

LIMITE SUPERIOR E INFERIOR DE RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO: MÉTODO LABORATORIAL E DE ESTIMATIVA

DEBORAH DE AMORIM TEIXEIRA SANTOS^{1*}; TONNY JOSÉ ARAÚJO DA SILVA²; RÔMULO CAIQUE GONÇALVES FELETTI³; EDNA MARIA BONFIM-SILVA⁴; MILTON FERREIRA DE MORAES⁵ E EMILIO CARLOS DE AZEVEDO⁶

**Dados parciais da dissertação de mestrado da primeira autora.*

¹Universidade Federal de Mato Grosso/Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil, deborahamorim7@hotmail.com

²Professor Titular, Universidade Federal de Rondonópolis/Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rodovia MT 270, 5055, 78735-910, Rondonópolis, MT, Brasil, tonnyjasilva@gmail.com

³Universidade Federal de Mato Grosso/Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil, rcfeletti@gmail.com

⁴Professor Associado, Universidade Federal de Rondonópolis/Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rodovia MT 270, 5055, 78735-910, Rondonópolis, MT, Brasil, embonfim@hotmail.com

⁵Professor Adjunto, Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário do Araguaia/Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Av. Valdon Varjão, 6390, 78605-091, Barra do Garças, MT, Brasil, moraesmf@yahoo.com.br

⁶Professor Titular, Faculdade de Agronomia e Zootecnia/ Departamento de Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil, emilio.azevedo@ufmt.br

1 RESUMO

Neste estudo, objetivou-se comparar os valores estimados por funções de pedotransferência com os dados dos limites de retenção de água no solo, observados em laboratório. Foram selecionadas 7 áreas localizadas em Mato Grosso, das quais foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, com vistas à análise de um conjunto de atributos físicos e físico-hídricos. A partir das análises das amostras foram avaliadas quatro funções de pedotransferência e um software, obtidos em publicações. Para a validação do desempenho das funções utilizou-se o coeficiente de Pearson, raiz quadrada do erro médio, índice de concordância e o índice de desempenho. O conteúdo de água disponível correlaciona-se com a microporosidade e a granulometria do solo, funções geradas a partir dessas variáveis preditoras apresentam bons coeficientes de determinação. Parte das funções testadas apresentaram baixa acurácia na estimativa do conteúdo de água, com exceção das funções de Rosseti *et al.* (2022) na tensão de 0,033 MPa e Nascimento *et al.* (2010) na tensão de 1,5 MPa, podendo ser utilizadas para predição do conteúdo de água nos respectivos potenciais. Funções de pedotransferência podem ser empregadas para estimar o limite superior e inferior de retenção de água no solo quando não extrapoladas para além do local de origem.

Palavras-chave: Relação solo-água, atributos físico-hídrico, disponibilidade hídrica, função de pedotransferência.

SANTOS, D. A. T.; SILVA, T. J. A. S.; FELETTI, R.C. G.; BONFIM-SILVA, E. M.; MORAES, M. F.; AZEVEDO, E. C.

UPPER AND LOWER LIMIT OF WATER RETENTION IN SOIL: LABORATORY METHOD AND ESTIMATION

2 ABSTRACT

This study aimed to compare the values estimated by pedotransfer functions with the data from soil water retention limits, observed in the laboratory. We selected 7 areas located in Mato Grosso, from which deformed and deformed samples were collected, with a view to the analysis of a set of physical and physical-hydric attributes. From the analysis of the samples, four pedotransfer functions and one software obtained in publications were evaluated. To validate the performance of the functions, Pearson coefficient, square root of the mean error, agreement index and performance index were used. The available water content correlates with the microporosity and granulometry of the soil, functions generated from these predictor variables present good coefficients of determination. Part of the tested functions showed low accuracy in estimating water content, with the exception of the functions of Rosseti et al. (2022) at the tension of 0.033 MPa and Nascimento et al. (2010) at the tension of 1.5 MPa, which can be used to predict the water content in the respective potentials. Pedotransfer functions can be employed to estimate the upper and lower limit of soil water retention when not extrapolated beyond the place of origin.

Keywords: Soil-water relationship, physical-water attributes, water availability, pedotransfer function.

3 INTRODUÇÃO

Devido à alta demanda hídrica que as plantas apresentam para completar o seu ciclo de desenvolvimento, a irrigação é uma técnica útil, principalmente em regiões onde existe a escassez de água devido a heterogeneização da distribuição espaço-temporal das precipitações. Tem-se observado que o conhecimento dos processos de fluxo e movimento da água no solo são essenciais para controlar o conteúdo de água disponibilizado às raízes.

Uma forma de descrever a disponibilidade de água para as plantas é através da curva característica de retenção de água no solo. Cujo o método demonstra a disponibilidade hídrica através da relação entre o conteúdo volumétrico da água no solo e o potencial matricial. Sendo a água disponível para a planta calculada através da diferença entre o limite superior e o limite inferior, representados pelo teor de água no solo na capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente (ROSSETI *et al.*, 2022).

As propriedades hidráulicas dos solos são em geral de difícil determinação, principalmente tratando-se de obter esses valores em larga escala, devido ao elevado custo para a realização das análises e morosidade para obter os resultados (POLLACCO; FERNÁNDEZ-GÁLVEZ; CARRICK, 2020).

Devido as dificuldades apresentadas pela metodologia clássica na determinação dos parâmetros das propriedades hídricas do solo, foram criadas equações matemáticas, denominadas funções de pedotransferência, que significa “traduzindo dados que nós temos em dados que nós precisamos” (BOUMA, 1989).

As propriedades utilizadas como preditoras dessas funções, variam de acordo com a disponibilidade e facilidade para realizar as medições (KOTLAR; VAN LIER; BRITO, 2020). Existe uma variedade de métodos que podem ser empregados para desenvolver as funções de pedotransferência, em sua maioria são utilizados atributos físicos do solo, devido a relação existente entre as variáveis físicas e

as propriedades hidráulicas do solo (MCNEILL *et al.*, 2018).

Os primeiros a trabalharem com funções de pedotransferência no Brasil foram Arruda, Zullo e Oliveira (1987), cujo o trabalho obteve modelos práticos de equação na relação entre a granulometria e a umidade do solo na capacidade de campo. Este serviu de base para que outros fossem desenvolvidos, entretanto existe a necessidade de ampliar estudos nessa área, principalmente em regiões que apresentam déficit de equações.

Objetivou-se com esse trabalho comparar os valores estimados pelas funções de pedotransferência com os dados dos limites de retenção de água no solo observados em laboratório.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no estado de Mato Grosso. O clima da região é considerado como Aw, segundo a classificação de Köppen, ou seja, com chuvas no verão e o inverno seco. Para a formação do banco de dados foram selecionados 7 (sete) pontos amostrais, escolhidos em função da representatividade dos solos predominantemente utilizados para a agricultura na região.

As amostras coletadas (Tabela 1) contemplam a classe dos Latossolos e Argissolos, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Tabela 1. Pontos amostrais e localização geográfica das amostras dos solos coletados no estado de Mato Grosso.

Áreas	Município	Coordenadas Geográficas	Altitude	Classe de Solo
1	Campo Verde	15°37'46,7"S 55°11'29,9"O	781	Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico
2	Juscimeira	16°05'13,3"S 55°05'49,5"O	570	Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico
3	Paranatinga	14°14'18,9"S 53°45'47,7"O	558	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico
4	Paranatinga	14°14'02,2"S 53°45'24,1"O	560	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico
5	Poconé	16°06'00,7"S 56°44'52,6"O	183	Latossolo Vermelho- Amarelo Distrófico
6	Primavera do Leste	15°32'02,1"S 54°08'26,9"O	641	Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico
7	Rondonópolis	16°35'35,0"S 54°52'43,7"O	560	Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico

Fonte: Santos et al. (2023)

Em cada área coletou-se amostras de solos deformadas e indeformadas nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm, mediante três repetições, totalizando 126 amostras. As amostras indeformadas, foram coletadas com o auxílio de um extrator de Kopeck, com anel metálico de aproximadamente, 50 mm de diâmetro e 50

mm de altura. E as amostras deformadas de solo foram coletadas com o auxílio de um trado tipo holandês. Ambas foram encaminhadas ao Laboratório de Física do Solo da Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEVZ), da Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá.

As amostras de solo indeformadas foram saturadas por capilaridade em bandejas por 24 horas. Após esse período, os anéis foram submetidos as tensões de 0,006 MPa em uma mesa de tensão, e posteriormente as tensões de 0,033 e 1,5 MPa nas placas porosas da câmara de pressão de Richards, todas as determinações foram realizadas conforme Teixeira *et al.* (2017).

Após ter cessado a drenagem, as amostras foram secas em estufa a 105°C por 24 horas, e assim foram determinadas a massa específica do solo, porosidade total, macro e microporosidade. A contabilização da matéria orgânica e distribuição das partículas do solo foram obtidos conforme descrito por Teixeira *et al.* (2017).

Para estimar o conteúdo de água no solo nas tensões de 0,033 MPa

(correspondente a capacidade de campo) e 1,5 MPa (correspondente ao ponto de murcha permanente) nos solos amostrados, utilizaram-se as funções de pedotransferência de Lal (1978), Oliveira *et al.* (2002), Nascimento *et al.* (2010), Rosseti *et al.* (2022) e o software *Soil Water Characteristics* (SAXTON; RAWLS, 2006), que se trata de um programa de computador gráfico, desenvolvido a partir de equações derivadas de um grande banco de dados de solos do USDA, com o objetivo de estimar prontamente as características de retenção e transmissão de água, por meios de atributos como textura, matéria orgânica, salinidade, cascalho e densidade. As equações empregadas no programa encontram-se no artigo publicado por Saxton e Rawls (2006).

Tabela 2. Funções de pedotransferência utilizadas para estimar o conteúdo de água no solo nas tensões referente à capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP).

AUTOR	FUNÇÃO DE PEDOTRANSFERÊNCIA
Lal (1978)	CC _{0,033} = 0,334- 0,003Ar PMP _{1,5} = 0,247-0,003Ar
Oliveira <i>et al.</i> (2002)	CC _{0,033} = 0,00333Si+0,00387Arg PMP _{1,5} = 0,000038Ar+0,000153Si+0,000341Arg-0,030861Ds
Nascimento <i>et al.</i> (2010)	CC _{0,033} = 0,378-0,00351Ar PMP _{1,5} = 0,272-0,00269Ar
Rosseti <i>et al.</i> (2022)	CC _{0,033} = 0,057-0,001Ar+0,743Mic PMP _{1,5} = 0,386-0,004Ar-0,002
Saxton e Rawls (2006)	CC _{0,033} = Software Soil Water Characteristics PMP _{1,5} = Software Soil Water Characteristics

CC: Capacidade de campo; PMP: Ponto de murcha permanente; Ar: Areia total (%); Arg: Argila (%); Si: Silte (%); Ds: Densidade (mg m⁻³); Mic: Microporosidade (cm³ cm⁻³).

Para as análises estatísticas dos dados, realizaram-se comparações entre os valores das umidades volumétricas determinadas por meio de análises laboratoriais em relação às estimadas por meio das funções de pedotransferência. As comparações dos dados foram efetuadas por meio da análise de regressão, com o objetivo de obter o coeficiente de correlação de Pearson (r- Equação 1), o erro médio (EM-

Equação 2), a raiz do quadro do erro médio (RMSE- Equação 3), o índice de concordância de Willmott (d- Equação 4) (WILLMOTT, 1981) e o índice de desempenho (c- Equação 5) (CAMARGO; SENTELHAS, 1997).

O critério de interpretação é dado com base na Tabela 3, conforme os resultados expressos nas equações a seguir:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E)(O_i - O)}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (E_i - E)][\sum_{i=1}^n (O_i - O)]}} \quad (1)$$

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - O_i) \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2} \quad (3)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \quad (4)$$

$$c = r \times d \quad (5)$$

Onde:

E_i- Valores estimados;

O_i- Valores observados;

E- Média dos valores estimados;

O- Média dos valores observados.

Tabela 3. Classificação para índice de desempenho conforme proposto por Camargo e Sentelhas (1997).

Valores do desempenho	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,75 a 0,85	Muito Bom
0,65 a 0,75	Bom
0,60 a 0,65	Mediano
0,50 a 0,60	Sofrível
0,40 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta a média das variáveis analisadas a partir das amostras de

solos coletada. Tais resultados foram utilizados nas estimativas das funções de pedotransferência selecionadas na literatura.

Tabela 4. Valores médio observados das variáveis obtidos através das análises das amostras de solo, utilizados na avaliação da estimativa das funções de pedotransferência.

Variáveis	Média
Argila	415
Areia	430
Silte	155
Massa Específica do Solo	1,43
Porosidade Total	51,36
Macroporos	15,40
Microporos	35,96
Matéria Orgânica	19,64
$\theta_{0,033}$	0,3008
$\theta_{1,5}$	0,2230

Argila (g kg⁻¹); Areia (g kg⁻¹); Silte (g kg⁻¹); Massa Específica do Solo (Mg m⁻³); Porosidade total (%); Macroporos (%), Microporos (%); Matéria Orgânica (g dm⁻³); $\theta_{0,033}$: tensão de 0,033 MPa (m³m⁻³); $\theta_{1,5}$: tensão de 1,5 MPa tensão (m³m⁻³).

Fonte: Santos *et al.* (2023).

De acordo com a Tabela 4, o valor médio da massa específica do solo foi de 1,43 mg m⁻³ nas amostras de solos avaliadas. Kiehl (1979) afirmou em seus estudos que a massa específica do solo deve permanecer no intervalo entre 1,1 a 1,6 mg m⁻³ em solos minerais, em solos arenosos assume valores acima de 1,6 mg m⁻³. A massa específica do solo exerce uma influência direta nos atributos estruturais, seu aumento resulta na redução do volume dos poros, diminuição do comprimento, diâmetro e conectividade dos poros, afetando negativamente a condução de gases, a percolação e armazenamento de água no solo (HOLTHUSEN et al., 2020).

A textura do solo desempenha um papel fundamental nas funções de pedotransferência. Juntamente com os demais atributos físicos, a textura é frequentemente utilizada para descrever e compreender as propriedades hidráulicas do solo (MCNEILL et al., 2018).

Solos com maior quantidade (g kg⁻¹) de argila apresentam maior umidade na

capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, quando comparados a solos que possuem menores quantidades. Essa relação entre a granulometria e a capacidade de retenção de água está diretamente ligada à influência da porosidade. Em solos de textura argilosa, observa-se uma maior quantidade de microporos em comparação com solos de textura mais arenosa.

O valor médio da porosidade total encontrado nas amostras de solo avaliadas foi de 51,36%. De acordo com Kiehl (1979), para a produção agrícola, é considerado ideal que o solo apresente uma porosidade total próxima a 0,50 m³ m⁻³, juntamente com uma distribuição percentual de 34% para macroporos e 66% para microporos, sendo o limite crítico para a porcentagem de macroporosidade de 10% (SILVA et al., 2022), valores inferiores a este afetam severamente todo o desenvolvimento da cultura, pois a distribuição dos poros está diretamente relacionada a capacidade de drenagem, retenção de água do solo e aeração.

Tabela 5. Coeficiente de correlação (r) entre as variáveis analisadas com o conteúdo de água nas tensões de 0,033 MPa referente a capacidade de campo e 1,5 MPa referente ao ponto de murcha permanente.

Variáveis	0,033	1,5
Argila	0,6	0,7
Areia	-0,7	-0,8
Silte	0,5	0,5
Densidade do solo	-0,1	-0,3
Porosidade total	0,7	0,7
Macroporos	0,1	0,1
Microporos	0,9	0,9
Matéria Orgânica	0,2	0,3

Fonte: Santos et al. (2023).

O atributo que apresentou maior correlação com o conteúdo de água no solo foi a microporosidade. Essa correlação positiva pode ser atribuída ao tamanho reduzido dos poros, que resulta em uma circulação lenta da água devido às forças

capilares. Já a macroporosidade apresentou uma correlação “Muito baixa” por se tratar de uma classe de poros responsável pela drenagem e aeração do solo.

As frações de argila e silte demonstraram uma correlação positiva

significativamente com o teor de água disponível, indicando que maiores quantidades dessas frações estão relacionadas a uma maior capacidade de retenção de água no solo. Por outro lado, a fração de areia apresentou uma correlação negativa, indicando que maiores quantidades de areia estão associadas a uma menor disponibilidade hídrica. Esses resultados destacam a importância da composição granulométrica do solo como um fator determinante na retenção de água.

A distribuição do tamanho das partículas do solo é o parâmetro mais utilizados nas Funções de Pedotransferência, uma vez que parcialmente determina a área superficial das partículas sólidas responsável pela retenção de água, o arranjo das partículas e, conseqüentemente, a distribuição do tamanho dos poros e a

organização estrutural (MICHELON *et al.*, 2010; AMORIM *et al.*, 2022). Todos esses fatores estão diretamente relacionados à capacidade de retenção de água no solo.

A matéria orgânica apresentou uma correlação baixa, entretanto positiva. Reichardt (1990) menciona que a matéria orgânica, quando coloidal, apresenta boas propriedades de retenção de água e atinge uma das principais características físicas do solo, a agregação, determinando diretamente na densidade, porosidade, aeração e infiltração da água.

A Tabela 6 apresenta os resultados dos parâmetros estatísticos entre o conteúdo de água observado, determinado através das câmaras de pressão de Richards e os estimados através das funções de pedotransferência, nas tensões de 0,033 e 1,5 MPa.

Tabela 6. Resultados provenientes dos valores estimados com base nas funções de pedotransferência (Tabela 2).

Funções		r	RMSE	d	c
Lal (1978)	$\theta_{0,033}$	0,7	0,11	0,61	0,41
	$\theta_{1,5}$	0,7	0,11	0,54	0,40
Oliveira <i>et al.</i> (2002)	$\theta_{0,033}$	0,7	0,11	0,64	0,42
	$\theta_{1,5}$	0,7	0,16	0,44	0,29
Nascimento <i>et al.</i> (2010)	$\theta_{0,033}$	0,7	0,10	0,69	0,46
	$\theta_{1,5}$	0,8	0,08	0,71	0,57
Rosseti <i>et al.</i> (2022)	$\theta_{0,033}$	0,9	0,04	0,92	0,81
	$\theta_{1,5}$	0,8	0,10	0,62	0,50
Saxton e Rawls (2006)	$\theta_{0,033}$	0,7	0,06	0,82	0,55
	$\theta_{1,5}$	0,4	0,08	0,63	0,25

r: Coeficiente de correlação; RMSE: Raiz quadrada do erro médio; d: Índice de concordância de Willmott; c: Índice de desempenho.

Fonte: Santos *et al.* (2023).

Com relação aos resultados apresentados na Tabela 6, a equação que apresentou o maior coeficiente de correlação (r 0,9) e índice de desempenho (c 0,81), foi a função de Rosseti *et al.* (2022) referente a capacidade de campo, isso significa que os valores estimados estão próximos dos valores observados. Para esse grupo de

dados essa função apresentou um desempenho “Muito bom”.

Os maiores resultados observados na equação proposta por Rosseti *et al.* (2022), é explicado por conta do banco de dados utilizado no desenvolvimento das funções. Estas equações foram desenvolvidas com solos abrangendo as classes Latossolos,

Cambissolo e Neossolo. Na classe dos Latossolos, foram avaliados os Vermelho Amarelo e Vermelho escuro, as mesmas classes utilizadas no presente estudo. Corroborando com os estudos de Souza *et al.* (2014), os autores afirmam que funções específicas não devem ser extrapoladas para além das classes de solos para as quais foram determinadas, pois quanto menor a heterogeneidade da base de dados, maior será o desempenho da função.

Nesse sentido, considerando a influência que a microporosidade apresentou na retenção de água nos solos amostrados, observa-se que a função com o maior índice de desempenho tem como variável preditora em sua equação a microporosidade, o que justifica o valor “Muito bom” de c .

As demais funções para a capacidade de campo (0,033 MPa) apresentaram os índices de desempenho “Mal”, com exceção do Software *Soil Water Characteristics* desenvolvido por Saxton e Rawls (2006) que apresentou o índice “Sofrível”.

Na correlação entre os valores observado e estimado por meio de funções de pedotransferência, referente ao ponto de murcha permanente (1,5 MPa), as funções que apresentaram as maiores correlações foram a de Nascimento *et al.* (2010) e Rosetti *et al.* (2022), entretanto a que apresentou o maior índice de desempenho foi a Nascimento *et al.* (2010), tal resultado pode ser justificado devido a abrangência de solos que os autores utilizaram no desenvolvimento das equações. Saxton e Rawls (2006) afirmam que o teor de água na tensão de 1,5 Mpa é determinado em grande parte pela textura do solo, portanto, os demais atributos físicos como agregação e matéria orgânica, possuem pouca influência na retenção de água do solo.

As características hidrológicas do solo são determinadas pelos atributos físico-hídricos, porém existe uma forte ligação entre a gênese do solo, uma vez que esta determina, juntamente com o intemperismo do material de origem, os atributos físico-

químicos dos solos, direcionando suas características comportamentais com relação a interação água-solo (MELLO *et al.*, 2005).

A maioria dos solos encontrados em Mato Grosso são conhecidos como Latossolos. Esses solos possuem um elevado teor de argila e apresentam uma estrutura bem organizada, o que resulta em uma alta condutividade hidráulica (VELOSO *et al.*, 2023), no entanto essa classe de solos geralmente apresentam uma transição abrupta entre poros muito grande e muito pequeno, denominados de distribuição bimodal de poros (CARDUCCI *et al.*, 2011; AMORIM *et al.*, 2022), sendo esse um dos motivos pelos quais funções de pedotransferência desenvolvidas em solos temperados não possuem bons ajustes quando aplicadas em solos de clima tropical (OTTONI *et al.*, 2018).

Dessa forma, torna-se claro que é necessário validar as Funções de Pedotransferência a fim de avaliar sua capacidade preditiva para os solos do Estado de Mato Grosso, principalmente quando se extrapola a aplicação de funções para solos diferentes daqueles para os quais foram desenvolvidas (AMORIM *et al.*, 2022).

Algumas funções de pedotransferência podem fornecer um bom ajuste para as curvas de retenção, contudo podem produzir baixa precisão e/ou exatidão em estimativas de conteúdo de água nos modelos, pelo fato de as relações entre parâmetros do solo e suas propriedades básicas serem complexas e dependerem de fatores inter-relacionados (VAN DEN BERG *et al.*, 1997; SILVA; ARMINDO 2016).

Os resultados obtidos através do coeficiente estatístico de determinação r , RMSE, d e c , reportam a baixa eficiência preditiva de quase todas as funções utilizadas. Constatou-se que as funções Lal (1978), Oliveira *et al.* (2002) e o Software *Soil Water Characteristics* desenvolvido por Saxton e Rawls (2006), superestimaram ou

subestimaram os valores reais do conteúdo de água retido no solo.

6 CONCLUSÕES

Os limites superior e inferior de retenção de água no solo, podem ser estimados por meio de funções de pedotransferência, geradas a partir das variáveis microporosidade, porosidade total e granulometria do solo.

A função de pedotransferência de Rosseti *et al.* (2022) $0,057-0,001AT+0,743Mic$, foi a que apresenta o maior ajuste na predição do conteúdo de água no solo para a tensão de 0,033 MPa.

Para a função correspondente ao ponto de murcha permanente, a equação que demonstra maior aplicabilidade dentre os modelos testados é a de Nascimento *et al.* (2010) $0,272-0,00269Ar$.

As demais funções apresentaram baixo índice de eficiência preditiva, por terem sido desenvolvidas em locais distintos de onde foi empregado o estudo, por este motivo não se recomenda sua utilização para os solos da região sudeste do estado de Mato Grosso.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso (APROSOJA-MT), e ao Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB) pelo apoio financeiro e fornecimento de informações para a realização da pesquisa. Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES), por meio do Código de Financiamento 001, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo aporte financeiro concedido por meio da bolsa de Produtividade em Pesquisa.

8 REFERÊNCIAS

- AMORIM, R. S. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; COUTO, E. G.; KUNZ, M.; RODRIGUES, M. F.; SILVA, L. C. M.; REICHERT, J. M. Water retention and availability in Brazilian Cerrado (neotropical savana) soils under agricultural use: Pedotransfer functions and decision trees. **Soil and Tillage Research**, Amsterdã, v. 224, article 105485, p. 1-14, 2022. DOI: /doi.org/10.1016/j.still.2022.105485. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198722001714>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- ARRUDA, F. B.; ZULLO, J.; OLIVEIRA, J. B. Parâmetros de solo para cálculo de água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 11, n. 1, p. 11-15, jun. 1987.
- BOUMA, J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. In: STEWART, B. A. (ed.). **Advances in Soil Science**. New York: Springer, 1989. v. 9, p. 177-213.
- CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C., ZEVIANI, W. M. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a equação duplo van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 77-86, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000100007
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evaporação potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de**

- classificação de solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Brasília, DF: Sistema de Produção de Informação, 2018. 356 p.
- HOLTHUSEN, D.; PÉRTILE, P.; AWE, G. O.; REICHERT, J. M. Soil density and oscillation Frequency effects on viscoelasticity and shear resistance of subtropical Oxisols with varying clay content. **Soil and Tillage Research**, Amsterdã, v. 203, article 104677, p. 1-12, 2020. DOI: 10.1016/j.still.2020.104677.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. 1. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.
- KOTLAR, A. M.; VAN LIER, Q. J.; BRITO, E. S. Pedotransfer functions for water contents at specific pressure heads of silty soils from Amazon rainforest. **Geoderma**, Amsterdã, v. 361, article 114098, p. 1-10, 2020. DOI: 10.1016/j.geoderma.2019.114098.
- LAL, R. Physical properties and moisture retention characteristics of some nigerian soils. **Geoderma**, Amsterdã, v. 21, n. 3, p. 209-223, 1978. DOI: 10.1016/0016-7061(78)90028-9.
- MCNEILL, S. J.; LILBURNE, L. R.; CARRICK, S.; WEBB, T. H.; CUTHILL, T. Pedotransfer functions for the soil water Characteristics of New Zealand soils using S-map information. **Geoderma**, Amsterdã, v. 326, p. 96-110, 2018. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.04.011.
- MELLO, C. R.; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, D. F.; LIMA, J. M.; LOPES, D. Modelos para determinação dos parâmetros da equação de van Genuchten para um Cambissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 23-29, 2005.
- MICHELON, C. J.; CARLESSO, R.; OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E.; PETRY, M. T.; MARTINS, J. D. Funções de pedotransferência para estimativa da retenção de água em alguns solos do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 848-853, 2010.
- NASCIMENTO, G. B.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A.; SANTOS, H. G. Funções de pedotransferência do conteúdo de água em Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 560-569, 2010.
- OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; RODRIGUES, J. J. V.; MARQUES, F. A. Funções de pedotransferência para predição da umidade retida a potenciais específicos em solos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 315-323, 2002.
- OTTONI, M. V.; OTTONI FILHO, T. B.; SCHAAP, M. G.; LOPES-ASSAD, M. L. R. C.; ROTUNNO FILHO, O. C. Hydrophysical database for Brazilian Soils (HYBRAS) and pedotransfer functions for water retention. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 17, n. 1, p. 1-17, 2018. DOI: 10.2136/vzj2017.05.0095. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2136/vzj2017.05.0095>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- POLLACCO, J. A. P.; FERNÁNDEZ-GÁLVEZ, J.; CARRICK, S. Improved prediction of water retention curves for fine texture soils using na intergranular Improved mixing particle size distribution model. **Journal of Hydrology**, Amsterdã, v. 584, article 124597, p. 1-11, 2020. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.124597. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/artic>

le/abs/pii/S0022169420300573. Acesso em: 24 ago. 2023.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Editora Manole Ltda, 1990. 188 p.

ROSSETI, R. A. C.; AMORIM, R. S. S.; RAIMO, L. A. L.; SILVA, L. C. M.; ALVES, I. M. Pedotransfer functions for predicting soil-water retention under Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 57, p. e02474, 2022. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02474. Disponível em: scielo.br/j/pab/a/V34CBMVZjMbW4YvZSYwnjJH/?format=pdf. Acesso em: 25 ago. 2023.

TEIXEIRA, P.; DONNAGEMMA, G.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. v. 3, 373 p.

VAN DEN BERG, M.; KLAMT, E.; VAN REEUWIJK, L. P.; SOMBROEK, W. G. Pedotransfer functions for the estimation of moisture retention Characteristics of Ferralsols and related soils. **Geoderma**, Amsterdã, v. 78, n. 1, p. 161-180, 1997.

VELOSO M. F.; RODRIGUES L. N.; FERNANDES FILHO, E. I.; VELOSO, C. F.; REZENDE, B. N. Pedotransfer functions for estimating the van Genuchten model parameters in the Cerrado biome. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 27, n. 3, p. 202-208, 2023.

SAXTON, K. E.; RAWLS, W. J. Soil water characteristics estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. **Soil Science Society Of America Journal**, Madison, v. 70, p. 1569-1578, 2006.

SILVA, A. C.; ARMINDO, R. A. Importância das funções de pedotransferência no estudo das propriedades e funções hidráulicas dos solos do Brasil. **Multi-Science Journal**, Goiania, v. 1, n. 5, p. 31-7, 2016. DOI: 10.33837/msj.v1i5.200. Disponível em: <https://periodicos.ifgoiano.edu.br/multiscience/article/view/200>. Acesso em 25 ago. 2023.

SILVA, F. G.; ASSIS JUNIOR, R. N.; TOMA, R. S.; OLIVEIRA, L. S.; MARQUES, E. S.; MOTA, J. C. A. Physical-hydraulic attributes as indicators of functionality of soil pores under different compaction levels. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 4, p. 884-893, out./dez. 2022.

SOUZA, J. M.; BONOMO, R.; PIRES, F. R.; BONOMO, D. Z. Funções de pedotransferência para retenção de água e condutividade hidráulica em solo submetido a subsolagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 4, p. 606-613, 2014.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, Londres, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.