
**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA
E FÍSICO-HÍDRICA DE DOIS SOLOS
PARA FINS DE IRRIGAÇÃO**



EMGOPA

EMPRESA GOIANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento

Departamento de Informação e Documentação
Goiânia-GO, 1992

GOVERNADOR DO ESTADO DE GOIÁS

Iris Rezende Machado

SECRETÁRIO DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO

Múcio Bonifácio Guimarães

EMPRESA GOIANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMGOPA

DIRETORIA EXECUTIVA

Presidente - Paulo Roberto Costa Ferreira
Diretor de Administração e Finanças - Bernardo Hassel Mendes da Silva
Diretor Técnico - Carlos César de Queiroz

UNIDADES DE PESQUISA

Estação Experimental "Filóstro M. Carneiro" - Maurízia de Fátima Carneiro
Estação Experimental de Zootecnia - Antônio José Alves Moreira
Estação Experimental de Anápolis - Leandro Oliveira e Silva
Estação Experimental de Porangatu - Maurício da Silva Assunção
Estação de Pesquisa "Olavo S. de Lima"/Jataí - Gentil José da Silva
Campo Experimental de Rio Verde - Laura Bonifácio Guimarães
Campo Experimental de Morrinhos - José Raimundo Caldeira
Campo Experimental de Catalão - Elias Ferreira de Barros

DEPARTAMENTOS

Departamento Técnico-Científico - DTC - Raimundo Jacinto Martins da Silva
Departamento de Informação e Documentação - DID - Marco Aurélio da Rocha Melo
Departamento de Material e Serviços - DMS - Haley Dias de Carvalho
Departamento de Finanças - DEFIN - Nautir David Amaral
Departamento de Recursos Humanos - DRH - César Alfonso Chavez Michue

ÁREAS

Área de Desenvolvimento Animal - EEZ - José Ricardo A. de Andrade
Área de Fitomelhoramento - EEFMC - Pedro Manuel Figueira de Oliveira Monteiro
Área de Fitossanidade - EEFMC - Paulo César Neto do Prado
Área de Recursos Naturais - EEFMC - Marcos Rogério Nunes
Área de Tecnologia de Produção Vegetal - EEFMC - Nilson Lopes da Silva
Área de Difusão de Tecnologia - DTC - Sebastião Nízio Teixeira
Área de Contabilidade - DEFIN - Delaíde Carrijo Neves Ribeiro
Área de Patrimônio - DEFIN - Gilberto Oliveira Marques
Área de Tesouraria - DEFIN - Euni Aparecida da Silva
Área de Administração de Pessoal - DRH - Saulo Luzini
Área de Material - DMS - Wilton Belo

Chefia de Gabinete - Ademir Martins Fontes
Serviço de Produção de Sementes Básicas - SPSB - Manoel Virgílio de Siqueira
Gerência de Comercialização - Xavier Carvalho Furtado
Gerência de Produção - Carlos Augusto Ribeiro
Gerência de Apoio Técnico-Administrativo - Airton Batista de Andrade
Assessoria de Auditoria Interna - Armando Vieira dos Santos
Assessoria de Imprensa e Comunicação Social - Paulo César Pereira dos Santos
Assessoria para Assuntos Jurídicos - Edison dos Reis
Assessoria para Assuntos de Administração - Sulamita Carvalho de Albuquerque
Núcleo de Planejamento e Orçamento - NPO - Raimundo Jacinto Martins da Silva
Laboratório Central - EEZ - Hélio Afonso de Menezes

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E FÍSICO-HÍDRICA DE
DOIS SOLOS PARA FINS DE IRRIGAÇÃO**

Hélio Afonso de Menezes

Nelson Irumé Corrêa

José Aloísio Alves Moreira



EMGOPA

EMPRESA GOIANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
Vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento

Departamento de Informação e Documentação

Goiânia, GO - 1992

EDITOR

Departamento de Informação e Documentação (DID-EMGOPA)

ASSESSORIA TÉCNICA DESTE TRABALHO

Luiz Carlos da Silva Neiva, Engenheiro-Agrônomo, M.Sc., Fisiologia Vegetal, EMGOPA.

Marcos Rogério Nunes, Engenheiro-Agrônomo, M.Sc., Ciência do Solo, EMGOPA.

COMITÊ DE PUBLICAÇÕES

Carlos César de Queiroz - Presidente

Antônio Joaquim Braga Pereira Braz

Marco Aurélio da Rocha Melo

Suzete Silveira Fichtner

Verner Eichler

Neuza Maria Silva - Secretária

EDITORIAÇÃO

Marco Aurélio da Rocha Melo - Coordenação

Dalila Tauil Pinto - Documentação

João Gaspar Farias - Revisão do "Abstract"

Lucíula de Almeida Pinto Borges Carneiro - Revisão gramatical

Márcia Barros de Sales e Oécia Gomes da Silva - Processamento de texto

Neuza Maria Silva e Leni de Moraes Coelho - Revisão da composição

Primeira edição: novembro de 1992

Tiragem: 1.000 exemplares

Pedidos desta publicação deverão ser dirigidos à

Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária - EMGOPA

Departamento de Informação e Documentação

Rua Jornalista Geraldo Vale nº 10 - Setor Leste Universitário

Caixa Postal 49

74001-970 - Goiânia, GO. Brasil

MENEZES, H.A. de; CORRÊA, N.I.; MOREIRA, J.A.A. Caracterização química, física e físico-hídrica de de dois solos para fins de irrigação. Goiânia, GO: EMGOPA-DID, 1992. 31p. (EMGOPA. Boletim de Pesquisa, 26).

1. Solo - Caracterização química - Irrigação. 2. Solo - Caracterização física - Irrigação. 3. Solo - Caracterização físico-hídrica - Irrigação. I. CORRÊA, N.I. Colab. II. MOREIRA, J.A.A. Colab. III. Título. IV. Série.

CDD 631.7

ISSN 0102-2121

(c) EMGOPA, 1992

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E FÍSICO-HÍDRICA DE DOIS
SOLOS PARA FINS DE IRRIGAÇÃO**

Hélio Afonso de Menezes¹

Nelson Irumé Corrêa²

José Aloísio Alves Moreira³

RESUMO

Características químicas, físicas e físico-hídricas de um latossolo vermelho-escuro e de um latossolo roxo, pertencentes às unidades experimentais da Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA), situadas nos municípios de Senador Canedo e Jataí, respectivamente, foram estudadas objetivando a obtenção de informações básicas para fins de irrigação. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que esses latossolos são propícios para irrigação por aspersão e gotejamento e impróprios para irrigação por superfície. Os solos apresentaram baixa disponibilidade hídrica, e níveis de acidez e saturação de alumínio limitantes para o desenvolvimento radicular das plantas.

Termos para indexação: latossolo, disponibilidade hídrica, irrigação.

¹Eng.-Agr., Pesquisador da EMGOPA. Estação Experimental de Zootecnia. Caixa Postal 49. CEP 74001-970 - Goiânia, GO.

²Eng.-Agric., M. Sc., Irrigação. Pesquisador da EMGOPA. Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo. Caixa Postal 49. CEP 74001-970 - Goiânia, GO.

³Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA-CNPAP, Caixa Postal 179. CEP 74001-970 - Goiânia, GO.

CHEMICAL, PHYSICAL AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF TWO OXISOLS FOR IRRIGATION PURPOSES

ABSTRACT

The chemical, physical and physico-chemical characteristics of two Oxisols of State of Goiás, Brazil, were analysed in order to obtain information on the suitability for irrigation purposes. Both soils were found to be suitable for sprinkle and trickle irrigation and not suitable for surface irrigation. Low water holding capacity, high acidity level and aluminum toxicity were the limiting factors to root growth.

Index terms: oxisol, water holding capacity, irrigation methods.

INTRODUÇÃO

Informações básicas sobre os solos de cerrados para fins de irrigação são ainda insuficientes, dificultando a correta utilização desta prática. A determinação de alguns parâmetros químicos, físicos e físico-hídricos desses solos fornece importantes subsídios à obtenção de uma melhor eficiência da prática da irrigação, através do máximo aproveitamento dos insumos envolvidos neste processo, como água, fertilizantes e energia. Essas informações poderão ainda caracterizar os solos, quanto às suas susceptibilidades à erosão, às alterações sofridas nas suas características físicas decorrentes dos seus manejos, podendo indicar os métodos de irrigação mais apropriados.

Segundo a classificação de Koppen, o clima da região dos cerrados é do tipo Aw (tropical e chuvoso), nas suas partes altas, e Cwh₁ (temperado chuvoso de inverno seco) no Planalto Central.

Os dados climáticos apresentados na Tabela 1, relativos às médias mensais de 11 anos, observados na Estação Experimental de Zootecnia, de Senador Canedo, GO, caracterizam dois períodos bem definidos: a estação chuvosa, compreendida entre outubro e abril, onde ocorrem cerca de 92% do total anual precipitado, e a estação seca, de maio a setembro, onde praticamente não ocorrem precipitações. A temperatura média anual é de 22,2°C, e as médias mínimas e máximas anuais de 17,1 e 29,2°C, respectivamente. Os meses mais frios são junho e julho, quando a temperatura média fica em torno de 19°C e as mínimas em 12,7 e 12°C, respectivamente. A umidade relativa do ar apresenta-se baixa nos meses de julho a setembro, provocando níveis de evaporação superiores a 250 mm mensais.

No período de maio a setembro, ocorrem déficits hídricos elevados que são sensivelmente reduzidos em outubro, quando se inicia a estação chuvosa. De acordo com Espinoza et al. (1982), a estação seca é responsável por severas limitações à exploração agrícola, na maior parte da região dos cerrados, o que provoca uma diminuição no aproveitamento de mão-de-obra e de maquinaria agrícola. Dessa forma, exceto em áreas onde a irrigação é adotada, a agricultura restringe-se à estação chuvosa que, por sua vez, apresenta períodos de estiagem denominados "veranicos", de duração e época de ocorrência variáveis. Dependendo da fase de desenvolvimento das culturas, os "veranicos" podem provocar sensíveis decréscimos na produtividade.

TABELA 1. Médias mensais climatológicas observadas na Estação Experimental de Zootecnia de Senador Canedo¹, no período de 1980 a 1990.

Mês	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Insoleção (horas)
	Máxima	Mínima	Média				
Janeiro	28,8	19,5	23,2	80,1	265,9	106,0	152,1
Fevereiro	29,2	19,2	23,1	78,5	240,5	104,8	161,6
Março	29,4	19,3	23,1	79,8	216,1	99,0	177,7
Abril	29,3	17,6	22,5	76,2	138,0	123,4	218,0
Maiο	28,7	15,5	21,1	72,5	44,2	144,1	225,9
Junho	27,9	12,7	19,2	67,1	13,8	185,7	224,4
Julho	28,0	12,0	19,1	57,5	12,4	252,7	245,6
Agosto	29,9	14,2	22,0	52,7	17,8	289,7	237,7
Setembro	31,1	17,0	23,2	56,2	48,1	260,0	189,4
Outubro	30,6	18,7	23,9	67,1	150,7	188,2	200,9
Novembro	29,3	19,5	23,5	74,9	191,5	121,1	166,6
Dezembro	28,1	19,6	23,0	81,4	325,2	87,8	119,0
Médias anuais:	29,2	17,1	22,2	Totais anuais:	1.664,5	1.962,4	2.318,9

¹Situada a cerca de 3 km da Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo.

Na estação seca, a irrigação é prática imprescindível à agricultura; na estação chuvosa a irrigação suplementar é prática recomendável, face à grande probabilidade de ocorrência de "veranicos". O efeito dos "veranicos" pode ser minimizado mediante a adoção de algumas práticas como redução da densidade de sementeira, aumento do volume de solo explorado pelas raízes, eliminação de impedimentos químicos e físicos, emprego de níveis de adubação adequados, para aumentar a

resistência das culturas ao déficit hídrico, e início do plantio após o começo das chuvas, em datas diferenciadas para cada cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram analisadas as características físicas, físico-hídricas e químicas de um latossolo vermelho-escuro (LE) da Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo, Goiás, e de um latossolo roxo (LR) da Estação de Pesquisa "Olavo Sérvulo de Lima", de Jataí, Goiás.

As amostras de solo foram coletadas com estruturas deformada e indeformada, em camadas de 15 cm de espessura, até a profundidade de 1,20 m. As amostras com estrutura deformada foram coletadas com trados e as com estrutura indeformada com anéis volumétricos de 90,78 cm³. Em todas as determinações considerou-se a média de três repetições.

A densidade global (Dg) foi determinada utilizando-se anéis volumétricos, e a densidade de partículas (Dp) através de álcool etílico e balões volumétricos, segundo a metodologia da EMBRAPA (1979). A porosidade total (Pt) foi calculada pela fórmula $Pt (\%) = 100 (1 - Dg/Dp)$.

Para a determinação da microporosidade, utilizou-se a "mesa de tensão", segundo a metodologia da EMBRAPA (1979); a macroporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

A granulometria foi determinada pelo método do densímetro de Bouyoucos, sendo a dispersão feita pelo hidróxido de sódio a 0,1 N.

A capacidade de campo foi obtida através da determinação da umidade por gravimetria e de leituras de tensiômetros, durante a drenagem interna de uma área inicialmente saturada.

As curvas de retenção de água foram obtidas mediante a utilização do aparelho de pressão e placas porosas de Richards, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (1979). Para as tensões baixas ($< 0,4$ atm), adaptou-se ao aparelho uma coluna de mercúrio, visando a alcançar maior precisão nas leituras e nas tensões aplicadas.

A matéria orgânica foi determinada pelo método Walkley-Black, apud EMBRAPA (1979). A água disponível (Ad) no solo, em mm, foi obtida mediante a expressão $Ad = (UV_{cc} - UV_{LI})/10 \times L$, onde UV_{cc} é a umidade volumétrica (%) do solo, quando o mesmo atinge a capacidade de campo; UV_{LI} é a umidade volumétrica (%) do solo, quando o mesmo atinge a tensão limite inferior considerada; e L é a espessura da camada de solo considerada, em cm.

A velocidade de infiltração média (V_{Im}), em mm/min, e a infiltração acumulada (IA), em cm, foram determinadas pelo método do cilindro "Forsythe". O pH do solo foi determinado em água, na proporção de 1:2,5.

A saturação de alumínio (%) foi calculada através da divisão do teor de alumínio trocável pela soma das bases trocáveis mais hidrogênio e alumínio trocáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Solo da Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo

O solo da Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo foi classificado como latossolo vermelho-escuro distrófico, horizonte A moderado, textura franco-argilosa a argilosa, fase contacto cerrado/floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado. O mesmo é considerado não pedregoso, não rochoso, sem erosão aparente, acentuadamente drenado e sem uso atual.

Na Tabela 2 são observadas as características físicas do solo, cujas camadas foram classificadas como franco-argilosa (0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm) e argilosa (60-75, 75-90, 90-105 e 105-120 cm).

TABELA 2. Parâmetros físicos do perfil de em latossolo vermelho-escuro (LE), situado na Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo, GO.

Profundidade (cm)	Densidade (g/cm ²)		Porosidade (%)			Granulometria (%)						Classe textural	Matéria orgânica (%)
	Global	Partícula	Total	Macro	Micro	Areia		Argila		Argila natural			
						grossa	fina	Total	Silte				
0 - 15	1,4	2,53	44,76	6,5	38,26	9,0	28,0	37,0	27,0	36,0	18,5	Franco argiloso	1,81
15 - 30	1,4	2,56	45,71	4,98	40,43	7,0	25,0	32,0	33,0	35,0	10,0	Franco argiloso	1,13
30 - 45	1,2	2,59	53,67	16,05	37,62	7,0	22,0	29,0	33,0	38,0	14,0	Franco argiloso	0,84
45 - 60	1,1	2,63	52,23	22,11	36,12	6,0	21,0	27,0	34,0	39,0	2,0	Franco argiloso	0,62
60 - 75	1,1	2,66	58,65	18,78	39,87	5,0	19,0	24,0	36,0	40,0	1,0	Argiloso	0,53
75 - 90	1,1	2,66	58,65	19,00	49,65	5,0	19,0	24,0	35,0	41,0	1,0	Argiloso	0,51
90 -105	1,1	2,66	58,65	17,99	40,66	5,0	21,0	26,0	34,0	40,0	1,0	Argiloso	0,48
105 -120+	1,1	2,66	58,65	17,67	40,98	5,0	21,0	26,0	32,0	42,0	2,0	Argiloso	0,45

As densidades globais das duas camadas superiores apresentaram valores de 1,4 g/cm², elevados para solos de cerrados não incorporados

ao processo produtivo, quando comparadas às descritas por Espinosa (1980), que variaram de 0,9 a 1,1 g/cm³.

Os menores valores de densidade de partículas, observados nas camadas superiores (0-45 cm), provavelmente decorrem do maior conteúdo de matéria orgânica nelas presente. Segundo Buckman & Brady (1967), a matéria orgânica influi de maneira marcante sobre a densidade de partículas.

A porosidade total aumentou com a profundidade até 75 cm, assumindo um valor constante, daí em diante. A macroporosidade tendeu a aumentar com a profundidade, até 60 cm, não obstante se observar decréscimo no teor de areia, o que parece indicar um elevado grau de agregação do solo, considerando-se macroporos os espaços entre os agregados. A microporosidade sempre apresentou conteúdos superiores a 36% ao longo do perfil, creditado à predominância da fração argila.

Na Tabela 3 são apresentados o intervalo de tempo, a umidade volumétrica e a tensão em que as diferentes camadas do solo atingiram a capacidade de campo (CC). Observa-se, ainda, Tabela 3, que todas as camadas atingiram a CC em 48 horas, o que pode ser indicativo de boa drenagem do solo. Os elevados valores de umidade volumétrica à CC, observados nas duas camadas superiores, podem estar ligados ao conteúdo de matéria orgânica (M.O.) que, segundo Pereira & Kage (1980), exercem forte influência sobre as propriedades físicas do solo, através de uma participação na agregação das partículas finas do solo, afetando, assim, a estabilidade estrutural, infiltração de água, teor de umidade, cultivo, atividade microbiana e penetração de raízes. A tensão de água no solo à CC variou ao longo do perfil, desde 0,05 a

0,32 atm, nas camadas de 0-15 e 30-60 cm, respectivamente. A baixa tensão à CC, na camada de 0-15 cm, parece significar que o solo atingiu esta condição logo que a água contida nos macroporos foi drenada, uma vez que há uma grande proximidade entre os valores de microporosidade (Tabela 2) e a umidade volumétrica à CC.

TABELA 3. Intervalo de tempo, umidade volumétrica e tensão à capacidade de campo, ao longo do perfil de um latossolo vermelho-escuro. Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo, GO.

Camada	Tempo	Umidade volumétrica	Tensão
cm	horas	%	atm
0 - 15	48	38,80	0,05
15 - 30	48	38,10	0,12
30 - 45	48	32,50	0,32
45 - 60	48	30,20	0,32
60 - 75	48	32,00	0,28
75 - 90	48	33,10	0,23
90 - 105	48	34,70	0,17
105 - 120	48	35,40	0,18

Observa-se (Figura 1) que as camadas superiores (0-15, 15-30 e 30-45 cm), mais acentuadamente as duas primeiras, apresentam maior capacidade de retenção de água, o que pode ser creditado aos seus maiores conteúdos de M.O., que possui propriedades cimentantes, produzindo, assim, uma melhor estruturação do solo.

As disponibilidades de água no solo, entre CC e 1,0 atm e CC e 15,0 atm, foram obtidas a partir das curvas de retenção (Figura 1). As disponibilidades de água entre estes níveis, bem como o percentual de água disponível entre a CC e 1,0 atm, em relação à CC e 15,0 atm, (denominado percentual de disponibilidade) são apresentados na Tabela 4.

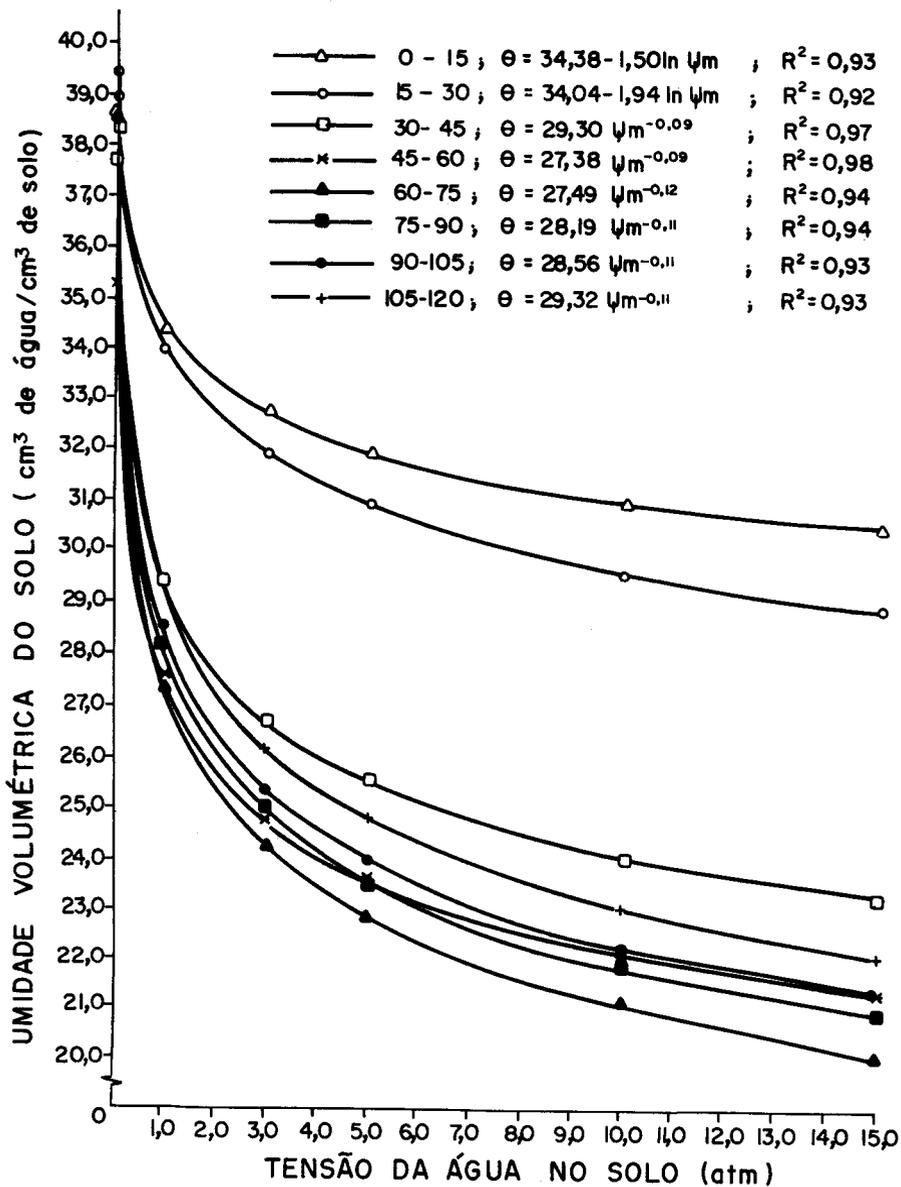


FIG. 1. Curvas de retenção de água nas camadas de um LE situado na Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo (GO), obtidas através de amostras com estrutura indeformada.

A disponibilidade de água entre a CC e 1,0 atm, limite abaixo do qual ocorrem sensíveis reduções no rendimento da maioria das culturas, foi de 12,57, 21,60, 35,74 e 54,7 mm, para as camadas de 30, 60, 90 e 120 cm, respectivamente. Isso corresponde, na mesma ordem, a armazenamentos de 0,42, 0,36, 0,40 e 0,45 mm de água/cm de solo. Essa baixa disponibilidade hídrica é, segundo Goedert (1986), uma característica da maioria dos solos de cerrados, onde geralmente estão disponíveis menos de 0,5 mm de água por cm de solo.

TABELA 4. Umidade volumétrica do solo, água disponível (Ad) e percentual de disponibilidade (PD), em latossolo vermelho-escuro. Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo, GO.

Camada	Umidade volumétrica do solo		Água disponível (Ad)				Percentual de disponibilidade (PD) ¹	cm
			CC - 1,0 atm		CC - 15,0 atm			
	1,0 atm	15,0 atm	na camada	acumulada	na camada	acumulada		
cm	%		mm				%	cm
0 - 15	38,80	34,48	30,52	6,48	6,48	12,42	12,48	
15 - 30	38,10	34,04	29,06	6,09	12,57	13,56	25,98	48,38 (0 - 30)
30 - 45	32,50	29,30	22,96	4,80	17,37	14,31	40,29	
45 - 60	30,20	27,38	21,46	4,23	21,60	13,11	53,40	40,44 (0 - 60)
60 - 75	32,00	27,49	19,86	6,77	28,37	18,21	71,61	
75 - 90	33,10	28,19	20,93	7,37	35,74	18,25	59,86	39,77 (0 - 90)
90 -105	34,70	28,56	21,20	9,21	44,95	20,25	110,11	
105 -120	35,40	29,32	21,77	9,12	54,07	20,44	130,55	41,42 (0 - 120)

¹Calculada segundo a expressão:

$$PD = (Ad (CC - 1,0 atm) / Ad (CC - 15,0 atm)) 100.$$

O percentual de disponibilidade correspondeu a 48,4; 40,4; 39,8 e 41,4% nas profundidades de 30, 60, 90 e 120 cm, respectivamente. De acordo com Espinosa (1980), a água retida entre a CC e 1,0 atm cor-

responde, nos solos de cerrados, a cerca de 66% da água retida entre a CC e o PM.

Na Figura 2 são apresentadas as relações entre a água disponível a ser aplicada e as respectivas lâminas, em função de diferentes profundidades. Assim, uma vez estabelecido o percentual de disponibilidade e a profundidade de solo explorada pelas raízes das plantas, é possível determinar a lâmina de água a ser aplicada. A apresentação dessa forma, segundo Choudhury & Millar (1981), facilita a assistência técnica, uma vez que as curvas de retenção, apesar de muito importantes para o manejo de irrigação, exigem transformações e cálculos.

A baixa disponibilidade de água destes solos requer irrigações leves e freqüentes, ou seja, aplicações de pequenos volumes de água, de modo a manter a umidade na zona radicular sem provocar lixiviação de nutrientes. Desse modo, aumentar-se-á a eficiência de uso da água que, de acordo com Bernardo (1987), será tanto maior quanto mais próxima de um for a razão entre a água evapotranspirada e a aplicada pela irrigação.

A velocidade de infiltração (VI) e a infiltração acumulada (IA) variam potencialmente com o tempo (T), Figura 3. A velocidade de infiltração básica (VIB), que foi atingida após 150 minutos com um valor de 0,250 cm/min (153,60 mm/h), caracteriza a alta capacidade de infiltração destes solos que, segundo Olitta et al. (1980), está entre 140 e 240 mm/h. Solos com alta capacidade de infiltração são propícios à irrigação por aspersão e gotejamento, pois permitem irrigações com

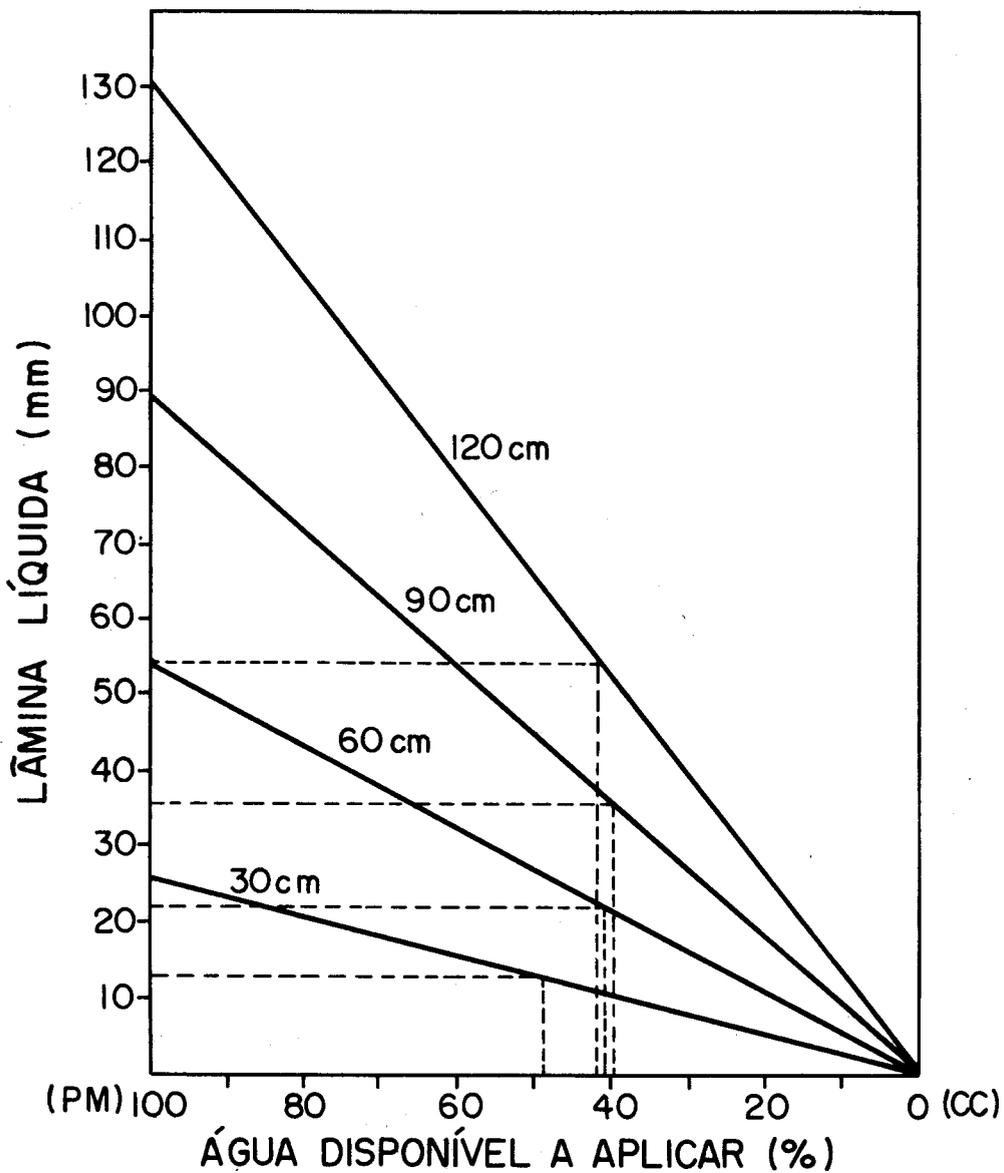


FIG. 2. Lâmina líquida em função da disponibilidade de água em um latossolo vermelho-escuro. Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo, GO.

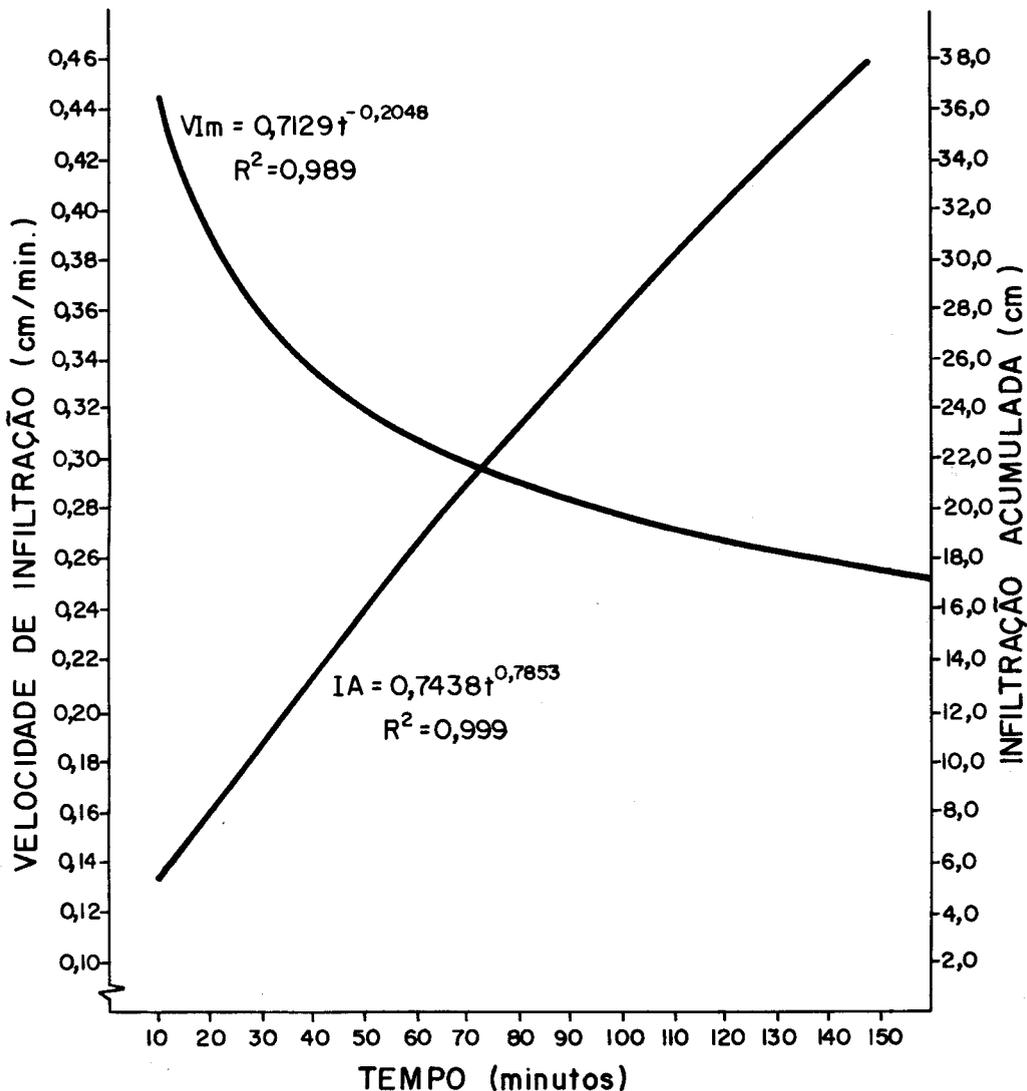


FIG. 3. Velocidade de infiltração média (V_{Im}) e infiltração acumulada (IA), determinadas pelo método do cilindro concêntrico "Forsythe", em um latossolo vermelho-escuro da Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo, GO.

maior intensidade de aplicação, diminuindo, assim, o tempo de irrigação por posição (Bernardo, 1987). Por outro lado, solos com elevada capacidade de infiltração são inadequados para a irrigação por superfície, devido às grandes perdas por percolação, as quais, para serem minimizadas, exigem a adoção de sulcos ou faixas demasiadamente curtos. Isso torna os sistemas de irrigação mais caros, em função de fatores relacionados com aumento da mão-de-obra para o manejo, maior número de canais exigidos no projeto, maior perda de área com estes canais e maior dificuldade de mecanização.

Deve-se levar em conta, ainda, que a capacidade de infiltração desses solos pode ser significativamente reduzida, em função de um manejo inadequado do solo, resultando em compactação ou mesmo pulverização da camada superficial que, quando submetida a precipitações de alta intensidade, produz um bloqueamento dos poros pelas partículas mais finas, como argila natural, que dificulta a penetração da água.

De acordo com Lopes (1983), solos com pH em água inferior a 5,0 são ácidos e entre 5,0 a 5,9 são de acidez média. Assim, conforme a Tabela 5, o solo em estudo é considerado ácido nas camadas superiores (0 a 30 cm) e de acidez média nas demais camadas. Essa acidez acarreta como consequência níveis de alumínio em quantidades tóxicas para as culturas, as quais podem apresentar redução de rendimento, a partir de valores acima de 20% de saturação de alumínio. Nesse solo, este nível foi superado nas camadas superficiais, sobretudo nas duas primeiras, onde se observam valores de 50% de saturação de alumínio. Essa situação provoca um pequeno desenvolvimento radicular das culturas, restringindo o volume de solo explorado pelas raízes, o que, por sua vez,

diminui a disponibilidade de água. As características químicas e físico-hídricas desse solo, associadas às características climáticas da região de cerrados, constituem elementos não propícios a uma utilização racional da irrigação, pelo fato desta prática, nestas condições, ter que ser procedida com alta frequência, o que pode não ser viável economicamente.

TABELA 5. Acidez (pH em água) e saturação de alumínio de um latossolo vermelho-escuro. Estação Experimental "Filóstro Machado Carneiro" de Senador Canedo, GO.

Camada (cm)	pH em água	Saturação de Al (%)
0 - 15	4,8	50,4
15 - 30	4,8	50,0
30 - 45	5,3	20,3
45 - 60	5,2	10,0
60 - 75	5,4	13,6
75 - 90	5,5	13,0
90 - 105	5,5	17,6
105 - 120	5,5	23,0

Os problemas de elevada acidez que, normalmente, conduzem a níveis de saturação de alumínio indesejáveis para o desenvolvimento da maioria das culturas, podem ser corrigidos mediante a calagem do solo que, de acordo com Souza et al. (1986), promove outros efeitos importantes para a fertilidade do solo, tais como aumento na CTC (cargas negativas), aumento do teor de cálcio e de magnésio, favorecimento da atividade biológica e aproveitamento mais eficiente dos adubos adicionados.

O aumento da disponibilidade hídrica do solo, através do aprofundamento radicular, requer a incorporação profunda dos corretivos, o que, segundo Luchiari Jr. et al. (1986), além das limitações mecâni-

cas, é muito onerosa devido ao alto consumo de energia, não havendo, ainda, evidências do transporte físico das partículas de calcário para o subsolo. Entretanto, alguns resultados satisfatórios foram encontrados, quando o calcário foi incorporado em camadas subsuperficiais, levando a crer que esta prática, quando aplicada com critério, pode promover um aumento da disponibilidade hídrica do solo e uma melhor utilização dos fertilizantes. De acordo com Nunes & Eichler (1989), o uso do gesso pode provocar uma movimentação mais rápida e profunda do cálcio e de outros nutrientes, reduzindo a toxidez de alumínio e, conseqüentemente, melhorando o perfil do solo.

Solo da Estação de Pesquisa "Olavo Sérvulo de Lima" de Jataí

Na Estação de Pesquisa de Jataí, o solo estudado foi classificado como latossolo roxo (LR) distrófico, e suas características físicas são apresentadas na Tabela 6.

TABELA 6. Parâmetros físicos do perfil de um latossolo roxo (LR) da Estação de Pesquisa "Olavo Sérvulo de Lima", Jataí, GO.

Profundidade	Densidade		Porosidade			Granulometria						Classe textural	Matéria orgânica
	Global	Partícula	Total	Macro	Micro	Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila	Argila natural		
- cm -	- g/cm ³ -		- % -									- % -	
0 - 15	1,30	2,98	56,38	14,24	43,43	15,00	13,00	28,00	27,00	45,00	17,00	Argiloso	3,32
15 - 30	1,34	3,01	55,50	12,13	43,37	16,00	12,00	28,00	27,00	45,00	17,00	Argiloso	3,17
30 - 45	1,25	2,97	57,91	16,11	41,60	15,00	12,00	27,00	27,00	46,00	4,00	Argiloso	2,32
45 - 60	1,21	3,00	59,66	14,72	43,94	13,00	12,00	25,00	28,00	47,00	1,00	Argiloso	1,43
60 - 75	1,20	2,99	59,86	16,46	43,40	13,00	12,00	25,00	28,00	47,00	0,00	Argiloso	1,43
75 - 90	1,18	2,99	60,53	16,73	43,80	13,00	12,00	25,00	27,00	48,00	0,00	Argiloso	1,55
90 - 105	1,21	3,00	59,66	14,80	44,86	13,00	12,00	25,00	27,00	48,00	0,00	Argiloso	0,89
105 - 120	1,23	3,02	59,27	14,23	45,04	13,00	11,00	24,00	27,00	49,00	0,00	Argiloso	0,92

Nesse solo foram observados valores de densidade global mais elevados nas camadas superficiais, indicando que ocorreu alguma compactação na camada de 15-30 cm, onde a porosidade total e a macroporosidade diminuíram. A densidade de partículas apresentou valores muito próximos a $3,0 \text{ g/cm}^3$, ao longo do perfil analisado, podendo ser indicativo da presença de minerais pesados (Buckman & Brady, 1967), uma vez que a maioria dos solos apresenta uma D_p entre 2,60 e $2,75 \text{ g/cm}^3$.

As variações na porosidade total, macro e microporosidade foram pequenas, talvez como consequência da granulometria uniforme ao longo do perfil do solo. A microporosidade elevada resulta da predominância da fração argila que, sempre, foi superior a 45%. Os valores de macroporosidade são relativamente elevados, o que, em princípio, pode contribuir para explicar a tendência de compactação dos solos trabalhados, fator que aumenta a D_g e diminui o conteúdo de macroporos. Isso, associado à argila dispersa em água que, neste solo, atingiu 17% nas camadas superiores (0-30 cm), e provoca, segundo Luchiari Jr. et al. (1986), uma sensível redução na permeabilidade do solo, aumentando os riscos de erosão sob chuvas de alta intensidade e a resistência mecânica ao crescimento das raízes.

O teor de matéria orgânica, nos 30 cm superficiais do solo, foi superior aos encontrados na maioria dos solos de cerrados, que variam de 2 a 3%, níveis considerados médios por Pereira & Peres (1986).

O intervalo de tempo, a umidade volumétrica e a tensão em que ocorreu a capacidade de campo (CC), ao longo do perfil do LR, são

mostrados na Tabela 7. A CC foi atingida em 41 e 65 horas, para as camadas contidas nas faixas de 0-60 cm e 60-120 cm, respectivamente. A CC, ao longo do perfil, ocorreu com consideráveis conteúdos de umidade e a baixas tensões de água no solo, onde o valor máximo observado foi de 0,21 atm, na camada de 15-30 cm. Esse comportamento pode ser atribuído ao razoável conteúdo de macroporos existentes neste solo que, segundo Lopes (1983), permitem um rápido deslocamento da água contida neles, mediante a ação de forças gravitacionais.

TABELA 7. Intervalo de tempo, umidade volumétrica e tensão à capacidade de campo ao longo do perfil de um latossolo roxo distrófico. Estação de Pesquisa "Olavo Sérvulo de Lima", Jataí, GO.

Camada	Intervalo de tempo	Umidade volumétrica	Tensão
cm	horas	%	atm
0 - 15	41	38,40	0,10
15 - 30	41	38,10	0,21
30 - 45	41	37,35	0,14
45 - 60	41	38,00	0,13
60 - 75	65	38,24	0,09
75 - 90	65	39,29	0,10
90 - 105	65	40,05	0,07
105 - 120	65	40,56	0,06

As curvas de retenção de água das diferentes camadas do solo são observadas na Figura 4. As duas camadas superiores apresentam maior capacidade de retenção de água, podendo-se atribuir este fato aos maiores teores de matéria orgânica nelas presente. A camada de 30-45 cm, embora apresentando um teor de matéria orgânica inferior apenas às duas camadas superiores, possui uma capacidade de retenção de água menor que a observada na camada de 105-120 cm, provavelmente, devido ao maior conteúdo de microporos dela. As curvas de retenção em

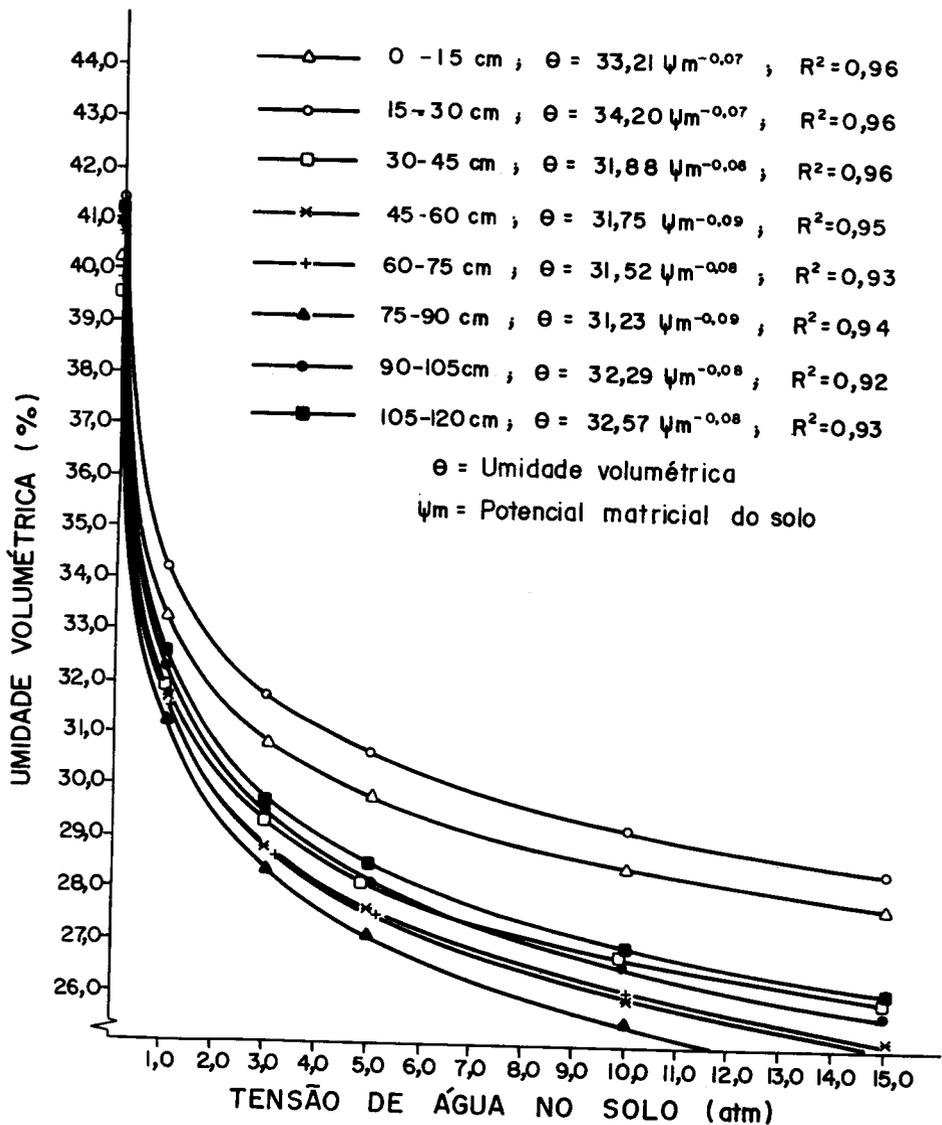


FIG. 4. Curvas de retenção de água nas camadas de um latossolo roxo da Estação de Pesquisa "Olavo Sérvulo de Lima", Jataí (GO), obtidas de amostras com estrutura indeformada.

todas as camadas analisadas demonstram a mesma conformação $\theta = a(V_m)^b$ onde θ é a umidade volumétrica, V_m é a tensão matricial e a e b são constantes do solo. Isso caracteriza uma liberação de água muito grande no início do processo, que corresponde a água facilmente retirada dos macroporos a baixas tensões e, assim, progressivamente, a água é liberada de poros cada vez menores a tensões maiores e a taxas decrescentes.

Na Tabela 8 observam-se a umidade volumétrica do solo a diferentes potenciais, água disponível e percentual de disponibilidade.

TABELA 8. Umidade volumétrica do solo, água disponível (Ad) e percentual de disponibilidade em latossolo roxo distrófico. Estação de Pesquisa "Olavo Sérvulo de Lima", Jataí-GO.

Camada	Umidade volumétrica do solo		Água disponível (Ad)				Percentual de disponibilidade (PD) ¹	
			CC - 1,0 atm		CC - 15,0 atm			
	1,0 atm	15,0 atm	Na camada	Acumulado	Na camada	Acumulado		
0 - 15	38,40	33,21	27,48	7,78	7,78	16,38	16,38	
15 - 30	38,10	34,20	28,29	5,85	13,63	14,72	31,10	43,8 (0 - 30)
30 - 45	37,35	31,88	25,67	8,21	21,84	17,52	48,62	
45 - 60	38,00	31,75	24,88	9,38	31,22	19,68	68,30	45,7 (0 - 60)
60 - 75	38,24	31,52	25,38	10,08	41,30	19,29	87,59	
75 - 90	39,29	31,23	24,48	12,09	53,39	22,22	109,80	48,62 (0 - 90)
90 - 105	40,05	32,29	26,00	11,64	65,03	21,08	130,89	
105 - 120	40,56	32,57	26,23	11,99	77,02	21,50	152,39	50,54 (0 - 120)

¹Calculada segundo a expressão:

$$PD = (Ad (CC - 1,0 atm) / Ad (CC - 15 atm)) 100.$$

A umidade volumétrica à capacidade de campo apresentou valores elevados, o que pode ser creditado à textura fina deste solo com pre-

dominância da fração argila, superior a 45%. Essa predominância, por sua vez, leva à formação de grande quantidade de microporos, que se caracteriza por reter água a tensões mais elevadas. A pequena redução no conteúdo de água retido observada no solo, quando o mesmo passou da CC para as tensões de 1,0 atm ou mesmo de 15,0 atm, evidencia sua baixa disponibilidade hídrica, não obstante o mesmo apresentar um razoável conteúdo de água armazenado em qualquer uma destas tensões. Essa é, certamente, a característica físico-hídrica do solo mais limitante ao desenvolvimento das plantas, uma vez que a faixa de tensão de água no solo, na qual a maioria das culturas apresenta uma boa produtividade, situa-se entre a CC e 1,0 atm. Assim, conforme Tabela 8, nos 60 cm superiores do solo estariam disponíveis apenas 31,2 mm de água. Por outro lado, impedimentos químicos e físicos do solo restringem o desenvolvimento radicular das plantas às camadas superficiais, diminuindo ainda mais a disponibilidade hídrica.

A baixa disponibilidade hídrica deste solo exige irrigações leves e freqüentes, ou seja, a cada irrigação aplica-se pequena quantidade de água, que é consumida em poucos dias, necessitando de freqüentes reposições. A perfeita caracterização e quantificação dessa característica físico-hídrica do solo é de suma importância na elaboração de projetos, e no correto manejo dos sistemas de irrigação, os quais, se mal utilizados, podem acarretar problemas como lixiviação de nutrientes, gasto desnecessário de energia ou ainda aplicação de água em quantidade inferior à desejada, sendo que quaisquer destes problemas implicam na diminuição da eficiência do sistema de irrigação e dos insumos envolvidos no processo.

Um critério adotado para o dimensionamento de projetos de irrigação consiste em se adotar um percentual de disponibilidade que possibilita determinar a lâmina líquida que deve ser aplicada neste solo em cada irrigação, em função ainda de cada profundidade considerada, Figura 5. Constatou-se (Tabela 8) que o percentual de disponibilidade (relativo a CC - 1,0 atm) foi de 43,8, 45,71, 48,62 e 50,54%, nas profundidades de 30, 60, 90 e 120 cm, respectivamente. Dessa forma, nesse solo, a dose líquida a ser aplicada em cada irrigação, numa cultura cuja tensão limite inferior é igual a 1,0 atm e a profundidade radicular é de 30 cm, corresponde a leitura da ordenada do gráfico da Figura 5, que é de 13,6 mm e representa 43,8% do total armazenado entre a CC e o PM.

Na Figura 6 observam-se a velocidade de infiltração média (VIm) e a infiltração acumulada (IA), as quais variaram potencialmente com o tempo. A velocidade de infiltração básica (VIB), que corresponde a um valor onde a curva de VIm se estabiliza, foi de 233 mm/h, (0,389 mm/min), o que, de acordo com Hillel (1970), encontra-se na faixa de VIB observada em solos arenosos. Isso caracteriza a importância da estrutura no comportamento hídrico dos latossolos que, embora sendo solos de textura argilosa, apresentam níveis de macroporos que lhes conferem boa capacidade de infiltração. Assim, esse solo, neste aspecto, não apresenta limitações à irrigação por aspersão ou gotejamento. Contudo, deve-se levar em consideração que o seu manejo intenso e inadequado pode provocar uma redução sensível na sua capacidade de infiltração, sobretudo, pela ação de precipitações intensas, quando o solo se encontrar nu, o que pode dispersar sua argila natural, provocando o bloqueamento dos poros.

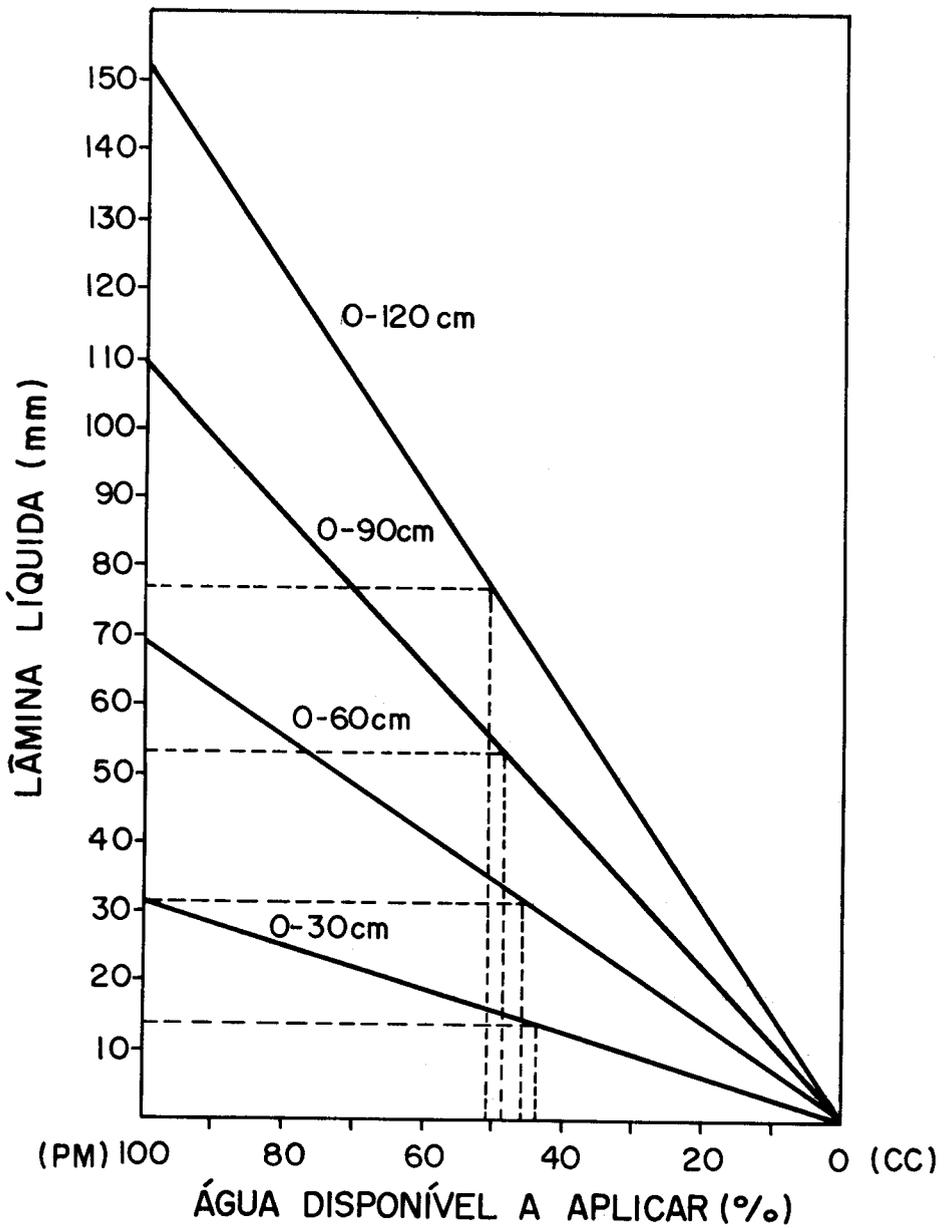


FIG. 5. Lâmina líquida em função da disponibilidade de água em um latossolo roxo distrófico. Estação de Pesquisa "Olavo Sérvulo de Lima". Jataí, GO.

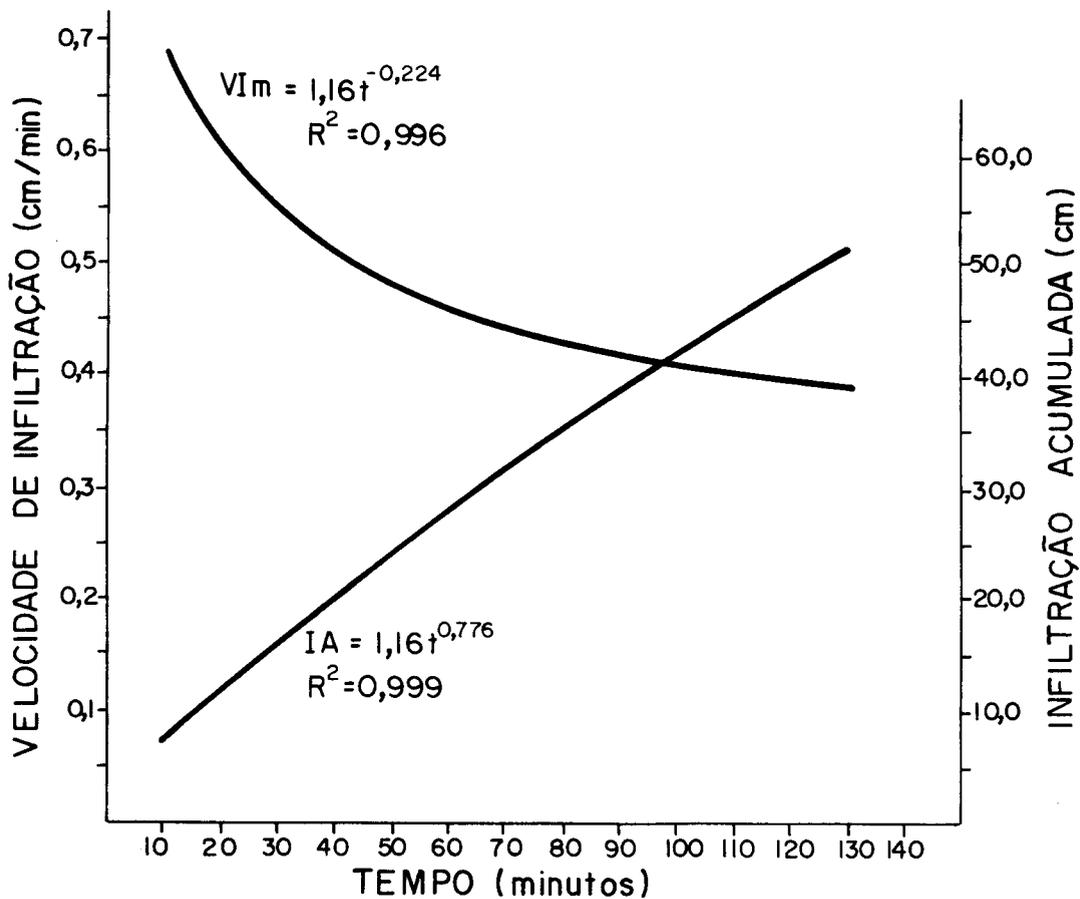


FIG. 6. Velocidade de infiltração média (V_{Im}) e infiltração acumulada (IA), determinadas pelo método do cilindro concêntrico "Forsythe", em um latossolo roxo da Estação de Pesquisa "Ola-vo Sérvulo de Lima", Jataí, GO.

Por outro lado, a elevada capacidade de infiltração desse solo não o recomenda para irrigação por superfície, pois as perdas por percolação profunda são grandes, exigindo sistemas onerosos e de difícil manejo.

Esse solo apresenta, ao longo de todo o seu perfil, um pH em água superior a 5,0, o que corresponde a uma acidez média, Tabela 9. A saturação de alumínio é superior a 20% somente nos 30 cm superficiais, valor acima do qual as culturas apresentam redução de rendimento. Segundo Lobato & Ritchey (1980), o efeito mais evidente de altos níveis de Al no solo é uma limitação ao crescimento radicular, o que altera drasticamente a morfologia das raízes, provocando ainda uma acentuada redução das raízes secundárias e capilares em número e em comprimento, mostrando-se também engrossadas e tortuosas. Disso decorre uma redução no volume de solo explorado pelas raízes, implicando numa menor disponibilidade hídrica. Evidencia-se a necessidade de correção da acidez desses solos, principalmente daqueles que estão sendo incorporados ao processo produtivo, onde as características químicas negativas são mais acentuadas.

TABELA 9. Acidez (pH em água) e saturação de alumínio de um latossolo roxo distrófico, Estação de Pesquisa "Olavo Sérvulo de Lima", Jataí, GO.

Camada cm	pH em água	Saturação de Al %
0 - 15	5,2	23,5
15 - 30	5,1	30,1
30 - 45	5,2	12,5
45 - 60	5,3	3,8
60 - 75	5,3	0,0
75 - 90	5,4	0,0
90 - 105	5,7	0,0
105 - 120	5,6	0,0

CONCLUSÕES

A análise dos dados permite concluir que os latossolos estudados apresentam boa drenagem interna, boa capacidade de retenção de água, baixa disponibilidade hídrica, alta capacidade de infiltração e alta saturação de alumínio. As suas características físico-hídricas indicam que são propícios para irrigação por aspersão e gotejamento, e não aconselháveis para irrigação por superfície.

REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 4 ed. Viçosa, MG: EFV, Impr. Univ., 1987. 488 p.
- BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro, RJ: Freitas Bastos, 1967. 594 p.
- CHOUDHURY, E.N.; MILLAR, A.A. Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do projeto Bebedouro. In: PESQUISA EM IRRIGAÇÃO NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO: SOLO, ÁGUA, PLANTA. Petrolina, PE: 1981. p. 1-14. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 4).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-SNLCS, 1979.

- ESPINOZA, W. Manejo da cultura visando a um melhor aproveitamento da água nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., Brasília, DF. 1989. Cerrado: Uso e Manejo, Brasília, Editerra, 1980. p. 675-729.
- ESPINOZA, W.G.; AZEVEDO, L.G. de; JARRETA JUNIOR, M. **O clima da região dos cerrados em relação à agricultura.** Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 1978. 37 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 4).
- GALRÃO, E.Z.; LOPES, A.S. Deficiências nutricionais em solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília, DF. Cerrado: uso e manejo, Brasília: Editerra, 1980. p. 617-642.
- GOEDERT, W.J.; SCOLARI, D.D.G.; LOBATO, E. **Estratégia de uso e manejo do solo.** In: GOEDERT, W.J. (ed.). Solos de cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo. SP: Nobel, 1986. p. 409-422.
- HILLEL, D. **Solo e água; fenômenos e princípios físicos.** Porto Alegre, RS: UFRGS, 1970. 231 p.
- LOBATO, E.; RITCHEY, K.D. Manejo do solo visando a melhorar o aproveitamento de água. IN: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília, DF. Cerrado: uso e manejo. Brasília: Editerra, 1980. p. 643-671.
- LOPES, A.S. **Solos sob "Cerrado"; características, propriedades e manejo.** Piracicaba, SP: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162 p.
- LUCHIARI JÚNIOR, A.; RESENDE; M.; RITCHEY, K.D.; FREITAS JÚNIOR, E. de; SOUZA, P.I. de M. **Manejo do solo e aproveitamento de água.** In: GOEDERT, W.J. (ed.). Solos de cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, SP: Nobel, 1986. p. 285-322.

NUNES, M.R.; EICHLER, V. **Efeito de doses de gesso e calcário na produção de soja em oxissolos.** Goiânia: EMGOPA, 1989. 8 p. (EMGOPA. Pesquisa em Andamento, 39).

OLITTA, A.F.; AZEVEDO, J.A. de; CARRIJO, D.A.; RAMOS, L.C. Irrigação em áreas de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília, DF. Cerrados: uso e manejo. Brasília: Editerra, 1980. p. 749-761.

PEREIRA, J.; KAGE, H. Manejo da matéria orgânica em solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília, DF. Cerrado: uso e manejo. Brasília: Editerra, 1980. p. 581-591.

PEREIRA, J.; PERES, J.R.R. **Manejo da matéria orgânica.** In: GOEDERT, W.J. (ed.). Solos de cerrado: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, SP: Nobel, 1986. p. 261-284.

SOUZA, D.M.G. de.; CARVALHO, L.J.C.B.; MIRANDA, L.N. **Correção da acidez do solo.** In: GOEDERT, W.J. (ed.). Solos de cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel, SP, 1986. p. 99-127.