando o solo se apresenta com elevado grau de umidade, como aconteceu no período de 50 a 60 dias apos a semeadura, constata-se valores mais elevados para SC, exceto na camada de 20-23 cm. Todavia, nos períodos de menores precipitações, como ocorreu no meio e no final do ciclo cultura, quando o potencial de água do solo está mais dependência de forças de adsorção (HILLEL, 1970), verificam-se valores mais elevados de umidade do solo no SD, nas camadas de 0-3 cm e 10-13 cm. Estas se encontram mais compactas, como pode ser confirmado pelos maiores valores de resistência do solo à penetração e densidade do solo (Figura 11), encontrados para estas camadas.

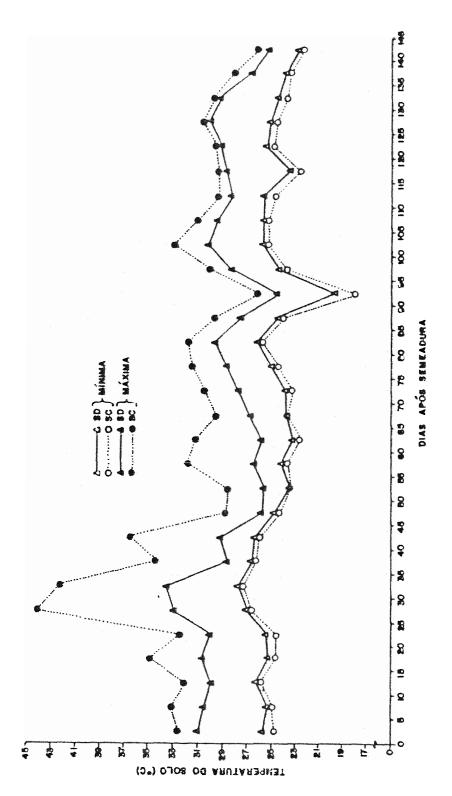
Esses resultados vem confirmar as hipóteses levantadas anteriormente a respeito da formação de camadas compactas em diferentes profundidades do solo em todos os sistemas de preparo testados. Assim, como relata CAMARGO (1983), a camada compactada aumenta a quantidade de água re-

tida na faixa de disponibilidade para as plantas. Contudo, esta disponibilidade deve ser interpretada concomitantemente com a deficiência da aeração e com a resistência mecânica do solo.

A eficiência da cobertura morta advinda de restos culturais, tem sido atribuída por DERPSCH et alii (1986), como o fator mais importante para explicar o maior conteúdo de água encontrado em solo sob plantio direto, quando comparado com o sistema convencional, no Estado do Paraná. Entretanto, no presente trabalho, isto não ocorreu, dado as condições de clima que permite o cultivo de apenas uma cultura economicamente viável por ano agrícola.

Esta cobertura contribuiu para diminuição da temperatura do solo no SD, como pode ser visto na Figura 15, mas não com a mesma eficiência como pode ser verificado através dos resultados de pesquisas realizadas por SIDIRAS & PAVAN (1986) no Paraná.

Embora o manejo dado ao solo tenha provocado alterações em sua estrutura em relação ao seu estado natural, isto não teve maiores consequências, uma vez que a distribuição pluviométrica, durante todo o ciclo da cultura, foi regular, amenizando o problema.



5 cm de profundidade do solo, durante o ciclo do milho, nos sistemas de preparo convencional Figura 15: Valores de temperaturas mínimas e máximas, obtidos à de semeadura direta sem subsolagem.

4.4. Características Agronômicas

As Tabelas 6 e 8 apresentam os resultados referentes às características agronômicas estudadas na cultura do milho cultivado no ano agrícola 1986/87, nos diversos sistemas de preparo do solo com e sem subsolagem. As médias desses valores estão contidas, respectivamente nas Tabelas 7 e 9.

Verifica-se que o estande (Tabela 7) foi superior nos sistemas de preparo com pouco revolvimento do solo, observando-se diferenças estatísticas significativas entre SD e os demais sistemas de preparo, exceto o SR. Esta diferença pode ser atribuída ã subsolagem, pois como demonstra a Tabela 6, quando os sistemas de preparo não foram submetidos a esta operação, não houve diferença estatísticas significativas entre os mesmos. A realização da subsolagem prejudicou ligeiramente o estande em SC, SI e SP. Mas considerando que o espaçamento entrelinhas foi de 90 cm, a população de plantas obtida, no geral, foi próxima āquela que GERAGE & OLIVEIRA (1982) consideram como ideal para a cultura.

O maior número de plantas por metro verificado no SD, é atribuído ao contato mais intenso da semente com o solo como explica MUZILLI (1981). O inverso pode ter ocorrido no SI com subsolagem, resultando no menor estande entre os

e P Comparação de médias de algumas características agronômicas do milho nos diferentes sis-5% €% temas de preparo do solo, submetidos ou não a subsolagem, pelo teste de Tukey a probabilidade. Tabela 6

Preparo do solo	estande ⁽¹⁾ (plantas/m)	Diametro do colmo(1) (cm)	Altura da 1ª espiga(1) (m)	Altura da planta(1) (m)	Tombamento ⁽¹⁾⁽²⁾ (%)
And the second s	And the second s	Sem	subsolagem		
SC	4,24a	2,44ab	1,33a	2,54a	52,88a
SD	4,92a	2,08 b	1,33a	2,53a	54,57a
SI	4,58a	2,42ab	1,31a	2,64a	61,83a
SP	4,22a	2,52a	1,26a	2,49a	51,97a
SR	4,42a	2,40ab	1,31a	2,57a	· 56 ,51a
ЕВ	4,38a	2,40ab	1,33a	2,59a	55,82a
DMS	0,8413	0,4235	0,2362	0,3388	15,9986
do dande anders anders see alles som anders and see and	and the second supposed the second	COM	com subsolagem		
SC	4,12ab	2,70a	1,39a	2,73a	58,81a
SD	4,94a	2,26 b	1,47a	2,66a	45,16a
SI	3,94 b	2,74a	1,35a	2,80a	59,92a
SP	3,96 b	2,72a	1,32a	2,78a	52,48a
SR	4,36ab	2,58ab	1,29a	2,74a	54,36a
ER	4,32ab	2,62ab	1,36a	2,74a	53,91a
DMS	0,8413	0,4235	0,2362	0,3388	15,9986
			The state of the s	A STATE OF THE PROPERTY OF THE	Charles and her formed common and dependent that having the party of the money of the control of

(1) médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

⁽²⁾ valores transformados em arco seno da raiz de $X \mid 100$.

referentes COM Φ S sem subsolagem, apresentadas na Tabela algumas características agronômicas calculadas a partir dos valores de probabilidade a preparo do solo com 2% paradas pelo teste de Tukey a sistema de ੂ ਿ 7. Médias a cada Tabela

Tratamento ⁽¹⁾	estande ⁽²⁾ (plantas/m)	Diāmetro do colmo(2) (cm)	Altura da 1ª espiga ⁽ 2) (m)	Altura da planta(2) (m)	Tombamento(2)(3)
SC	4,18 b	2,57a	1,36a	2 , 64a	55,85a
SD	4,93a	2,17 b	1,40a	2,59a	49,87a
SI	4,26 b	2,58a	1,33a	2,72a	60 , 88a
SP	4,09 b	2,62a	1,29a	2,64a	52,23a
SR	4,39ab	2,49ab	1,30a	2,66a	55 ,4 4a
ER	4,35 b	2,51ab	1 ,35a	2,67a	54 ,87a
	0,5748	0,3442	0,1790	0,2593	
CV res. a(%)	5,12	5,38	5,25	3,81	9,17
CV res. b(%)	8,52	6,25	7,14	5,10	10,82
					Combination to the property of the Control of the C

(1) SC: sistema convencional-aração, gradagens pesada e niveladora.

SD: semeadura direta-roçada e aplicação de herbicída.

SI: sistema invertido-gradagem pesada, aração e gradagem niveladora.

SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora.

SR: sistema reduzído - gradagens pesada e niveladora.

ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora.

probamédias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de bilidade. (2)

(3) valores transformados em arco seno da raiz de $X \mid 100$.

sistemas de preparo testados.

O maior estande do SD, em relação aos outros tratamentos induziu a formação de colmos finos. Associado a isto, estã o pouco revolvimento do solo, pois plantas sob SR e ER também apresentaram diâmetro do colmo menor que os outros sistemas de preparo, como pode ser verificado na Tabela 7.

A subsolagem provocou a formação de plantas com colmos mais grossos (Tabela 6), na maioria dos tratamentos, sugerindo um aumento na exploração do volume do solo, principalmente na camada 10-20 cm, provocando uma maior concentração de raízes nesta profundidade, como revela os valores de peso seco de raiz apresentados na Tabela 8.

Os valores obtidos para altura da primeira espiga e da planta, tanto para os sistemas de preparo analisados separadamente em relação a subsolagem (Tabela 6), como a média desses tratamentos (Tabela 7) não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Considerando que o SD possui o maior estande era de se esperar plantas mais altas em relação aos demais tratamentos, a exemplo do que verificaram VIEGAS & PEETEN (1987), mas isto não ocorreu, provavelmente em decorrência da compactação na camada superficial deste sistema. Esta compactação provocou uma resistência mecânica à penetração das raízes, limitando assim a exploração pelas mesmas, de grande volume de solo.

Plantas mais altas, como as que ocorreram no SI, estão mais sujeitas ao tombamento provocado pela ação do vento. Entretanto, os efeitos provocados pela subsolagem, rompendo as camadas compactadas e facilitando o aprofundamento e fixação das raízes pode ser constatado pela diferença na porcentagem de tombamento determinada para SD sem e com subsolagem.

As altas porcentagens de tombamento, ocorreram devido a incidência de ventos de 90 km/hora na área, ocorridos por ocasião do final do ciclo da cultura. Plantas altas e com raízes superficiais tendem a se acamarem com mais facilidade, dificultando a colheita mecanizada. Por isso, no presente ensaio fez-se necessária a realização da colheita manual.

As Tabelas 8 e 9 contém os valores obtidos para peso seco de raiz, peso de 100 grãos e rendimento de grãos.

A compactação superficial ocorrida no SD, a exemplo do que obteve LAL (1985b), impediu a penetração de raízes, apresentando em consequência menores valores de peso seco destas na camada de 0-10 cm, em relação aos demais sistemas de preparo, como pode ser visto na Tabela 9. Entretanto, a ação da subsolagem neste sistema, fez com quea concentração de raízes nesta camada tivesse distribuição semelhante aos demais sistemas de preparo, exceto ao SP, onde o revolvimento do solo provocado pelas arações, facilitou

temas de preparo do solo, submetidos ou não a subsolagem, pelo teste de Tukey a 5% de pro-8 . Comparacão de médias de algumas características agronômicas do milho nos diferentes babilidade. Tabela

(C) (C)	Pε	Peso de raiz/planta (g) ⁽¹⁾	(g)(1)	(1)	Rendimento de
Preparo do solo	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	reso de 100 graos (g.)	(kg/ha)
		sem subsolagem	зеш		
SC	11,12a	1,00a	0,54a	30,82a	5454,4a
SD	8,04a	0,88a	0,54a	29,06a	4189,6 b
SI	9,76a	0,98a	0,50a	30,28a	5875,2a
SP	9,70a	1,00a	0,52a	30,70a	5219,8a
SR	12,62a	0,76a	0,64a	30,26a	5632,0a
ER	12,88a	0,80a	0,46a	30 , 60a	5591,6a
SWO	9,8080	0,5795	0,2426	2,0726	888,1505
		com subsolagem	net		
SS.	13,42 b	0,94a	0,48a	30,60a	5280,2a
SD	13,14 b	1,06a	0,60a	29,86a	5324,0a
SI	13,74 b	1,14a	0,62a	30,52a	5434,6a
Sp	23,62a	1,20a	0,52a	30,20a	5140,0a
SR	16,64 b	1,42a	0,58a	30,34a	5561,0a
ER	17,22ab	1,14a	0,48a	30,06a	5508,0a
	6,8080	0,5795	0,2426	2,0726	388,1505
	-			siden Material, manus and a supply propriet in the supplementation of the supplementation o	Construction of the complete space of the property of the prop

(1) médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

15 compa -. Médias de algumas características agronômicas calculadas a partir dos valores referentes Q) ∞ e sem subsolagem, apresentadas na Tabela de probabilidade. cada sístema de preparo do solo com 2% radas pelo teste de Tukey a σ Tabela

(1)	Peso sec	Peso seco de raiz/planta (g) ⁽²⁾	a (g)(S)	(2)	Rendimento de
ו מ רמווגון רח	0-10 ст	10-20 сш	20-30 cm	reso de 100 graos (g)	(kg/ha)
SC	12,27ab	0,97a	0,51a	30,71a	5367,3ab
SD	10,59 b	0,97a	0,57a	29,46a	4756,8 b
SI	11,75ab	1,06a	0,56a	30,40a	5654,9a
SP	16,66a	1,10a	0,52a	30,45a	5179,9ab
SR	14,63ab	1,09a	0,61a	30,30a	5596,5ab
ER	15,05ab	0,97a	0,47a	30,33a	5549,8ab
e ce	5,6829	0,4887	0,1570	1 4431 1 3 4 4 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3	876,8637
CV res. a(%)	16,40	18,53	11,32	1,86	6,38
CV res. b(%)	17,70	19,36	20,57	2,99	8,57

(1) SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora.
SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida.
SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora.
SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora.
SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora.
ER: enxada rotativa - gradagens pesada, enxada rotativa e gradagem nive

enxada rotativa - gradagens pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora.

médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de proba-bilidade (2)

a concentração de raízes nesta camada.

Comparando os valores de peso seco das raízes das plantas nos diversos sistemas de preparo, submetidos ou não à subsolagem nas diferentes profundidades (Tabela 8), constatou-se que a ação da subsolagem é mais eficaz nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm em relação a 20-30 cm. Isto indica que o subsolador não atuou de maneira uniforme em todos os sistemas de preparo. A sua eficiência na mobilização do solo variou com a resistência mecânica oferecida em cada sistema de preparo do solo.

Embora VEEN & BOONE (1981) ressaltam que a influência da resistência mecânica na morfologia da raiz tem consequência para a absorção de ions, no presente trabalho isto não ocorreu, pois praticamente não houve variações nos teores de nutrientes no tecido foliar do milho, em função dos preparos adotados (Figuras 10 e 11 e Tabela 5).

O estudo da anatomia de raízes realizado através de lâminas histológicas para SD e SC com e sem subsolagem está ilustrado na Figura 16. Nesta pode-se observar que os vasos condutores (xilema e floema) apresentam-se semelhantes nos tratamentos analisados, indicando que, apesar dos preparos provocarem compactação do solo com consequentes alterações na distribuição do sistema radicular, isto não alterou a anatomia das raízes. Estas plantas, como explica CAMARGO (1983), vivendo em solo com alta resistência mecâni-

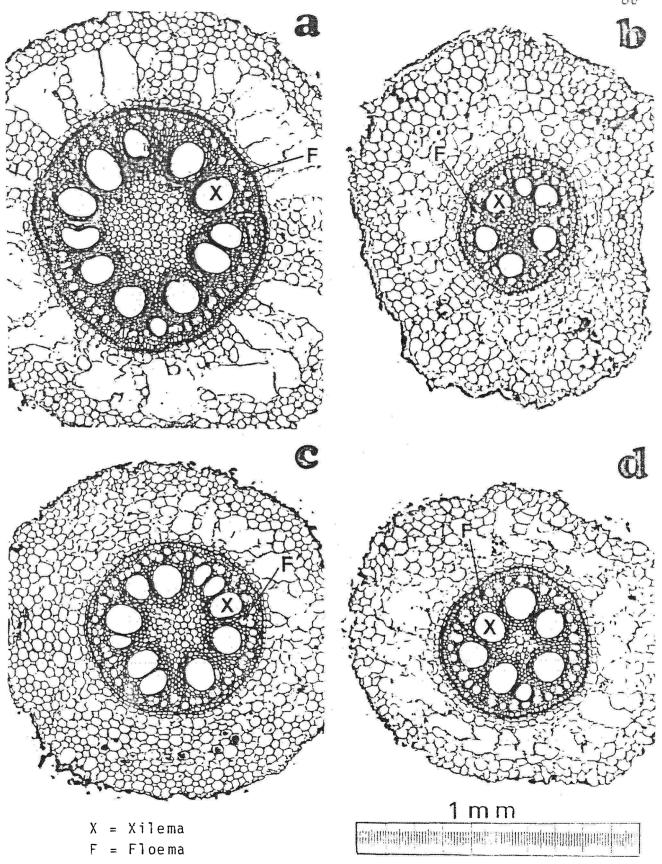


Figura 16. Fotomicrografias obtidas à partir do corte transversal de raizes de milho, cultivado em sistemas de preparo convencional sem subsolagem (a), com subsolagem (b) e semeadura direta sem subsolagem (c) e com subsolagem (d)

ca so sofrera quando o suprimento de agua e nutrientes for escasso, o que não ocorreu no presente ensaio.

Os resultados indicaram haver pouca influência dos sistemas de preparo testados no peso de 100 grãos (Tabelas & e 9), jã que valores semelhantes foram obtidos em todos os tratamentos.

As alterações na distribuição e acúmulo de nutrientes e principalmente na estrutura do solo, provocaram variações no rendimento de grãos de milho nos tratamentos estudados. Considerando a média dos sistemas de preparo do solo com e sem subsolagem, como mostra a Tabela 9, verifica-se que os menores rendimentos foram encontrados no SD, embora não diferindo significativamente dos demais tratamentos, exceto do SI, que apresentou-se mais produtivo. Resultado semelhante foi observado por SEGUY et alii (1984) os quais sugerem, que para áreas de cerrado o preparo deve ser invertido em relação ao convencional, diminuindo os efeitos maléficos da compactação.

Observando-se os efeitos da subsolagem dentro dos sistemas de preparo do solo, verifica-se que os valores do SD sem subsolagem são estatisticamente inferiores aos demais tratamentos, como demonstram os dados da Tabela 10. Provavelmente esta baixa produtividade é decorrente da formação de camadas compactas induzidas por este sistema de preparo, principalmente próximo à superfície do solo.

O sucesso da semeadura direta está na dependência do uso da sucessão de culturas e da cobertura vegetal (DERPSCH et alii, 1986), a qual minimiza os efeitos da compactação superficial de acordo com os resultados obtidos no Estado do Paraná por VIEIRA (1985). A ausência de cobertura morta sobre a superfície do solo em SD, pode ter sido o fator responsável pela menor produtividade obtida neste sistema. Portanto, o uso de SD em solo de cerrado, a longo prazo, como ocorreu no presente ensaio, tende a aumentar a compactação superficial, podendo tornar inviável a sua utilização.

Com a realização da subsolagem nos diversos sistemas de preparo, o rendimento de grãos foi semelhante, não apresentando diferenças estatísticas significativas entre os preparos, como mostra a Tabela 10.

Assim nas condições edafoclimáticas em que foi conduzido o ensaio, a exemplo do que observaram REEVES & TOUCHTON (1986), é necessário a realização de subsolagem para SD, visando romper a camada compactada que se forma próximo a superfície do solo. Esta técnica visa facilitar o crescimento de raízes em solo compactado (IDE et alii, 1987). BOX & LANGDALE (1984), recomendam ainda que tal subsolagem deve ser realizada na linha do milho para aumentar a produção devido o maior aprofundamento do sistema radicular.

Embora o uso e manejo da area experimental, em nove anos de cultivo, tenha provocado degradação das pro-

Tabela ¹⁰. Comparação de médias de rendimentos de grãos de milho (kg/ha) nos diversos sistemas de preparo de solo em relação à subsolagem, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Preparo do solo ⁽¹⁾	Subsolagem		
	sem ⁽²⁾	c om (2)	
SC	5454,4a	5280,2a	
SD	4189,6 b	5324,0a	
SI	5875,2a	5434,6a	
SP	5219,8a	5140,0a	
SR	5632,0a	5561,0a	
ER	5591,6a	5508,0a	
DMS	598,5377	598,5377	
Média ⁽²⁾	5327,1a	5374,6a	
DMS	244,3519	244,3519	

⁽¹⁾ SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora.

SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida.

SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora.

SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora.

SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora.

ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora.

⁽²⁾ médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

priedades físicas do solo, em relação ao SN, observa-se que os rendimentos obtidos em todos os tratamentos, estão bem acima da média nacional, que segundo VIEGAS & PEETEN (1987) é da ordem de 1,5 a 2,0 t/ha. Isto sugere que o uso de tecnologia é indispensável em áreas sob vegetação de cerrados, para que estas possam ser incorporadas ao processo produtivo do País.

5. CONCLUSOES

Pela interpretação dos resultados do presente trabalho, pode-se concluir que:

- 1. Não houve respostas significativas em termos de rendimento de grãos de milho em relação aos tratamentos testados. O sistema de preparo invertido sem subsolagem foi o que apresentou uma tendência de melhor resposta.
- 2. A maior concentração de nutrientes na camada superficial do solo (0 a 10 cm), nos sistemas submetidos ao menor revolvimento do solo (semeadura direta, reduzido e com enxada rotativa), assim como, a distribuição mais uniforme dos nutrientes na camada de 0 a 20 cm nos sistemas convencional, superpreparo e invertido, não afetaram o rendimento de grãos de milho.
- 3. Os sistemas de preparo submetidos ou não à subsolagem não influenciaram de forma marcante a absorção de nutrientes pelas plantas, visto que nas análises do tecido foliar os teores de nutrientes atingiram níveis próximos ao ideal em todos os tratamentos.

- 4. Houve degradação das propriedades físicas, em relação ao solo natural, mas esta pouco afetou a produtividade do milho, uma vez que a distribuição pluviométrica, durante todo o ciclo da cultura foi regular, amenizando o problema.
- 5. A subsolagem propiciou melhores condições físicas do solo em todos os sistemas de preparo testados. Entretanto, em termos de produtividade so foi efetiva no sistema de semeadura direta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALMEIDA, F.S. & RODRIGUES, B.N. Plantio direto. In: ALMEIDA, F.S. & RODRIGUES, B.N., ed. *Guía de herbicidas*. Londrina, IAPAR, 1985, p.341-99.
- ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C.; PACHECO, E.B. Preparo do solo.

 In: Informe Agropecuário. Belo Horizonte, EPAMIG, 1987.

 nº 147, p.40-5.
- BAUMER, K. & BAKERMANS, W.A.P. Zero-tillage. Adv. in Agron.

 New York, 25: 77-125, 1973.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Fisica de suelos.

 México, Ed. Hispano-Americana, 1973. 529p.
- BENATTI Jr., R. Efeito do manejo convencional e reduzido na cultura do milho (Zea mays, L.) em quatro solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1981. 92p. (Doutorado Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BERTRAND, A.R. Rate of water intake in the field. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison. Amer. Soc. Agron., 1: 197-209, 1965.

- BEZERRA, J.E.S. Influência de sistemas de manejo do solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico Distrófico, fase terraço, e sobre a produção de milho (Zea mays L.). Viçosa, 1978. 61p. (MS Universidade Federal de Viçosa).
- BLEVINS, R.L.; MURDOCK, L.W.; THOMAS, G.W. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn.

 Agronomy Journal. Madison, 70: 322-6, 1978.
- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELIUS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continous corn. Agron. J., Madison, 69: 383-6, 1977.
- BOONE, F.R. & VEEN, B.W. The influence of mechanical resistance and phosphate supply on morphology and function of maize roots. J. Agric. Sci., Netherlands, 30: 179-92, 1982.
- BOX, J.E. & LANGDALE, G.W. The effects of in-row subsoil tillage and soil water on corn yields in the southeastern coastal plain of the united states. Soil & Tillage Research, Amsterdan, (4): 67-78, 1984.

- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 4 ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1976, 594p.
- CAMARGO, O.A. Compactação do solo e desenvolvimento das plantas. Campinas, Fundação Cargill, 1983, 44p.
- CASTRO, O.M. de; VIEIRA, S.R.; MARIA, I.C. de. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: VIÉGAS, G.P., ed. Simposio sobre o manejo de água na agricultura. Campinas, Fundação Cargill, 1987, p.27-51.
- CATEN, A. Influência de sistemas de cultivo nas características químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, argiloso, originalmente sob cerrado. Lavras, 1982, 122p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- CENTURION, J.F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira.

 Científica. São Paulo, 10(1): 57-61, 1982.
- CENTURION, J.F. Efeitos de sistemas de preparo do solo na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merril) em solos de cerrado. Piracicaba, 1984, 127p. (Mestrado Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- CENTURION, J.F. Efeitos de diferentes sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob vegetação de cerrado e na cultura do milho. Cientifica, São Paulo, 15 (1/2): 1-8, 1987.

- CENTURION, J.F.; FERNANDES, F.M.; NASCIMENTO, V.M. Efeito de sistemas de preparo do solo na cultura da soja em sucessão com trigo e sorgo. In: II Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, Anais. EMBRAPA, CNPSo. Brasília, 1982, p.162-6.
- CENTURION, J.F. & DEMATTÉ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 9(3): 263-6, 1985.
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I.; FERNANDES, F.M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 9(3): 267-70, 1985.
- CORREA, L.A. & CRUZ, J.C. Plantio direto. In: Informe Agropecuário. Belo Horizonte, EPAMIG, 1987, nº 147, p.46-52.
- DANIEL, L.A. Análise do comportamento da cultura de milho (Zea mays L.) em rotação com soja (Glycine max (L.) Merrill) cultivados através dos sistemas de "plantio direto" e "convencional" em diferentes épocas do ano, com e sem irrigação. Jaboticabal, 1981, 111p. (MS Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal/UNESP).
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison. Amer. Soc. Agron., 1: 545-67, 1965.

- DEMATTE, J.L.I. Levantamento detalhado dos solos do "Campus" Experimental de Ilha Solteira. Piracicaba, 1980,
 131p.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Parana, Brazil. Soil & Tillage Research, Amsterdam, (8): 253-63, 1986.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório Técnico Anual. Brasília, 1980, 170p.
- ESTES, G.O. Elemental composition of maize grown under no-till and conventional tillage. Agronomy Journal, Madison, 64: 733-5, 1972.
- FINK, R.J. & WESLEY, D. Corn yield as affected by fertilization and tillage system. Agronomy Journal. Madison, 66(1): 70-1, 1974.
- FORSYTHE, W.M. Las propriedades físicas, los factores físicos de crescimento y la productividade del suelo. Fito-tecnia Latinoamericana. Costa Rica, 4(2): 165-76, 1969.
- GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos cerrados - tecnologías e estratégias de manejo. Brasília, EMBRAPA/CPAC, 1986, p.237-59.

- GAMERO, C.A. Efeitos dos tipos de preparo sobre características do solo e da cultura do milho (Zea mays L.). Piracicaba, 1985, 102p. (Doutorado Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- GERARD, C.J.; SEXTON, P.; SHAW, G. Physical factors influencing soil strength and root growth. Agronomy Journal, Madison, 74: 875-9, 1982.
- GERAGE, A.C. & OLIVEIRA, E.L. Espaçamento e densidade de semeadura. In: O milho no Paranã. Londrina, IAPAR, 1982, p.105-8 (Circular IAPAR, 29).
- GLÓRIA, N.A.; CATANI, R.A.; MATUO, T. A determinação da capacidade de troca de cátions do solo pelo método do EDTA.

 Revista Agricultura, 40: 139-98, 1965.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 7 ed. Piracicaba, Livraria Nobel, 1977, 430p.
- GRIFFITH, D.R.; MANNERING, J.V.; MOLDENHAUER, W.C. Conservation tillage in the Eastern Corn Belt. J. Soil and water conservation, 32(1): 20-8, 1977.
- GUEDES, L.V.M.; WILES, T.L.; VEDOATO, R.A. Ensaio de longo prazo com comparações entre plantio direto, preparo minimo e plantio convencional. In: I Seminario Nacional de Pesquisa de Soja, Anais, CNPSo. Londrina, 1979, p.59-65.

- HEWITT, J.S. & DEXTER, A.R. Effects of tillage and stubble management on the structure of a swelling soil. Soil Sci. J., 31(2): 203-15, 1980.
- HILLEL, D. Solo e agua; fenômenos e principios fisicos. Porto Alegre. UFRGS, 1970, 231p.
- IDE, G.; HOFMAN, G.; OSSEMERCT, C.; RUYMBEKE, M.V. Subsoiling: time dependency of its beneficial effects. Soil &
 Tillage Research, Amsterdam, (10): 213-23, 1987.
- IKE, L.F. Soil and crop responses to different tillage practices in a ferruginous soil in the Nigerian savanna. Soil & Tillage Research, Amsterdam, (6): 261-72, 1986.
- IKE, I.F. Influence of tillage practice and nitrogen and phosphorus fertilizer rates on crop yield in the tropical savanna. Soil Science, Baltimore, 143(3): 213-19, 1987.
- IKUMA, E.S. Efeitos da compactação do solo, níveis de água e nitrogênio no desenvolvimento do milho (Zea mays L.). Jaboticabal, 1983. 33p. (Trabalho de graduação Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal/UNESP).
- JOHANSEN, D.A. Plant microtechnique. New York, McGraw-Hill Book, 1940, 523p.
- KANG, B.T.; MOODY, K.; ADESINA, J.O. Effects of fertilizer and weeding in no-tillage and tilled maize. Fert. Res., 1: 87-93, 1980.

- KAWASAKI, H.; IWATA, F.; MESQUITA FILHO, M.V. Estudo do desenvolvimento do sistema radicular da soja no cerrado. In:

 Relatório parcial do projeto da cooperação em pesquisa agricola nos cerrados do Brasil, 1978-1980. EMBRAPA/CPAC/

 JICA, Brasília, 1980, p.158-73.
- KAYOMBO, B. & LAL, R. Effects of soil compaction by rolling on soil structure and development of maize in no-till and disc ploughing systems on a tropical alfisol. Soil & Tilleage Research, Amsterdam, (7): 117-34, 1986.
- LAL, R. Effects of constant and fluctuating soil temperature on growth, development and nutrient up take of maize seedlings. Plant and soil, 40: 589-606, 1974.
- LAL, R. No-tillage effects on soil conditions and crop response on an Alfissol in Southern Nigeria. Amer. Soc. Agron. Abstr., 38p., 1975.
- LAL, R. No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. Soil Sci. Soc. Am. J., 40: 762-68, 1976.
- LAL, R. Mechanized tillage systems effects on properties of a tropical alfisol in watersheds cropped to maize. Soil & Tillage Research, Amsterdam, (6): 149-61, 1985a.
- LAL, R. A soil suitability guide for different tillage systems in the tropics. Soil & Tillage Research, Amsterdam, (5): 179-96, 1985b.

- LARSON, W.E. Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28(1): 118--22, 1964.
- MACHADO, J.A. & BRUM, A.C.R. Efeitos de sistemas de cultivos em algumas propriedades físicas do solo. Rev. Bras. de Ciência do Solo, Campinas, 2(2): 81-3, 1978.
- MACHADO, J.A.; SOUZA, D.M.P.; BRUM, A.C.R. de. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 5(3): 187-9, 1981.
- MALAVOLTA, E. & DANTAS, J.P. Nutrição e adubação do milho.

 In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P., ed. Melhoramento e produção de milho. Campinas, Fundação Cargill, 1987, vol. 2, cap. 13, p.541-93.
- MANTOVANI, E.C. A soil surface traffic corn yield model for a soil under 'cerrado' vegetation in Brazil with less than 10 years of cultivation. West Lafayette, 1984, 148p. (Doutorado Purdue University).
- MAZUCHOWSKI, J.Z. & DERPSCH, R. Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas. Curitiba, ACARPA, 1984, 68p.
- MEDEIROS, J.B.; CRUZ, J.C.; SILVA, A.F. Espaçamento e densidade de plantas nas cultivares Piranão e IAC HMD-7974 (Nota previa). In: Reunião Brasileira de Milho e Songo,

- 11, Piracicaba, ESALQ, 1976, p.433-7.
- MORAES, W.V. Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivo. Lavras, 1984, 107p. (Mestrado Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- MUZILLI, O. Desenvolvimento e produtividade das culturas cultura do milho. In: Plantio direto no Estado do Paranã. Londrina, IAPAR, 1981, p.203-7. (Circular IAPAR, 23).
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. Rev. Bras. Ci. Solo. Campinas, 7(1): 95-102, 1983.
- MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: Atualização em plantio direto. Campinas, Fundação Cargill, 1985, p.3-16.
- OJENIYI, S.O. Effect of zero-tillage and disc ploughing on soil water, soil temperature and growth and yield of maize (Zea mays L.). Soil & Tillage Research, Amsterdam, (7): 173-82, 1986.
- PARRA, M.S. Dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes num Latossolo Roxo distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e a diferentes sucessões de culturas. Viçosa 1986, 94p. (MS Universidade Federal de Viçosa).

- PEARSON, R.W. Soil environment and root development. In:

 PIERRE, W.H.; DON, K.; BESEK, S.; SHAW, R., ed. Plant

 environment and efficient mater use. Madison, American

 Society of Agronomy, 1966, p.95-126.
- PHILLIPS, R.E.; BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; FRYE, W.W.;
 PHILLIPS, J.H. No-tillage Agriculture. Science, 108
 (448): 1110, 1980.
- RAIJ, B.V. Avaliação da fertilidade do solo. Instituto da Potassa e Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, ed. Piracicaba, 1981. 142p.
- RAIJ, B.V. & ZULLO, M.A.T. Métodos de análise de solo. Campinas, Inst. Agron., 1977. 16p. (Circular 63).
- RAMOS, M.G. Sistemas de preparo minimo do solo: Técnicas e perspectivas para o Paranã. Estação Experimental de Ponta Grossa, IPEAME, Ponta Grossa, 1974. 17p. (Mimeografado).
- RAMOS, M. & DEDECEK, R. Efeitos de sistemas de preparo do solo e modos de aplicação de fertilizantes na produção de soja. Anais do 15º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 1975. p.555-8.
- RANDO, E.M. Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo Distrófico, ocasionados pelo

- cultivo convencional. Lavras, 1981. 160p. (Mestrado Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- REEVE, M.J.; SMITH, P.D.; THOMASSON, A.J. The effect of density on water retention properties of field soils.

 Soil Sci. J., 24(3): 355-67, 1973.
- REEVES, D.W. & TOUCHTON, J.T. Effects of in-row and interrow subsoiling and time of nitrogen application on growth, stomatal conductance and yield of strip-tilled corn. Soil & Tillage Research, Amsterdam, (7): 327-40, 1986.
- RICHARDS, L.A. Pressure apparatus, construction and use. Agron. Eng., 28: 451-4, 1947.
- RUSSELL, J. & RUSSELL, E.W. Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas. 4.ed. Madrid, Aquilar, 1968. 801p.
- SACCHI, E. Sistemas de preparo do solo: efeitos no solo e na produção de milho (Zea mays L.). Piracicaba, 1982. 97p. (Doutorado Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SANCHES, P.A. Suelos del trópico, características y manejo. São José, Costa Rica, IICA, 1981, 634p.
- SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G.; BLUMENSCHEIN, F.N.;

 DALL'ACQUA, F.M. Técnicas de preparo do solo: efeitos na

 fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas

 e na conservação de água. Circ. Téc. EMBRAPA/CNPAF, (17):

- 1-26, 1984.
- SHEAR, G.M. & MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the no-tillage and conventional practices. Agronomy Journal. Madison, 61(4): 524-26, 1969.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 10(3): 181-4, 1986.
- SIDIRAS, N. & ROTH, C.H. Infiltration measurements with double-ring infiltrometers and rainfall simulator under different surface conditions on an oxisol. Soil & Tillage Research, Amsterdam, (9): 161-8, 1987.
- SILVA, I.F. Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo. Porto Alegre, 1980. 70p. (MS Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- TAYLOR, H.H. & BURNETT, E. Influence of soil strength on the root-growth habits of plants. Soil Science. Baltimore, 98(3): 1974-80, 1964.
- TAYLOR, H.M. & RATLIFF, L.F. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function on soil strength and soil water contend. Soil Sci. Baltimore, 108(2): 113-9, 1969.
- THOMAS, G.W.; WELLS, K.L.; MURDOCK, L. Fertilization and liming. In: PHILLIPS, R.E.; THOMAS, G.W.; BLEVINS, L.,

- ed. No Tillage Researches. Research Reports and Reviews, Kentucky, 1981. p.43-54.
- VEEN, B.W. & BOONE, F.R. The influence of mechanical resistance and phosphate supply on morphology and function of corn roots. *Plant and soil*, Netherlands, 63: 77-81, 1981.
- VIEGAS, G.P. Práticas culturais. In: PATERNIANI, E., coord.

 Melhoramento e produção de milho no Brasil. Piracicaba,

 ESALQ, Marprint, 1978, cap. 11. p.376-416.
- VIEGAS, G.P. & PEETEN, H. Sistemas de produção. In: PATER-NIANI, E. & VIEGAS, G.P., ed. Melhoramento e produção de milho. Campinas, Fundação Cargill, 1987, vol. 2, cap. 12, p.453-538.
- VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: Atualização em plantio direto. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.163-79.
- VIEIRA, M.J. & MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 19(7): 873-82.
- WAGNER, E. Desenvolvimento da região dos cerrados. In: GOE-DERT, W.J., ed. Solos dos cerrados - tecnologías e estratégias de manejo. Brasília, EMBRAPA/CPAC, 1986. p.19--31.

WIETHOLTER, S. Comparação de métodos de preparo do solo na sucessão de culturas trigo-soja. Porto Alegre, 1975.91p. (MS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

APÊNDICE

- Apêndice 1: Descrição morfológica dos horizontes do perfil do Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa
- Ap 0-15 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argila; granular, pequena a média, moderado a forte; duro, firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.
- A₃ 15-30 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argila; blocos e granular, moderado; friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.
- B₂₁ 30-100 cm; vermelho escuro acinzentado (10R 3/4); franco argilo arenoso; maciço, poroso, muito fraco; macio, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.
- B₂₂ 100-170 cm+; vermelho escuro (10R 3/6); franco argilo arenoso; maciço, muito fraco, macio, muito friável, plástico e pegajoso.

. Comparação de médias de matéria orgânica (%), obtidas em diferentes profundidades do solo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Apendice 2

CV(%)	6,9	12,2	14,5	18,0	15,0	16,7	12,8
DMS	62,0	0,64	0,56	0,53	0,51	0,40	0,25
• ER(2)	2,21b	2,30a	1,98a	1,49a	1,35a	1,09a	0,72a
SR ⁽²⁾	2,15b	2,04a	1,64a	1,44a	1,24a	1,09a	0,75a
Sp(2)	1,96b	1,93a	1,81a	1,61a	1,27a	1,24a	0,75a
\$1(2)	2,01b	2,01a	1,92a	1,72a	1,27a	1,24a	0,75a
SD(2)	2,90a	2,30a	1,67a	1,58a	1,29a	1,18a	0,83a
SC (2)	1,996	1,98a	1,84a	1,55a	1,32a	1,12a	0,78a
Tratamento ⁽¹⁾ Profundidade (cm)	s ~ 0	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	09

(1) SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora. SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida. SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora. SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora. SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora. ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem nive

enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora.

(2) medias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

o l ad 3 . Comparação de médias de fósforo (ppm) obtidas em diferentes profundidades do solo, 5% de probabilidade in de Tukey tes te Apendice

CV(%)	20,0	21,6	22,2	22,4	24,8	17,4	19,1
DMS	32,67	20,31	00,6	5,25	2,05	0,63	0,36
ER(2)	52ab	56a	38a	13c	За	1,5a	1,1a
SR ⁽²⁾	66a	67a	25b	p9	3a	1,4a	1,0a
Sp(2)	31b	34bc	25b	19ab	3a	1,3a	1,0a
SI(2)	59ab	51ab	43a	22a	3a	1,3a	1,0a
SD(2)	67a	25c	ဥင	3d	2a	1,3a	1,0a
SC (2)	32b	32bc	22b	14bc	3a	1,3a	0,9a
Tratamento ⁽¹⁾ Profundidade (cm)	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30 ⁽³⁾	60(3)

SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora. SD: semeadura direta - rocada e aplicação de herbicida. SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora. SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora. SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora. ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora. Ξ

si. (2) medias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre

(3) valores transformados em raiz (X + 0,5).

profund i -. Comparação de médias de potássio (emg/100 cm³ de TFSA), obtidas em diferentes de probabilidade, 2% Ind dades do solo, pelo teste de Tukey Apendice 4

Tratamento(1)	(2)	cn(2)	cr(2)	cn(2)	(2)	r. (2)	CATALOR CONTRACTOR CON	(0) (0)
Profundidade (cm)	JC) O	0.10	70	J.K	בא	UMS	(%)
0 - 5	0,22c	0,22c	0,24bc	0,25abc	0,30ab	0,31a	90,0	13,3
5 - 10	0,16cd	0,114	0,19bc	0,26ab	0,27a	0,31a	0,07	15,3
10 - 15	0,12c	0,08c	0,206	0,266	0,246	0,33a	0,07	11,4
15 - 20	0,13b	0,07c	0,16ab	0,19a	0,16ab	0,18a	0,04	11,6
20 - 25	0,11ab	0,06c	0,12ab	0,14a	0,106	0,12ab	0,03	12,7
25 - 30	0,08bc	P50°0	960,0	0,11a	0,07c	0,07c	0,01	2.6
09	0,03a	0,03a	0,03a	0,02a	0,03a	0,03a	0,01	17,6

e niveladora. sistema convencional - aração, gradagens pesada e r semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida. (1) SC:

sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora.

enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora. SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem nivela SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora. SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora. ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem

(2) medias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

profundida-. Comparação de médias de cálcio (emg/100 cm³ de TFSA), obtidas em diferentes des do solo, pelo teste de Tukey ā 5% de probabilidade. വ Apendice

								1
Tratamento ⁽¹⁾	(5)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	Ų,	(×) // U
Profundidade (cm)	7 0	OC.	7.7	70	NO.	٦ ۲	S. I	(% (%)
0 - 5	2,12b	3,25ab	2,85ab	2,32ab	3,48a	3,30ab	1,32	14,9
5 - 10	2,22c	2,12c	3,17ab	2,47bc	3,35a	3,67a	98,0	13,0
10 - 15	1,78bc	1,25c	2,70a	2,25ab	2,13ab	2,88a	0,84	16,7
15 - 20	1,33bc	0,72d	1,83a	1,68ab	0,93cd	1,30bc	0,43	13,6
20 - 25	0,68a	0,67a	0,93a	1,10a	0 , 63a	0,65a	0,47	22,2
25 - 30	0,72a	0,60a	0,67a	0,87a	0,53a	0,53a	0,34	19,3
09	0,33b	0,306	0,68a	0,55ab	0,60a	0,48ab	0,26	19,9

SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora. SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida. SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora. SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora. SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora. ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora. $\widehat{\Xi}$

Sj. (2) médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre

profundi-6 . Comparação de médias de magnésio (emg/100 cm³ de TFSA), obtidas em diferentes dades do solo, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Apendice

Tratamento ⁽¹⁾	SC(2)	_{SD} (2)	SI(2)	Sp(2)	SR ⁽²⁾	ER ⁽²⁾	DMS	CV(%)
de (cm)			con important property of the control of the contro	i delin i delin indenin i delinida essi bela malapa malapa malapa dependente e los co	er de en de cario de constituir de ser de la cario	April 1 de la Constantina de la Consta	sidministytetiiniviksi karundes jyykriminista konci, jojotetiinivik	_{de d} e Andrea de Propinsion de la constanta d
2	1,02bc	1,75a	1,42abc	1,05bc	0,956	1,48ab	0,54	13,6
0	1,40a	1,10a	1,10a	0,97a	1,30a	1,42a	0,48	17,6
10	1,27a	0,97ab	1,00ab	1,08ab	1,03ab	0,876	0,35	15,9
20	0,95a	0,62b	0,95a	0,80a	0,83a	0 , 83a	0,17	16,8
20 - 25	0,80a	0,47b	0,63ab	0,70a	0,65ab	0,65ab	0,22	13,8
- 30	0,68a	0,58ab	0,40b	0,75a	0,73a	0,63a	0,22	12,4
	0,50a	0,306	0,47ab	0,30b	0,52a	0,42ab	0,18	14,1

SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora. SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida. SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora. SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora. SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora. ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora. $\widehat{\Xi}$

(2) médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

Apêndice 7 . Comparação de médias de pH em H₂O, obtidas em diferentes profundidades do solo, 5% de probabilidade Im teste de Tukey

$Tratamento^{(1)}$	(5)	(2)	(2)	cn(2)	(2)	(2)	ŭ	(8)//
Profundidade (cm)	20	OC .	21		ΛΥ	٦ ٢	SMO	(& \ \ A)
0 - 5	5,57a	5,58a	5,68a	5,50a	5,75a	5,85a	99,0	4,1
5 - 10	5,50a	5,43a	5,80a	5,55a	5,67a	5,67a	76,0	5,5
10 - 15	5,32a	5,22a	5,62a	5,47a	5,42a	5,37a	96,0	7,1
15 - 20	5,12a	5,10a	5,25a	5,28a	4,95a	5,05a	0,54	6,1
20 - 25	5,00a	5,02a	4 ,90a	5,03a	4,97a	4,92a	69,0	0,9
25 - 30	5,02a	4,88a	4,77a	4,95a	4,72a	4,88a	09,0	4,9
09	5,21a	4,77a	4,52a	4,65a	5,10a	4,92a	0,70	5,5

(1) SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora.
SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida.
SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora.
SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora.
SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora.
ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem nive

enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora.

(2) médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

pro-Comparação de médias de CTC ao pH 7,0 (emg/100 cm³ de TFSA), obtidas em diferentes fundidades do solo, pelo teste de Tukey ã 5% de probabilidade Apendice 8

Tratamento ⁽¹⁾	(2)	(2)	61(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	7.6/110
Profundidade (cm)) AC	, ns	. 10	٠ ٣	¥0	T T	SWO	(%) \\ \
S - 0	8,95b	11,32a	10,00ab	10,12ab	10,27ab	10,32ab	2,17	8,3
5 - 10	9,62a	9,67a	9,68a	9,78a	10,22a	10,47a	2,98	11,4
10 - 15	8,92a	7,82a	9,17a	9 , 50a	8,42a	9,78a	2,80	11,5
15 - 20	7,55a	7,37a	8,08a	8,13a	7,28a	7,78a	3,67	15,4
20 - 25	6,57a	6,23a	6,60a	7,00a	6,90a	6,48a	1,91	9,5
25 - 30	6,37a	5,97a	6,05a	6,53a	6,30a	6,07a	1,62	10,8
09	4,57a	4,38a	4,98a	4,22a	4,77a	4,95a	1,52	12,3

(1) SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora. SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida. SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora. SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora. SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora. ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora.

(2) médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

profundidades Comparação de médias de saturação de alumínio (%), obtidas em diferentes de probabilidade. do solo, pelo teste de Tukey ã 5% 6 Apendice

Tratamento ⁽¹⁾	(Z)	ςυ(2)	(2)	ς _p (2)	sp(2)	FR(2)	DMG	(%)
Profundidade (cm)		3	•	5	Š	Í	2	
$0 - \frac{5(3)}{3}$	3,18a	1,96c	2,74ab	2,87ab	1,86c	2,32bc	0,55	12,8
5 - 10(3)	3,08a	2,93ab	2,25bc	2,90ab	1,42d	1,68cd	, 89 ° 0	14,3
10 - 15(3)	3,72b	4 ,85a	2,76c	2,96c	3,10bc	3,07bc	0,72	11,6
15 - 20(3)	4,68a	4,82a	3,09b	3,69b	5,06a	5,12a	66,0	6,8
$20 - 25^{(3)}$	6,15a	5,70a	5,47a	4 ,70a	6,56a	5 , 69a	3,02	20,7
25 - 30(3)	5,82a	5,72a	6,53a	4,82a	6,14a	5,93a	2,52	15,9
60(3)	6,16a	6,18a	5,63a	5,38a	5,07a	5,50a	4,22	56,3

(1) SC: sistema convencional - aracão, gradagens pesada e niveladora.

SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida.

SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora.

SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora.

SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora.

ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora.

(2) médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si.

(3) valores transformados em raiz (X + 0,5).

värias . Valores médios de resistência à penetração (MPa) e densidade do solo (g.cm-³) à profundidades (cm) em relação aos tratamentos estudados. Apendice 10

	m) 							
	30-33		1,37	1,41	1,38	1,45	1,43	1,45	1,27	t 1 1 . 1	1,35	1,40	1,31	1,30	1,39	1,46	
olos ob	20-23	sem subsolagem	1,51	1,44	1,56	1,60	1,53	1,54	1,37	subsolagem	1,39	1,41	1,40	1,31	1,32	1,45	
Densidade o	10-13	s mes	1,53	1,57	1,47	1,49	1,60	1,56	1,39	S WOO	1,43	1,52	1,43	1,44	1,46	1,48	
Ď	0-3		1,41	1,53	1,31	1,40	1,43	1,42	1,29	 	1,38	1,36	1,31	1,38	1,29	1,28	
	30-35,5		1,5(35,7)	1,5(36,8)	1,4(34,3)	1,6(33,0)	1,3(33,4)	1,2(36,0)	0,7(35,7)		1,5(32,1)	1,4(35,7)	1,4(33,8)	1,2(32;9)	1,4(32,5)	1,1(32,8)	
penetração	20-25,5	jem	1,8(33,5)	1,8(36,4)	1,5(33,6)	1,9(32,9)	1,4(32,4)	1,3(35,3)	0,9(35,3)		1,5(32,4)	1,5(33,1)	1,5(33,1)	0,9(32,7)	1,5(32,1)	1,3(32,2)	-
 Resistência ā penetração	10-15,5	sem subsolagem	2,3(34,6)	2,6(33,0)	1,6(32,8)	2,2(32,5)	2,5(32,0)	2,4(32,2)	1,1(36,0)	com subsolagem	1,6(34,1)	1,6(34,4)	1,6(32,5)	1,5(32,8)	1,6(32,2)	1,4(31,7)	f
	0-5,5		1,7(31,4) ⁽²⁾	2,0(32,4)	1,5(32,1)	1,7(31,7)	1,6(31,7)	1,3(31,8)	0,8(35,2)	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1,3(34,1)	0,9(34,4)	1,5(32,0)	1,6(33,0)	1,6(32,0)	1,2(31,5)	
Preparo	solo(1)	eastername management of the control	SC	SD	IS	Sp	SR	ER	SN	E 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 :	SC	SD	SI	SP	SR	ER	

(1) SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora.

SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida.

SI: sistema invertido - gradagem pesada, aração e gradagem niveladora.

SP: super preparo - duas arações, gradagens pesada e niveladora.

SR: sistema reduzido - gradagens pesada e niveladora.

ER: enxada rotativa - gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem niveladora.

SN: solo natural - ãrea coberta com vegetação natural (cerrado)

📽 de umidade gravimétrica do solo em que foi feita a determinação. (2)

Valores de macroporosidade (MP), microporosidade (mp) e porosidade total avaliada (PT), ex pressos em % de volume, obtidos em função do preparo do solo. Apendice 11

Profundidade		NS			2011			SD(1)	
(cm)	МР	dш	PT	MP	dш	PT	МР	dш	ΡŢ
0 - 3	16,8	29,5	46,3	8,0	36,5	44,5	7,2	35,1	42,3
10 - 13	12,5	31,6	44,1	7,2	32,0	42,2	9,6	35,2	40,8
20 - 23	11,2	32,7	43,9	5,8	34,7	40,5	9,9	37,1	43,7
30 - 33	15,2	30,1	45,3	7,5	36,1	43,6	7,9	36,2	44,1
) 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1	sc (2)	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		SD (2)	, 1	i i i i i	sı (2)]] ! ! !
0 3	7,8	36,2	44,0	4,7	36,6	41,3	6,9	36,4	43,3
10 - 13	5,7	30,4	40,1	4,9	35,4	40,3	7,0	32,5	42,5
20 - 23	5,3	34,3	39,6	5,3	36,9	42,2	6,1	32,9	39,0
30 - 33	9,7	36,4	44,0	7,3	37,1	44,4	7,7	36,7	44,4
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Sp (2)		1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	SR (2)	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		ER (2)	
0 - 3	7,1	36,1	43,2	5,2	34,7	39,9	5,3	39,3	44,6
10 - 13	5,7	32,3	38,0	3,3	33,0	36,3	4,1	35,9	40,0
20 - 23	4,6	33,8	38,4	5,2	31,9	37,1	5,8	37,0	42,8
30 - 33	8,0	34,4	43,0	6,1	36,9	43.0	7,6	36,1	43,7

(1) preparo do solo com subsolagem.

(2) preparo do solo sem subsolagem.

Apêndice 12. Valores de infiltração acumulada (cm) e velocidade de infiltração de água no solo /hora), para solo natural, semeadura direta e sistema convencional

/mo)

		Int	Infiltração a	acumulada			Velc	Velocidade de i	infiltracão	
Tempo de	Applying and comment and applying and applying a property of the comment of the c	Total Andreas Andreas - Andreas Andrea	Subsol	olagem	Management of the state of the	en agrande des des des agrandes de servicios de la companyon d	designation of the state of the	subsolagem	1gem	
(min)			sem		COM		sem			Com
	SNS	SD)SC	SD	SC	N.S.	SD	SC	SD	38
	3,1	1,9	1,0	1,5	1,6	130,0	62,2	35,1	57,6	0,09
က	6,7	3,4	2,0	3,0	3,1	93,5	37,5	22,9	38,8	39,1
2	9,6	4,5	2,7	4,2	4,3	80,2	29,7	18,7	32,3	32,0
10	15,5	9*9	4,1	9,9	6,5	65,1	21,6	14,3	25,1	24,4
15	20,6	8,2	5,2	8,5	8,4	57,7	17,9	12,2	21,7	20,9
25	29,5	10,8	7,1	11,8	11,4	49,5	14,2	10,0	18,1	17,1
35	37,3	13,0	8,8	14,6	14,0	44,7	12,1	8,8	16,0	15,0
20	47,9	15,7	10,9	18,3	17,4	40,2	10,3	7,6	14,1	13,1
6 5	57,6	18,1	12,8	21,7	20,4	37,2	9,1	6,9	12,8	11,8
9 5	75,1	22,2	16,1	27,7	25,7	33,2	7,7	5,9	11,2	10,2
125	91,0	25,8	19,0	33,0	30,4	30,5	8,9	5,3	10,1	1,6
185	119,8	31,8	24,2	45,4	38 ,6	27,2	9,5	4,6	8,8	7,8
245	145,8	37,1	28,7	20,7	45,9	24,9	2,0	4,1	6,7	7,0
Equação	3,170,70	1,970,54	1,070,61	1,5T ⁰ ,64	1,670,61	130,07-0,30 62,27-0,46	1	35,17-0,39	57,61-0,36	60,01-0,39

SN: solo natural - ãrea coberta com vegetação natural (cerrado). SD: semeadura direta - roçada e aplicação de herbicida. SC: sistema convencional - aração, gradagens pesada e niveladora.

Apêndice 13. Valores de umidade do solo, expressos em % de volume, correspondentes aos tratamentos SC e SD sem subsolagem nas profundidades estudadas e obtidos através da curva de retenção de água.

Dias apos		SC				SD		
semeadura	0-3	10-13	20-23	30-33	0-3	10-13	20-23	30-3 3
0 - 5	36,0	36 , 8	34,0	38,2	34,0	35,1	36,9	38,5
5 - 10	35,7	36, 8	31,7	37,7	34,1	34,9	35,8	38,3
10 - 15	35,7	36,9	32,9	38,5	33,8	35,8	36,9	38,6
15 - 20	35,7	34,5	33,6	39,0	34,5	35,8	36,9	40,2
20 - 25	36,5	36,9	32,5	38,0	35,2	35,8	35,9	40,3
25 - 30	35,7	35,3	32,2	38,2	32,6	33,0	35,2	38,0
30 - 35	36,2	36,9	32,5	38,5	32,2	33, 5	34,0	38,4
35 - 40	36,2	36,9	31,4	38,7	32,5	33,0	36,2	37,5
40 - 45	35,0	34,8	32,0	36,5	32,2	33,0	36,9	33,5
45 - 50	37,5	36,6	33,0	38,8	36,3	34,9	36,8	40,2
50 - 55	37,5	36,6	32,9	38,8	35,7	34, 8	36,9	39, 8
55 - 60	37,2	35,2	32,5	38,5	35,8	34,5	36,8	40,1
60 - 65	35,2	34,5	31,8	39,2	33,4	33,0	36,0	37,5
65 - 70	28,2	30,0	30,0	32,0	31,2	32,3	35,0	32,0
70 – 75	31,5	32,0	30,5	33,8	34,1	33,0	32,8	33,2
75 - 80	30,5	32,0	32,0	33,5	31,3	32,4	30,5	30,8
80 - 85	28,7	32,3	32,0	29,8	30,7	31,2	31,0	29,8
85 - 90	33,7	34,3	30,5	33,7	32,5	33,0	35,8	34,8
90 - 95	35,7	36,8	33,0	38,6	34,2	33,0	36,8	38,0
95 - 100	30,0	34,0	30,3	30,1	33,4	33,0	35,0	33,2
100 - 105	29,0	32,5	29,6	29,5	32,1	32,1	34,5	31,0
105 - 110	31,0	34,4	32,0	29,5	32,5	33,0	36,4	31,8
110 - 115	31,3	32,3	32,0	32,0	33,4	33,0	36,9	35,7
115 - 120	33,0	33,0	30,8	35,3	34,2	34,5	35,0	39,1
120 - 125	32,5	33,1	30,9	37,0	33,7	34,0	34,2	38,6
125 - 130	32,0	33,0	31,0	36,7	33,4	34,1	30,5	38,5
130 - 135	30,0	32,3	31,0	32,3	31,8	33,0	30,5	35,7
135 - 140	28,3	31,5	30,6	31,5	31,5	32,7	29,5	33,0

Apêndice 14. Valores de umidade do solo, expressos em % de volume, correspondentes aos tratamentos SC e SD com subsolagem nas profundidades estudadas e obtidos através da curva de retenção de água.

Dias após semeadura		SC	+ S			SD + S			
	0-3	10-13	20-23	30-33	0-3	10-13	20-23	30-33	
0 - 5	38,8	37,3	37,0	36,9	35,3	35,0	35,3	36,5	
5 - 10	38,3	36,3	37,0	36,1	35,4	34,5	35,2	36,5	
10 - 15	39,0	37,0	36,7	36,9	35,6	35,8	36,0	36,5	
15 - 20	39,2	36,6	36,7	36,9	36,0	35,8	36,3	36,3	
20 - 25	40,5	37,0	37,5	36,9	36,5	36,4	36,7	36,4	
25 - 30	39,9	36,8	37,0	36,4	37,4	33,0	35,9	36,4	
30 - 35	39,6	36,6	37,0	37,0	34,6	33,6	35,2	36,4	
35 - 40	41,5	36,5	35,1	36,1	34,0	32,5	33,3	35, 8	
40 - 45	32,5	34,0	31,7	31,7	33,0	32,6	29,5	35,0	
45 - 50	40,3	36,8	36,0	36,9	37,8	38,5	36 , 5	36, 8	
50 - 55	40,4	37,0	36,5	36,4	37 , 9	37, 2	36,3	3 6,8	
55 - 60	40,1	37,0	36,7	36,5	37,1	36,7	36,5	36,8	
60 - 65	38,5	37,4	36,7	36,9	34,2	33,6	35,3	36,7	
65 - 70	32,8	35,0	35,5	33,0	33,2	37,2	31,7	36,5	
70 - 75	38,7	36,8	36,5	36,1	34,8	34,6	36,1	36,3	
75 - 80	32,1	36,1	36,9	33,1	31, 8	32,6	34,1	36,5	
80 - 85	35,5	33,5	31,8	29,0	32,5	35,7	33,5	3 6,4	
85 - 90	37,7	34,1	33,0	32,5	35,8	36,2	36,7	36,3	
90 - 95	38,3	36,3	36,7	37,0	35,0	34,4	36,0	36,2	
95 - 1 00	34,3	35,0	34,5	32,5	32,6	33,6	33,1	36,2	
100 - 105	32,5	35,0	32,6	30,9	31,5	32,7	33,4	36,0	
105 - 110	34,5	34,3	33,0	30,6	34,1	33,6	34,2	36,3	
110 - 115	35,7	35,9	35,1	31,1	34,7	34,5	35,5	36,5	
115 - 120	37,5	35,4	30,7	29,8	35,6	35,0	35,7	36,4	
120 - 125	36,5	36,3	31,8	32,0	35,0	34,6	35,7	36,5	
125 - 130	34,2	36,6	33,4	34,0	34,2	34,0	35,2	36,8	
130 - 135	30,6	31,3	30,0	30,8	33,4	32, 8	32,3	36,2	
135 - 140	30,2	32 ,3	31,7	29 , 8	33,3	33,0	31,0	33,0	

Apêndice ¹⁵. Valores de umidade do solo, expressos em % de volume, correspondentes aos tratamentos SR e ER, sem subsolagem nas profundidades estudadas e obtidos através da curva de retenção de água.

Dias após semeadura		SR			ER			
	0-3	10-13	20-23	30-33	0-3	10-13	20-23	30-33
0 - 5	34,8	33,0	33,5	39,5	36 , 0	33,7	40,0	39,3
5 - 10	34,5	33,0	33,3	38,5	35,7	34,0	40,1	39,2
10 - 15	34,5	33,0	33,9	40,0	37,5	34,5	40,2	39,2
15 - 20	36,1	33,0	34,3	38,7	37,0	33,5	39,0	38,4
20 - 25	36,5	33,9	31,3	36,3	39,7	27,5	39,0	35,5
25 - 30	31,1	32,0	31,3	31,3	33,1	29,3	37,0	35,5
30 - 35	33.,0	33,0	32,0	30,0	36,0	32,0	39,0	36,2
35 - 40	31,5	32,5	30,8	28,7	33,7	27,6	37,8	36 , 8
40 - 45	30,5	31,4	30,7	28,5	29,5	26,8	34,3	35,5
45 - 50	37,4	34,5	34,4	38,3	40,3	35,2	39,0	37,5
50 - 55	37,1	34, 5	34,4	38,3	40,3	35,2	39,0	36,4
55 - 60	37,4	34,4	34,3	38,3	40,0	34,9	39,0	36,3
60 - 65	35,8	33,0	33,7	37,2	35,3	33,0	38,9	35,0
65 - 70	31,4	32,0	30,9	29,5	31, 5	27,0	33,6	34,6
70 - 75	36,0	33,0	33,6	37,0	36,7	33,0	38,0	34, 6
75 - 80	32,1	31,7	31,2	29,5	31, 2	27,6	34,3	34,6
80 - 85	29,8	30,9	30,6	28,5	28,0	26,8	33,5	35,5
85 - 90	32,8	32,6	32,0	32,3	34,0	31,5	36,3	36,4
90 - 95	36,2	33,0	34,2	38,5	39,7	33,3	39,0	38,1
95 - 100	31,5	32,0	30,8	28,7	30,6	28,0	34,3	34,5
100 - 105	31,1	31,0	30,7	28,5	28,6	26 , 8	34,8	35,5
105 - 110	33,0	32,5	30,8	28,5	33,3	31,0	33,5	34, 8
110 - 115	33,0	32,6	30,5	28,4	33,5	31,0	33,6	34,5
115 - 120	33,4	33,0	31,3	28,5	35,5	32,5	35,0	34,5
120 - 125	34,5	33,0	33,3	30,4	35,7	32,8	38,0	35,6
125 - 130	33,2	33,0	33,0	33,6	34,8	32,5	37,6	35,4
130 - 135	30,0	32,5	31,2	29,5	30,0	30,3	35,5	33,4
135 - 140	29,6	31,5	30,6	28,8	28,5	27,6	34,0	34,7

Apēndice ¹⁶. Valores de umidade do solo, expressos em % de volume, correspondentes aos tratamentos SI e SP, sem subsolagem nas profundidades estudadas e obtidos atravês da curva de retenção de água.

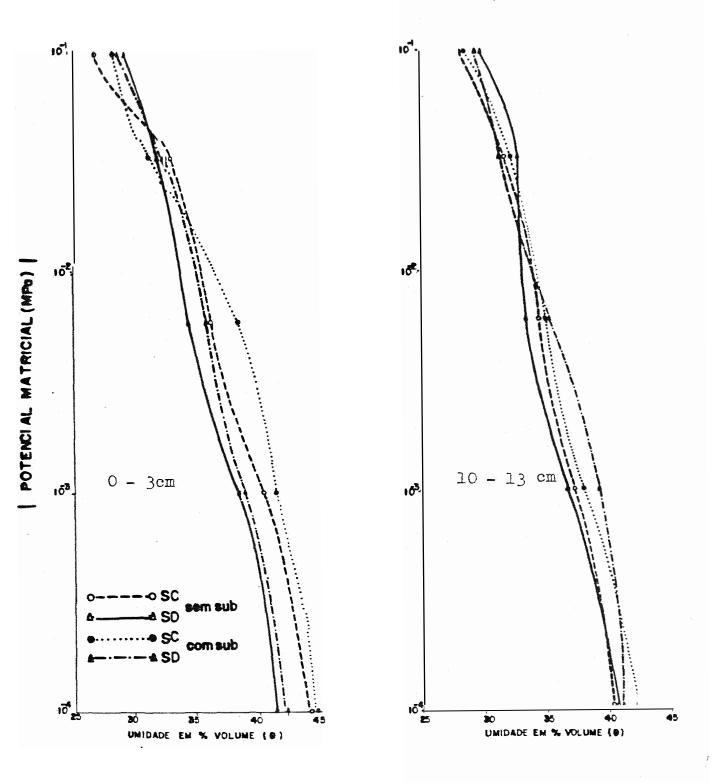
Dias apõs		SI			SP			
semeadura	0-3	10-13	20-23	30-33	0-3	10-13	20-23	30-33
0 - 5	35,8	36,0	36,2	35,5	34,6	33,6	33,4	33,3
5 - 10	35,7	36,1	36,3	35,0	34,0	33,7	33,2	33,0
10 - 15	36,0	33,8	36,3	35,8	34,2	33, 8	33,5	36,0
15 - 20	34,7	36,5	35,0	39,0	36,1	33,7	33,9	32,7
20 - 25	36,8	39,0	36,3	35,0	36,0	34,2	33,9	36,7
25 - 30	35,0	34,4	35,2	35,3	34,0	36,0	33,9	33,9
30 - 35	35,7	34,3	35,3	35,8	34,8	36,0	33,8	35,0
35 - 40	35,7	34,3	35,7	35,5	34,5	36,0	33,5	36,0
40 - 45	34,1	33,0	35,3	34,7	33,6	32,7	33,0	33,0
45 - 50	36, 8	36,5	35,2	38,4	36,3	34,3	33,9	34,4
50 - 55	36,8	36,5	35,0	36, 8	36,1	34,3	33,9	33,9
55 - 60	36,7	36,5	35,0	36,5	36,1	34,3	33,9	33,8
60 - 65	35,8	35,5	35,0	35,8	34,9	33,7	33,7	33,0
65 - 70	30,4	29,6	34,5	34,0	33,0	32,8	32,5	30,8
70 - 75	36,0	35,7	34,5	34,6	35,5	33,8	33, 8	33,0
75 - 80	30,8	30,9	35,0	34,0	33,2	32,4	32,8	31,0
80 - 85	27,5	31,0	31,0	31,0	31,6	29,6	30,7	28,8
85 - 90	32,0	32,5	31,8	32,3	33,7	31,9	32,7	31,0
90 - 95	35,3	34,8	36,2	35,8	35,5	33,5	33,9	34,4
95 - 100	28,1	32,8	31,3	31,5	33,2	32,2	33,0	30,5
100 - 105	27,0	29,7	30,0	30,3	31,6	31,4	32,0	29,5
105 - 110	30,3	31,3	30,3	30,4	32,6	32,5	32,7	30,3
110 - 115	28,1	27,3	30,0	30,7	33,8	32,5	32,7	30,0
115 - 120	29,2	29,7	30,0	30,5	33,6	32,3	32,6	30,0
120 - 125	28,3	27,8	30,0	30,5	34,5	33,0	33,3	31,0
125 - 130	26,8	27,5	30,9	30,3	33,8	32,5	33,0	30,8
130 - 135	28,0	28,1	29,8	30,2	33,0	31,0	30,3	27,9
135 - 140	26,5	27,0	29,8	30,0	30,3	29,8	29,0	26,8

Apêndice 17. Valores médios, do módulo do potencial matricial (KPa), obtidos através da leitura diária dos tensiômetros para as profundidades estudadas nos sistemas convencional e de semeadura direta sem subsolagem.

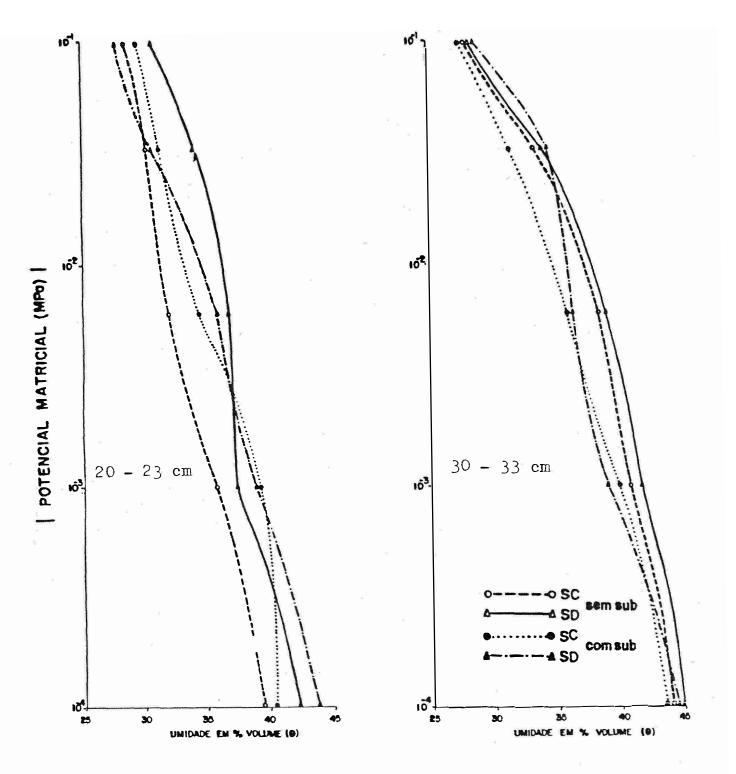
Dias após			SC		SD			
semeadura	3	10	20	30	3	10	20	30
0 - 5	8,6	2,1	6,8	7 , 6	10,2	2,1	2,5	7,4
5 - 10	11,2	1,9	7,8	9,5	9,3	2,3	2,5	8,3
10 - 15	10,3	1,5	4,0	5,5	11,5	1,5	2,0	6,7
15 - 20	9,1	6,5	2,5	3,0	6,5	1,5	2,3	3,1
20 - 25	3,2	1,6	5,2	8,3	0,9	1,3	2,1	3,0
25 - 30	9,6	2,8	5,7	7,6	24,8	19,0	2,0	9,6
30 - 35	6,8	1,4	5,2	6,2	30,9	5,9	2,8	7,9
35 - 40	6,8	1,4	9,6	9,1	28,2	15,3	3,0	11,3
40 - 45	15,2	4,1	28,3	15,0	31,2	36,1	3,5	36,4
45 - 50	3,1	2,6	3,7	3,9	2,4	2,3	4,0	3,1
50 - 55	3,1	2,5	4,0	4,2	3,2	2,5	3,8	3,8
55 - 60	3,6	3,2	4,7	5,0	2,9	2,8	4,5	3,3
60 - 65	13,1	8,0	7,2	7,2	15,2	30,0	5,0	11,2
65 - 70	69,8	60,0	46,2	43,9	49,8	49,7	27,0	47,5
70 - 7 5	45,3	31,3	32,0	30,3	8,8	23,9	58,0	6,9
75 - 80	50,2	32,0	28,9	33,0	46,4	49,0	22,2	57,3
80 - 85	67,0	27,5	66,2	67,0	60,0	71,4	45,7	70,1
85 - 90	24,8	10,1	24,1	31,3	25,4	29,1	18,4	27,5
90 - 95	9,9	1,9	4,0	4,8	8,6	25,0	4,0	9,1
95 - 100	55,3	11,4	35,1	50,5	15,8	15,3	27,8	37,8
100 - 105	62,5	24,7	53,3	69,6	31,5	54,8	31,4	36,6
105 - 110	49,2	9,6	38,7	68,0	25,9	30,2	14,3	26,6
110 - 115	47,5	27,5	28,1	43,6	16,0	33,0	2,2	20,6
115 - 120	32,5	7,0	17,9	20,5	8,6	13,1	2,1	5, 3
120 - 125	37,4	11,2	15,4	12,6	12,1	12,3	3, 3	6,8
125 - 130	43,4	11,0	17,6	13,4	15,8	15,9	2,5	7,3
130 - 135	54,6	28,6	55,1	40,9	38,1	27,3	4,5	20,2
135 - 140	68,9	23,0	60,9	46,8	42,3	66,5	26,3	20,7

Apêndice 18. Valores médios, do módulo do potencial matricial (KPa), obtidos através da leitura diária dos tensiômetros para as profundidades estudadas nos sistemas convencional e de semeadura direta com subsolagem.

Dias apos		SC +	S		SD + S			
semeadura	3	10	20	30	3	10	20	30
0 - 5	5,3	1,4	2,9	3,5	9,4	6,9	7,9	4,0
5 - 10	6,2	2,4	2,9	5 ,1 °	8,8	8,2	8,5	4,2
10 - 15	4,5	1,7	3,2	3,4	8,0	5,1	5,9	4,2
15 - 20	4,2	2,0	3,2	3,7	5,5	5,1	4,6	5,8
20 - 25	2,0	1,6	2,5	3,4	3,7	4,1	3,5	4,8
25 - 30	2,9	1,8	2,8	4,2	2,2	16,0	9,9	4,5
30 - 35	3,2	2,0	2,9	3,3	13,7	11,3	8,5	5,1
35 - 40	1,0	2,1	5,1	5,1	18,3	19,3	17,3	11,7
40 - 45	24,8	15,2	24,8	29,8	28,1	18,1	49,0	23,1
45 - 50	2,3	1,8	4,1	3,4	1,8	2,7	4,0	3,3
50 - 55	2,1	1,7	3,5	4,2	1,9	3,0	4,7	3,3
55 ~ 60	2,6	1,6	3,3	3,9	2,5	3,6	4,1	3,5
60 - 65	5,9	1,3	3,2	3,6	16,5	11,2	7,7	3,7
65 - 70	23,8	6,0	4,6	19,7	25,2	3,1	26,9	4,2
70 - 75	4,9	1,8	3,5	5,0	12,1	7,9	5,2	5,5
75 - 80	27,4	2,6	3,0	19,1	41,5	18,5	13,0	4, 3
80 - 85	13,6	18,5	26,5	60,3	32,6	5,3	15,4	4,9
85 - 90	7,6	12,4	13,0	23,0	6,9	4,4	3,2	5,3
90 - 95	6,2	2,5	3,3	3,2	11,3	8,5	6,4	6,4
95 - 100	17,4	5,8	6,2	23,6	30,3	11,2	18,0	6,2
100 - 105	24,8	6,2	14,8	38,3	45,5	17,5	16,4	10,4
105 - 110	17,0	10,7	13,0	41,2	17,4	11,4	12,3	6,0
110 - 115	13,0	3,1	5,1	35,2	12,9	8,0	7,4	4,1
115 - 120	8,1	4,5	59,1	49,0	7,9	6,8	6,9	4,5
120 - 125	10,3	2,3	26,9	27,2	10,9	8,1	6,9	4,0
125 - 130	18,2	1,9	10,7	13,4	16,5	9,9	8,4	3,5
130 - 135	40,1	51,5	40,3	. 38,9	22,7	17,0	23,0	7,0
135 - 140	45,6	34,6	27,2	50,0	23,2	14,8	31,5	48,0



Apêndice 19. Curvas de retenção de umidade obtidas nas profundidades de 0-3 cm e 10-13 cm, para os sistemas de preparo convencional e semeadura direta sem e com subsolagem.



Apêndice 20. Curvas de retenção de umidade obtidas nas profundidades de 20-23 cm e 30-33 cm, para os sistemas de preparo convencional e semeadura direta sem e com subsolagem.

Apêndice 21. Valores de umidade gravimêtrica, expressos em % de volume, correspondentes às crescentes sucções, nas profundidades do solo estudadas.

T 4 ·	Profun-	sucção(MPa)						
Tratamento	didade (cm)	10-4	10-3	6.10-3	10-2	3,3.10 ⁻²	6.10-2	10 - 3
	0 - 3	44,0	40,5	36,2	35,9	32,9	28,9	27,0
SC	10 - 13	40,1	37,2	34,4	32,9	32,3	30,2	28,5
30	20 - 23	39,6	35,2	34,3	31, 8	30,4	30,3	28,5
	30 - 33	44,0	40,8	36,4	35,0	33,7	30,4	28,0
	0 - 3	44,5	41,5	36,5	35,0	31,6	29,8	28,5
S C + S	10 - 13	42,2	38,0	35,0	33,7	32,6	30,0	28,7
30 7 3	20 - 23	40,5	39,5	34,7	34,0	31,6	30,2	29,7
	30 - 33	43,6	39,9	36,1	32,0	31,5	28,2	27,5
	0 - 3	41,3	38 ,4	36,6	33,7	32,2	30,7	29,6
SD	10 - 13	40,3	36,7	35,4	33,2	32,9	31,2	29,7
30	20 - 23	42,2	37,5	36,9	36,0	34,2	31,3	31,0
	30 - 33	44,4	41,8	37,1	36,2	33,9	31,7	28,2
SD + S	0 - 3	42,3	38,9	35,1	34,8	32,6	30,0	28,7
	10 - 13	40,8	39,3	35,2	34,3	31,9	30,2	29,2
	20 - 23	43,7	39,3	37,1	34,7	30,7	29,5	27,9
	30 - 33	44,1	39,1	36,2	35,0	34,1	31,8	28,5
	0 - 3	43,3	39,2	36,4	32, 8	31,1	20,6	20,5
SI	10 - 13	42,5	39,0	35,5	32,7	29,5	27,7	26,1
0.	20 - 23	39,0	35,8	32,9	32,3	31,3	30,3	29,1
	30 - 33	44,4	43,6	36,7	35,0	31,8	30,1	29,3
	0 - 3	43,2	38,5	36,1	33,2	31,2	23,6	22,0
SP	10 - 13	38,0	35,9	32,3	31,4	30,4	28,1	24,2
31	20 - 23	38,4	34,6	33,8	30,3	29,2	24,9	23,5
	30 - 33	43,0	38,2	34,4	30,9	27,6	25,1	23,0
	0 - 3	39,9	38,2	34,7	34,6	32,1	30,8	28,6
SR		36,3			-			-
-		37,1	• • •	-	•	_	30,3	30,2
	30 - 33	43,0	40,1	36,9	33,9	30,7	30,6	28 ,3
	0 - 3	44,6	42,8	39,3	35,3	33,5	30,3	27,6
ER	10 - 13	40,0	36,2	35,9	31,8	31,0	29,8	25,6
	20 - 23	42,8	40,0	37,0	36,8	35,5	32,6	32,5
	30 33	43,7	39,5	36,1	33,5	32,4	31,8	29,8

Apêndice 22. Valores de temperaturas máximas (°C) obtidos à 5 cm de profundidade do solo durante o ciclo do milho, nos sistemas de preparo sem subsolagem.

Dias após semeadura	SR	ER	SD	SI	SC	SP
0 - 5 5 - 10 10 - 15 15 - 20 20 - 25 25 - 30 30 - 35 35 - 40 40 - 45 45 - 50 50 - 55 55 - 60 60 - 65 65 - 70 70 - 75 75 - 80 80 - 85 85 - 90 90 - 95 95 - 100 100 - 105 105 - 110 110 - 115 115 - 120 120 - 125 125 - 130 130 - 135 135 - 140 140 - 145	32,5 33,3 33,4 36,8 31,4 36,3 30,6 31,5 28,0 27,2 27,7 27,6 27,7 29,9 31,4 33,3 30,1 28,3 33,4 31,5 29,5 30,6 31,5 29,6 30,6	32,6 32,3 31,8 34,6 31,4 37,6 34,7 29,3 327,0 26,7 28,1 26,4 27,0 28,2 29,2 30,6 28,3 25,0 30,0 32,4 30,3 29,1 29,8 30,3 29,8 30,5 28,3 25,8	31,0 30,6 29,8 30,7 30,0 32,9 33,4 28,6 29,1 25,8 25,5 26,6 27,6 28,7 27,5 24,3 28,3 30,2 29,3 28,6 29,1 26,6 27,6 28,7 27,5 28,6 29,1 29,1 20,1 20,1 20,1 20,1 20,1 20,1 20,1 20	31,7 31,9 31,4 33,8 32,4 42,3 40,8 35,2 38,9 28,9 32,4 31,2 33,1 34,6 36,0 32,2 30,3 34,0 35,0 31,5 29,0 29,0 29,0 29,0 27,7 25,9	32,5 33,0 32,0 34,8 32,4 44,1 42,2 34,3 36,4 28,5 31,7 31,1 29,5 30,4 31,7 29,7 26,1 30,9 29,3 29,4 30,4 29,5 27,9 25,9	31,8 32,7 31,6 34,0 31,0 41,9 40,1 34,6 30,0 29,3 32,8 31,3 32,4 32,9 33,4 32,9 33,8 32,9 33,9 32,9 33,8 32,9 31,8 32,9 32,9 33,9 32,9 32,9 32,9 32,9 32,9

Apēndice 23. Valores de temperaturas mīnimas (°C), obtidos ā
5 cm de profundidade do solo durante o ciclo
do milho nos sistemas de preparo sem subsolagem.

Dias após semeadura	SR	ER	SD	SI	SC	SP
0 - 5 5 - 10 10 - 15 15 - 20 20 - 25 25 - 30 30 - 35 35 - 40 40 - 45 45 - 50 50 - 55 55 - 60 60 - 65 65 - 70 70 - 75 75 - 80 80 - 85 85 - 90 90 - 95 95 - 100 100 - 105 110 - 115 115 - 120 120 - 125 125 - 130 130 - 135 135 - 140 140 - 145	24,7 24,9 25,4 24,2 24,6 26,9 26,0 25,6 23,6 23,6 23,7 23,4 24,5 26,0 24,5 26,0 24,7 23,7 23,9 25,4 24,9 25,1 24,4 23,7 23,8	25,0 25,3 25,6 24,8 24,8 26,7 27,3 26,3 25,8 24,6 23,7 24,3 22,7 24,4 18,3 24,2 25,8 25,8 25,8 25,9 25,1 22,9 25,1 22,9 25,1 22,9 25,1 22,7 22,7	25,7 25,2 26,2 25,4 27,6 26,6 26,2 24,5 23,9 23,7 23,8 25,0 26,2 24,4 19,3 24,2 25,7 25,6 25,3 25,6 25,6 27,6	24,9 25,2 26,2 24,8 25,0 27,5 28,1 27,6 27,0 25,1 23,9 24,5 24,5 24,5 24,5 24,9 19,4 25,3 26,7 26,3 27,4 27,4 28,7 28,1	24,7 25,1 25,8 24,6 24,6 26,8 27,4 26,5 25,9 24,3 23,5 23,7 23,3 24,5 25,7 24,1 17,9 23,7 25,1 25,2 24,8 24,4 23,6 23,8	24,9 25,1 26,2 24,6 25,0 27,4 27,8 27,3 25,1 23,9 24,7 23,9 24,1 25,5 27,2 24,9 18,3 25,0 26,4 26,2 25,9 25,9 25,0 24,3 24,1 22,3