

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE PEDOFUNÇÕES PARA  
DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO**

**Weverton Walter Teodoro Martins**

**ANÁPOLIS-GO**  
**2019**

**WEVERTON WALTER TEODORO MARTINS**

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE PEDOFUNÇÕES PARA  
DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Anápolis- UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

**Área de concentração:** Física dos solos

**Orientador:** Prof. Dr. João Maurício Fernandes Souza

**ANÁPOLIS-GO  
2019**

Martins, Weverton Walter Teodoro

Análise do Desempenho de Pedofunções Para Determinação da Capacidade de Campo / Weverton Walter Teodoro Martins. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.

31 páginas.

Orientador: Prof. Dr. João Maurício Fernandes Souza

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.

1. Umidade. 2. retenção de água 3. pedotransferência I. Weverton Walter Teodoro Martins.  
II. Análise do Desempenho de Pedofunções Para Determinação da Capacidade de Campo

CDU 504

WEVERTON WALTER TEODORO MARTINS

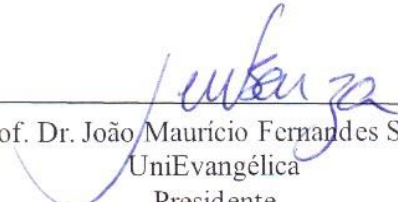
ANÁLISE DO DESEMPENHO DE PEDOFUNÇÕES PARA  
DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO

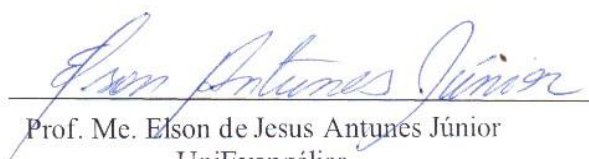
Monografia apresentada ao Centro  
Universitário de Anápolis –  
UniEVANGÉLICA, para obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia.  
**Área de concentração:** Física dos solos

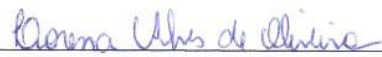
Aprovado em:

*16 de Setembro de 2019*

Banca examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Maurício Fernandes Souza  
UniEvangélica  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Me. Elson de Jesus Antunes Júnior  
UniEvangélica

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>ª</sup>. Ma. Lorena Alves de Oliveira  
UniEvangélica

Dedico esse trabalho, assim como minha vida em gratidão:

Primeiramente a Deus, sem ele nada tinha acontecido;

Aos meus pais, Walter de Souza Martins e Lucia Helena Teodoro Martins;

A minha família, esposa Bianca Alves Ribeiro e minha querida filha Aylla Sophia Teodoro Alves Martins

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos seus dons em minha vida e por me abençoar todos os dias dando graças para chegar até onde cheguei.

Aos meus pais, Walter de Souza Martins e Lucia Helena Teodoro Martins, por sempre acreditarem em mim e me aconselhando.

Há minha mulher Bianca Alves Ribeiro pelo amor e companheirismo, sempre me incentivando e acreditando na minha capacidade. A minha amada linda filha Aylla Sophia Teodoro Alves Martins por ser a razão do meu sentido de vida e por me mostrar o quanto e grande é o amor.

Aos meus irmãos, Warllen Teodoro da Silva Oliveira e Westter Junio Teodoro Martins, pela a nossa união e sempre um acreditando no outro.

A comunidade Ágape de casais, por sempre me fazer manter a crescer em Deus, abençoando minha família e mostrando o amor de Jesus em minha família e pelas orações de força para chegar onde cheguei.

Aos meus amigos, Gabriel Boais e Murilo Gomes, por sempre me propor andar com a cabeça erguida e acreditar no meu potencial em geral.

Aos Amigos e colegas de sala, que de alguma forma contribuíram para a minha carreira acadêmica e a elaboração desse trabalho. Destacando os amigos Denilson, Gabriel, João Pedro e Jose pelos momentos de distração, me mostrar onde eu posso chegar como Engenheiro Agrônomo e pelo incentivo da elaboração desse trabalho.

Ao Diretor do curso de agronomia e professor João Maurício Fernandes Souza, pela grande oportunidade que me deste, pelas experiências, conselhos e paciência passadas no dia a dia, pela dedicação ao seu orientado.

A coordenadora do curso de agronomia e professora Klênia Rodrigues Pacheco Sá, por sempre me ajudar de forma humilde. Gratidão por ter me despertado a voltar a acreditar no curso no momento em que mais precisei e por ter me proporcionado a oportunidade de ingressar na iniciação científica.

Ao professor Thiago Rodrigues Ramos Farias, aos momentos de conversa, ensinamento e indicações, pela oportunidade de contato com o mercado.

“Bem-aventurados os humildes, pois eles receberão a terra por herança”.

Mateus 5:5

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
2.1. IMPORTÂNCIA DOS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE UMIDADE DO SOLO .....	10
2.2. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO .....	10
2.2.1. Textura do solo.....	11
2.2.2. Estrutura do solo .....	13
2.3. RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO .....	14
2.4. CAPACIDADE DE CAMPO .....	14
2.5. FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA.....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
3.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL.....	17
3.2. MONTAGEM DO EXPERIMENTO .....	17
3.3. EQUAÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA.....	18
3.4. AVALIAÇÃO.....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>22</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - Equações de pedotransferência para estimativa da capacidade de campo com base em análise textural dos solos.....	18
<b>TABELA 2</b> - Valores da umidade em base massa obtidas nas três amostras em relação ao tempo que enquadrou a capacidade de campo no solo utilizado no experimento.....	19
<b>TABELA 3</b> – Estimativa da umidade na capacidade de campo utilizando equações de pedotransferência para o solo utilizado no experimento.....	20

## RESUMO

A avaliação da umidade do solo antes da irrigação permite determinar a lâmina de água a ser distribuída pela irrigação, a fim da umidade do solo desde o ponto de murcha permanente a retornar a capacidade de campo através da lâmina de água ideal a ser aplicada, onde a capacidade de campo (CC) resume em a máxima quantidade hídrica que o perfil do solo pode reter sem ocasionar danos ao sistema do solo. As funções de pedotransferência possibilitam a avaliação das propriedades hidráulicas por meio de informações prontamente mensuradas ou prontamente disponível. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo, avaliar a utilização de equações de pedotransferência disponíveis na literatura para estimativa da capacidade de campo em um latossolo Vermelho eutrófico cambissólico. Para determinação da capacidade de campo a partir de equações de pedotransferências, foram selecionadas sete equações disponíveis na literatura que correlacionam a obtenção do valor da capacidade de campo onde a avaliação do desempenho das equações foi feita empregando-se análise do erro médio absoluto (EMA). A melhor equação para a estimativa da umidade na capacidade de campo foi a  $U_{cc} = 0,0026Ag + 0,0025Silt + 0,0011Ar + 0,0108MO + 0,1253$ , que considera todas as porcentagem: argila, Silte, areia e matéria orgânica presente no solo. Portanto percebe que as equações que consideram a maior quantidade de porcentagem mostram um melhor desempenho.

**Palavras-chave:** Umidade, retenção de água, pedotransferência, .

## 1. INTRODUÇÃO

Os limites de água disponível (AD) para as plantas apresentam identificações genericamente como a diferença entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) (NASCIMENTO et al., 2010). O resultado dessas características, dentre outras, é de primordial importância nos manejos de uso racional do solo e da água. As determinações da CC e do PMP no campo são laboriosas, demoradas, de valores elevado e, além do mais, o conteúdo de água no solo está constantemente variando e é dinâmico, de modo que uma determinada amostra mostra apenas a condição hídrica naquele momento (REICHARDT, 1988; COUTO, 2002).

Conforme destacam Oliveira et al. (2002), quanto a essas determinações, ainda seguem em problemas como custo, morosidade e inexatidão, além da escassez de laboratórios com instrumentos qualificados para tais análises.

Devido às dificuldades apresentadas por metodologias clássicas na determinação dos parâmetros pertinentes às propriedades hídricas dos solos, tanto no campo quanto em laboratório, percebe-se uma crescente demanda pela determinação de métodos indiretos de estimativas da capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) que empregam outros atributos edáficos mais facilmente obtidos e de menor custo contendo, propriedades morfológicas, conhecidas como funções de pedotransferência (FPTs) (TOMASELLA et al., 2000; BAKER, 2008; PAZ et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2010; NUNES et al., 2017). Michelin et al. (2010) completam que as FPTs permitem que informações básicas de solo, sejam transformadas em outras, de obtenção mais difícil e, geralmente, de custo elevado.

O conhecimento da umidade do solo é fundamental à determinação da umidade do solo, que é um parâmetro para calcular a lâmina de água a ser distribuída pelo sistema de irrigação. Neste sentido, são conhecidos vários métodos para determinação de umidade no solo, que se diferem na forma e local de medição, instalação, preço, tempo de resposta e, principalmente, operacionalidade no campo (BERNARDO et al., 2008).

A definição da capacidade de campo (CC) resume no alcance máximo de retenção de água no solo, ou seja, a máxima quantidade hídrica que o perfil pode reter sem ocasionar danos ao sistema do solo (MANTOVANI et al., 2009; ALBUQUERQUE et al., 2015). Dentro da irrigação, falando em fins práticos, a umidade atribuída à capacidade de campo muda de acordo com textura e é obtida com a tensão de -10 kPa nos solos arenosos e -33 kPa em

argilosos, assim a avaliação da umidade do solo antes da irrigação permite calcular a lâmina de água a ser distribuída pela irrigação, a fim da umidade do solo retornar a capacidade de campo (ESPINDULA NETO; SILVA, 2015).

Brady (1989), relata que os principais fatores que afetam a retenção da água do solo são o teor de matéria orgânica, a textura, a densidade, a porosidade e a mineralogia da fração argila. Levando em consideração os solos tropicais, o fator matéria orgânica na maioria das vezes tornar-se o componente mais limitante na retenção de água do solo por diversos fatores, dentre eles o humus tem grande influência devido a sua grande capacidade de absorver a água e promove a granulação das partículas minerais (NUNES et al., 2017).

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo, avaliar o uso de equações de pedotransferência disponíveis na literatura para estimativa da capacidade de campo em um latossolo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. IMPORTÂNCIA DOS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE UMIDADE DO SOLO**

A importância da umidade no solo em cultivos agrícolas foi descoberta há muito tempo. O desenvolvimento das plantas e a produtividade das mesmas, talvez tenha maior relacionamento com a umidade no solo que qualquer outro aspecto meteorológico isolado, até mesmo a chuva (BAIER; ROBERTSON, 1968). Segundo Matos et al. (2017), na atualidade o conhecimento da umidade do solo é muito importante para a tomada de decisão de quando e quanto irrigar.

Para Buske (2013), a determinação do teor de água no solo é primordial em diferentes situações dentro da agricultura, e é imperativa para avaliar o momento certo de operações mecanizadas e planejar o correto manejo da irrigação. Nesse sentido, a agilidade na determinação do teor de umidade é importante para tomada de decisão de forma rápida.

A determinação do teor de umidade do solo é de suma importância às informações direcionadas a solucionar problemas relacionados ao manejo da irrigação, época de semeadura, estimar a necessidade hídrica, processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera, além de ser primordial no planejamento dos sistemas de irrigação e drenagem (GONÇALVES et al., 2010; QUINTINO et al., 2015).

Os métodos diretos de determinação de umidade do solo têm seu processo na forma direta com o conteúdo de água de uma amostra por sua remoção, basicamente por evaporação (RIBEIRO et al., 2018). Em divergências das dificuldades dentro da determinação direta da umidade do solo, conseqüentemente realizam-se métodos indiretos, o qual consiste em estimar a umidade a partir da medição de propriedades do solo a ela relacionada (MIRANDA et al., 2007).

### **2.2. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**

Os atributos físicos do solo estão em conjunto ao arranjo das partículas e do meio poroso do solo, abrangendo: densidade, porosidade, estabilidade de agregados, textura, encrostamento superficial e capacidade de armazenagem de água, pois cogitam barreiras ao desenvolvimento radicular, à emergência das plântulas, à infiltração e ou movimento da água

na dinâmica do perfil do solo, compreendendo, sua disponibilidade às plantas (CARVALHO et al., 2004; SUZUKI et al., 2006; SILVA, 2016).

Em ambientes naturais, as propriedades físicas do solo são as que menos recebem interferência ao longo do tempo, precisando da interferência de intempéries climáticas por longos períodos para que aconteça alterações significativas em sua estrutura. Contudo, a interferência antrópica, essas modificações se torna mais rápidas, influenciando diretamente e em pequeno espaço de tempo na resposta que este solo pode oferecer no sistema produtivo (GIMENES, 2012).

Segundo Cardoso et al. (2011), as propriedades físicas e os artifícios do solo estão relacionados no suporte ao desenvolvimento radicular; armazenagem e suprimento de água e nutrientes, e atividade biológica. Levando em conta esse contexto, é primordial a informação sobre as características morfológicas do solo e suas propriedades físico-hídricas, pensando na otimização do uso da água (TEIXEIRA et al., 2005).

Dessa forma, as características dos atributos físicos do solo (espessura e distribuição dos horizontes, cor, textura, estrutura, porosidade) demonstram sua constituição e as condições de origem as quais ele foi formado, permitindo ter noções de seu comportamento referente às práticas de manejo que lhe são trabalhadas e, especialmente, possibilitam que ocorram inferências de grande significado dentro da agricultura, quanto àquelas relacionadas à drenagem, compactação e capacidade de armazenamento de água (RIBEIRO et al., 2012).

De acordo com Lewan; Jansson (1996) citado por Maia (2016), propriedades físicas, tais como: textura, estrutura, densidade e porosidade do solo são fortemente responsáveis pela organização do esqueleto mineral (matriz do solo), permitindo modificar em escala local e influenciar proporcionalmente a capacidade de retenção e armazenamento de água, disponibilidade de oxigênio e penetração de raízes no solo. Portanto, os principais indicadores físicos recomendados atualmente são: estrutura; textura; densidade do solo; porosidade total; resistência à penetração; estabilidade de agregados; capacidade de retenção de água; e condutividade hidráulica (ARAÚJO et al., 2012).

### **2.2.1. Textura do solo**

A textura é um dos atributos do solo relacionado às partículas primárias areia, silte e argila e a sensação que estas partículas oferecem ao tato como atrito, sedosidade e pegajosidade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). De acordo com EMBRAPA (2006), a

textura do solo obedece ao tamanho relativo o qual estabelece às diferentes proporções de partículas, em determinada massa de solo. Refere-se, exclusivamente, às proporções respectivas das partículas ou frações de areia, silte e argila. É a propriedade física do solo que menos sofre alteração ao longo do tempo.

Por consequência, granulometria do solo está ligada diretamente às quantidade dessas partículas primárias, distribuídas em variados tamanhos definidos por diâmetros específicos. Previamente antes de conseguir a classificação textural de um determinado solo, em função do teor de argila, silte e areia, é importante descobrir a distribuição desses fragmentos no solo, para pode alcançar a possível classificação do tipo de textura por meio do emprego dos triângulos texturais (KLEIN, 2014).

A textura é uma valiosa propriedade do solo, pois alteram os índices de infiltração e armazenamento de água, aeração e fertilidade, possibilitando influência na área de encontro entre as partículas sólidas e a água. Devido a sua respectiva constância e aos seus resultados de superfície livre, é de grande seriedade na descrição, identificação e, sobretudo, na classificação do solo (HILLEL, 2002a; FERREIRA, 2010).

Avaliar a textura do solo é primordial para sua classificação taxonômica, ajudando a compreender os processos pedogenéticos que agem no terreno, possibilitando que as geoformas da paisagem prejudica a influência do movimento de água e atributos do solo, influenciando e condicionando ambientes com erosões e depressões (CAMPOS et al., 2007). Influenciam também na porosidade, aeração e densidade de cargas, conseqüentemente na dinâmica dos gases, da água e da interação iônica, alterando a atividade microbiana e de enzimas (SYLVIA et al., 1999; PAUL, 2007; MALUF et al., 2015).

A partir da classificação da textura do solo é possível alcançar uma estimativa indireta de diferentes elementos dentre eles: a dinâmica da água, resistência do solo a tração, grau de compactação do solo, capacidade de troca de cátions, dosagem de nutrientes, corretivos e de herbicidas. Compete observar que a textura do solo não é plausível a modificação de classe, significando uma característica inerente do solo, possibilitando ser somente modificada quando advier à combinação com solos de texturas distintas (CENTENO et al., 2017).

### 2.2.2. Estrutura do solo

A estrutura do solo é a configuração de como as frações minerais areia, silte e argila e orgânicas do solo estão arranjadas no espaço (DEXTER, 1988). Segundo Santo et al. (2013) a estrutura ainda se refere ao exemplo de arranjo das partículas primárias em integração estruturais, os agregados, os quais são afastados entre si por superfícies de fraqueza, ou somente superpostos e sem adequação definida.

Estrutura refere-se ao agrupamento das partículas do solo em agregados, integrações secundárias formadas pela junção de grânulos que continuam unidos por substâncias orgânicas, óxidos de ferro e alumínio, argilas, carbonatos e sílica (MAIA, 2016). De acordo com Ralisch et al. (2017), a estrutura é um dos básicos elementos da fertilidade do solo, percebendo, de forma rápida, os resultados do manejo ao qual esse recurso é contido. Analisada nas partes superficiais, harmoniza sugestões sobre a interação solo-atmosfera.

De acordo com Hillel (2002b), ao oposto da textura, a estrutura do solo é intensamente modificada pelas práticas de manejo seguidas nos sistemas agrícolas. Zhao et al. (2016) afirma que a estrutura é a distribuição ou organização das partículas primárias do solo areia, silte e argila, construindo os agregados e o sistema poroso. A estrutura cumpre uma função importante na determinação da retenção e transporte de água, gases e nutrientes no solo.

Segundo Reinert; Reichert (2006), o meio poroso é de importância igual ao espaço sólido, a estrutura do solo pode ser atribuída também pelo arranjo de poros pequenos, médios e grandes, com decorrência da distribuição das partículas e agregados do solo. Esta última definição distingue um dos básicos e primário implicação da estrutura na qualidade dos solos.

A destruição da estruturação do solo altera o desenvolvimento das plantas, posteriormente, resulta diminuição no potencial produtivo (RICHART et al., 2005). Segundo Dexter (2004), as modificações e a consequente de má qualidade física-estrutural do solo podem ser ressaltadas, caracterizando-se alguns fatores, como baixa aeração, baixa infiltração de água e sistema radicular reduzido, refletindo a degradação da estrutura do solo. Dentre os instrumentos aproveitados para a quantificação da degradação da qualidade física do solo, a densidade e a porosidade são os mais rotineiramente afetados (SILVA et al., 2012).



### 2.3. RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

A retenção de água no solo é característica exclusiva de cada solo, consequência da ação conjunta e difícil de vários fatores, como o teor e mineralogia da fração argila, teor de matéria orgânica, estrutura, densidade do solo, dentre outros (FREITAS et al., 2004). Entretanto, estabelece uma propriedade de complexa caracterização, tanto pela demora que se realiza as análises, quanto pela intrínseca transformação da amostra, devido à histerese. Sua obtenção pode ser executada a campo (*in situ*), através de métodos tradicionais de laboratório, ou por meio de métodos indiretos, estes empregam dados taxonômicos simples na estimativa da capacidade de retenção da água nos solos (SILVA; AZEVEDO, 2002; SOARES et al., 2014).

Segundo Gupta e Larson (1979) diversos trabalhos demonstram que a diferença na retenção de água correspondente a dois potenciais matriciais capacidade de água disponível foi prevenida com apoio nas relações texturais e estruturais do solo e que umidade no ponto de murcha permanente está na maior parte relacionada com teor de argila. Segundo Soares et al. (2014), esses métodos indiretos, destacam se as funções de pedotransferência (FPT), pois elas apresentam equações que mostra dependências da retenção da água com informações fundamentais disponíveis em levantamentos de solos.

A retenção de água em um solo embora seus poros estão ocupados por quantidades variáveis de água da solução do solo e ar, acontece principalmente pelos mecanismos de capilaridade e adsorção, estabelecendo as forças mátricas do solo. Essas forças determinam a energia (potencial mátrico) no qual a água está retida na matriz do solo e cuja o movimento aumenta de acordo com seu conteúdo de água diminui. Cabe lembrar, se comparando classes de solo, constata-se mudanças em suas características de retenção de água e condutividade hidráulica, alterando, posteriormente, a disposição de um determinado solo abastecer água para às plantas (LIBARDI, 2010).

### 2.4. CAPACIDADE DE CAMPO

A combinação da água com as características físicas manifesta propriedades como o alcance superior de umidade que determinado solo apresenta, também conhecido como capacidade de campo, de ampla importância nos procedimentos de armazenagem e disponibilidade de água para as plantas. A capacidade de campo está sujeita ao fluxo de

drenagem, por sua vez se acha mais a benéfico da condutividade hidráulica do que do potencial total da água no solo (ANDRADE;STONE, 2011).

Veihmeyer & Hendrickson (1949), definem a capacidade de campo como “a quantidade de água retida pelo solo depois que o excesso tenha drenado e a taxa de movimento descendente tenha decrescido acentuadamente o que ocorre, porém, dois a três dias após uma chuva ou irrigação em solos permeáveis de estrutura e textura uniforme”.

Segundo Andrade; Stone (2011), a capacidade de campo é um processo dinâmico, não uma característica da matriz do solo, que depende de interesses específicos de cada situação. Por exemplo, ele recomenda que, para os irrigantes, a capacidade de campo deve ser determinada depois de dois a três dias pós-chuva ou irrigação, em obediência a um turno de rega menor que dez dias e, para os interessados em lixiviação de nutrientes e pesticidas e recarga de aquíferos subterrâneos, que este tempo seja mais longo.

A capacidade de campo depende do fluxo de drenagem e este por sua vez se acha mais a mercê da condutividade hidráulica do que do potencial total da água no solo. A determinação da tensão que defina a capacidade de campo é, ao mesmo tempo, agente de inúmeros trabalhos, sobremaneira daqueles feitos em laboratório, com amostras deformadas e indeformadas. A determinação da tensão matricial de água no solo entre -10 kPa e -33 kPa como adequada à capacidade de campo, tem apresentado divergências entre pesquisadores (REICHARDT, 1988).

Em campo, a obtenção da capacidade de campo prever gasto de tempo e custos. Sua avaliação, no entanto, por interferência de modelos matemáticos pode ser uma escolha econômica, em curto espaço de tempo e de reconhecida viabilidade técnica (OLIVEIRA et al., 2002).

## 2.5. FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA

O termo função de pedotransferência (FPT) foi descrito por Bouma (1989). A FPT procura apresentar a relação estatística vivente entre os atributos do solo de simples determinação com propriedades hídricas do solo, com a definição de “transformar dados que possuímos em dados que necessitamos”. Dessa forma, pesquisadores sugeriram modelos matemáticos que aferem a retenção de água, referente a parâmetros físicos do solo facilmente adquiridos e prontamente nas análises de rotina dos laboratórios ou em levantamento de solos. (MICHELON et al., 2010).

Kayser (2019), cita a existência de métodos alternativos para caracterização das propriedades físico-hídricas, nas quais as funções de pedotransferência se enquadram nos métodos de estimativas indiretas. Estes métodos possibilitam a avaliação das propriedades hidráulicas por meio de informações prontamente mensuradas ou prontamente disponível. As FPT são adquiridas por diversos métodos matemáticos, sendo que a maior parte foi fornecida por meio de métodos de regressão linear múltiplas.

As funções de pedotransferência nasceram na fase inicial do desenvolvimento da Ciência Quantitativa do Solo, com a preventiva de determinadas propriedades do solo por meio de outras, mostrando-se claro que todas as propriedades e processos do solo são reciprocamente ligados, e que um conjunto específico de propriedades básicas do solo em ampla parte gera outras propriedades (SHEIN; ARKHANGEL'SKAYA, 2006)

É tendência o emprego de funções de pedotransferência que aproveitam a análise textural para avaliação dos parâmetros empíricos dos modelos. Entre os modelos destaca-se o de Van Genuchten (1980), acatado o modelo mais empregado, por proporcionar uma boa adequação à curva experimental para uma ampla variedade de solos (XIANG-WEI et al., 2010). As funções de pedotransferência admitem a previsão dos parâmetros hidráulicos e da condutividade hidráulica saturada por meio da utilização de informações texturais dos solos como início, virando assim, um instrumento benéfico para os locais com limitações de dados (BRUNING et al., 2019).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL

O trabalho foi realizado no Laboratório de solos do Centro Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA, situado a 16° 22' de Latitude Sul e 48° 56' de Longitude Oeste. A classificação do clima é *Aw* segundo *Köppen* e *Geiger*. Em Anápolis a temperatura média é 22,2 °C. Apresenta uma pluviosidade média anual de 1.439 mm. O mês mais seco é julho que apresenta 7 mm de precipitação, em média. As maiores precipitações ocorrem em janeiro, com uma média de 244 mm.

#### 3.2. MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Foram utilizados três vasos de 35 cm de diâmetro superior e 20 cm de inferior, e altura de 25 cm sendo seu volume aproximado de 15 L, preenchidos com solo classificado de acordo com análise laboratorial do solo como Latossolo Vermelho eutrófico cambissólico (Santos et al., 2013), com 36 % argila, 19 % silte, 48 % areia, 2,02 % matéria orgânica textura franco argiloso arenosa.

O solo foi compactado nos vasos com o intuito de alcançar uma densidade média de 1,25 g.cm<sup>-3</sup>. Cada vaso recebeu volume de água necessário para que o solo atingisse o estado de saturação hídrica em todo o perfil, posteriormente os vasos foram colocados em repouso até que ocorresse a drenagem da água em excesso.

Após este período, foi realizada a instalação do tensiômetro de punção em cada vaso a uma profundidade de 20 cm, utilizando um trado de rosca de mesmo diâmetro do tensiômetro, para perfurar o solo, evitando a danificação da cápsula porosa, de acordo com as recomendações (EMBRAPA, 1999b).

Após 48 h foram realizadas leituras e o registro da tensão assinalada pelo tensiômetro e coletada uma amostra de solo na profundidade de 20 cm. As amostras pesadas para obtenção da massa úmida e colocadas em estufas a 105° C por 48 horas (CLAESSEN, 1997), posteriormente foram pesadas para obtenção da massa seca da amostra. Esse procedimento foi repetido nas próximas 48 h, tempo este em que as leituras indicadas pelo tensiômetro excederam a faixa de -10 KPa. A quantidade de água extraída referente a capacidade de campo foi obtida pela diferença de massas após secagem (CLAESSEN et al., 1997).

### 3.3. EQUAÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA

Para determinação da capacidade de campo a partir de equações de pedotransferências, foram selecionadas sete equações das disponíveis na literatura que correlacionam a obtenção do valor da capacidade de campo aos teores de argila, silte, areia e matéria orgânica do solo de interesse (Tabela 1).

TABELA 1 – Equações de pedotransferência para estimativa da capacidade de campo com base em análise textural dos solos

<b>Equações</b>	<b>Autor</b>
$U_{cc} = 0,031 + [0,00629 (Ag+Silt) - 0,0000348 (Ag+Silt)^2]$	(1) Arruda et al., (1987)
$U_{cc} = 0,0005Ag - 0,0045Ar + 0,018MO + 0,4939$	(2) Macedo (1991)
$U_{cc} = 0,0023Ag + 0,2192$	(3) Andrade; Stone (2011)
$U_{cc} = 0,0019Ag + 0,0024Silt + 0,2143$	(4) Andrade; Stone (2011)
$U_{cc} = 0,0020Ag + 0,0145MO + 0,2025$	(5) Andrade; Stone (2011)
$U_{cc} = 0,0018Ag + 0,0019Silt + 0,0111MO + 0,2026$	(6) Andrade; Stone (2011)
$U_{cc} = 0,0026Ag + 0,0025Silt + 0,0011Ar + 0,0108MO + 0,1253$	(7) Andrade; Stone (2011)

\*U<sub>cc</sub>: Umidade em base massa, \*Ag: Argila, \*Silt: Silte, \*Ar: Areia e \*MO: Materia Organica.

### 3.4. AVALIAÇÃO

A avaliação do desempenho das equações de pedotransferência para a estimativa da capacidade de campo foi feita empregando-se análise do erro médio absoluto (EMA), conforme a equação 8 a seguir.

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - E_i| \quad (8)$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As leituras de tensão de água no solo, bem como a coleta de amostras de solo para determinação da umidade foram realizadas durante 48 horas logo com início logo após ter sido identificada a ausência de drenagem nos vasos. Segundo Reichardt (1988), nos solos característicos das regiões tropicais e úmidas, o critério clássico, que fixa o potencial matricial da CC em -33 kPa, deve ser alterado para potenciais maiores, da ordem de -10 a -6 kPa. Durante o período de leitura, o registro da tensão aferido pelo tensiômetro ficou entre -8,18 kPa e -10,72 kPa, na faixa correspondida a capacidade de campo para solos tropicais (FERREIRA; MARCOS, 1983; REICHARDT, 1988; ANDRADE et al., 1991; MELLO et al., 2002).

Logo após cada leitura diária da tensão, foram coletadas amostras do solo a 20 cm de profundidade para determinação da umidade gravimétrica (Tabela 2). Oliveira; Pinto (1996; 1997) ao estimarem a capacidade de campo para latossolos, obtiveram um valor médio para a umidade volumétrica na capacidade de campo de  $0,320 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ , já Oliveira et al. (2001) trabalhando com latossolos obteve valores de umidade volumétrica na ordem de  $0,378 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

TABELA 2 – Valores da umidade em base massa obtidas nas três amostras em relação ao tempo que enquadrou a capacidade de campo no solo utilizado no experimento.

<b>Tempo</b>	<b>Umidade (<math>\text{m}^3\text{m}^{-3}</math>) (Amostra 01)</b>	<b>Umidade (<math>\text{m}^3\text{m}^{-3}</math>) (Amostra 02)</b>	<b>Umidade (<math>\text{m}^3\text{m}^{-3}</math>) (Amostra 03)</b>
<b>24 h</b>	0,442	0,430	0,466
<b>48 h</b>	0,409	0,432	0,422

A revisão de literatura apontou a existência de pelo menos sete equações de pedotransferência que estimam a capacidade de campo a partir dos parâmetros texturais e de matéria orgânica dos solos de Cerrado. A partir dos parâmetros do solo considerados nesse trabalho (36 % argila, 19 % silte, 48 % areia e 2,02 % matéria orgânica), as equações foram aplicadas e os valores de umidade na base massa, base volumétrica (densidade de  $1,25 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Para a obtenção do erro médio absoluto e consequentemente a determinação da equação com melhor desempenho foi considerada a média de umidades obtidas após as 48 h e nas três amostras. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 – Estimativa da umidade na capacidade de campo utilizando equações de pedotransferência para o solo utilizado no experimento.

<b>Equações</b>	<b>U<sub>cc</sub> (g.g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Θ<sub>cc</sub> (cm.cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>EMA (%)</b>
U <sub>cc</sub> = 0,031 + [0,00629 (Ag+Silt) – 0,0000348 (Ag+Silt) <sup>2</sup> ]	0,2640	0,3168	31,41
U <sub>cc</sub> = 0,0005Ag - 0,0045Ar + 0,018MO + 0,4939	0,3308	0,3970	4,86
U <sub>cc</sub> = 0,0023Ag + 0,2192	0,2951	0,3542	17,53
U <sub>cc</sub> = 0,0019Ag + 0,0024Silt + 0,2143	0,3226	0,3871	7,54
U <sub>cc</sub> = 0,0020Ag + 0,0145MO + 0,2025	0,2978	0,3574	16,48
U <sub>cc</sub> = 0,0018Ag + 0,0019Silt + 0,0111MO + 0,2026	0,3205	0,3846	8,24
U <sub>cc</sub> = 0,0026Ag + 0,0025Silt + 0,0011Ar + 0,0108MO + 0,1253	0,3410	0,4092	1,73

\*Ag: 36, \*Silt: 19, \*Ar: 48, \*MO: 2,02.

A partir da observação da Tabela 3, é possível perceber que as equações 07, 02, 04 e 06 obtiveram o menor erro médio absoluto, 1,73%, 4,86%, 7,54% e 8,24% respectivamente. A equação 01, foi a que apresentou o pior desempenho entre as equações de pedotransferência avaliadas. Analisando a composição das equações é possível perceber que as equações com melhor desempenho são aquelas que consideram o maior número de parâmetros (características) do solo.

A utilização de equações para estimativa da umidade na capacidade de campo tem se mostrado viável, sobretudo considerando as dificuldades metodológicas de se obter essa umidade em campo ou laboratório. Portanto a partir da aplicação de equações disponíveis na literatura é possível estimar a umidade na capacidade de campo, parâmetro indispensável para o correto projeto e manejo de sistemas de irrigação. Recomenda-se a aplicação das equações em outros tipos de solos e classes texturais para uma melhor recomendação deste método.

## 5. CONCLUSÃO

Dentre as setes equações de pedotransferências avaliadas, a melhor para a estimativa da umidade na capacidade de campo em um solo Latossolo Vermelho eutrófico cambissólico foi a proposta por Andrade e Stone (2011)  $U_{cc} = 0,0026Ag + 0,0025Silt + 0,0011Ar + 0,0108MO + 0,1253$ , portanto ela considera todos parâmetros atribuídos argila, silte, areia e matéria orgânica presente no solo.



## 6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ALBUQUERQUE, F. S.; RODRIGUES, L. N.; MAGALHÃES, Y. M. C.; RODRIGUES, A. Determinação da Capacidade de Campo do Solo em Condições de Laboratório e Campo. In: **XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**. São Cristóvão: UFS, 2015.

ALMEIDA, C. X. D.; CENTURION, J. F.; FREDDI, O. D. S.; JORGE, R. F.; BARBOSA, J. C. Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, p. 2235-2243, 2008.

ANDRADE, C. L. T.; FREITAS, J. A. D.; LUZ, L. R. Q. P. Características físico-hídricas de solos arenosos de tabuleiro litorâneos. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 9, 1991, Natal. **Anais...** Natal: ABID, 1991. v.1, p.1069-1095.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online], v. 15, n. 2, p. 111-116, 2011. ISSN 1807-1929. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000200001>.

ARAÚJO, C.A.B. **Avaliação do perímetro irrigado Cruzeta (RN), através do uso intensivo de água para irrigação**. 2007. p. 141. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do norte.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARRUDA, F.B.; ZULLO JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, J.B. Parâmetros de solo para cálculo da água disponível com base na textura do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 11, p. 11-15, 1987.

BAIER, W.; ROBERTSON, G. W. The performance of soil moisture estimates as compared with the direct use of climatological data for estimating crop yields. **Agricultural Meteorology**, v. 5, p. 17-31, 1968.

BAKER, L. Development of class pedotranfer functions of soil water retention – A refinement. **Geoderma**, v.144, 2008, p.225-230.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2008. 625p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012. 355 p.

BOUMA, J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. In: STEWART, B.A., ed. *Advances in soil science*. New York, **Springer Verlag**, v.9. p. 177-213, 1989.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Tradutor: Antônio B. Neiva Figueiredo. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p

- BRUNING, J.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; BOSCAINI, R.; CONCEIÇÃO, C. G.; GOLLO, E. A. Estimativa da curva de retenção de água no solo por função de pedotransferência. **Revista Cultura Agronômica**, v. 28, n. 1, p. 97, 2019
- BUSKE, T. C. **Comportamento da Umidade do Solo Determinada Por Métodos Expeditos**. 2013. 67 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R.; SIQUEIRA, D. S. Variabilidade espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 149-157, 2007.
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FREITAS, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 613- 622, 2011.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; AMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. Brasília, v.39, n.11, p.1153- 1155, 2004.
- CENTENO, L. N.; GUEVARA, M. D. F.; CECCONELLO, S. T.; SOUZA, R. O.; Timm, L. C. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4.1, p. 31-37, 2017.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- COUTO, L. **Características físico-hídricas e disponibilidade de água no solo**. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Embrapa Milho e Sorgo. 2002. p. 65. (Circular Técnica, 21).
- DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil Till., Res**, v. 11, p. 199-238, 1988.
- DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v. 120, p. 201-214, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. Cultivo do algodão irrigado. Sistemas de Produção 3. 2ª edição. Versão Eletrônica. 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 11 de Dezembro de 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro de pesquisa Agropecuária dos cerrados. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Planaltina, 1999.
- ESPINDULA NETO, D.; SILVA, J. G. F. **Manejo da água no mamoeiro**. 2007. p. 65-84.
- Fabian, A. J.; Ottoni Filho, T. B. Determinação de capacidade de campo in situ ou através de equações de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 1029-1036, 2000.
- FERREIRA, M. M. **Caracterização física do solo**. In: DE JONG VAN LIER, Q (Ed.). Física do Solo. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1- 27.

FERREIRA, M. M.; MARCOS, Z. Z. Estimativa da capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico e regossolo através do ponto de inflexão da curva característica de umidade. **Ciência e Prática**, v.7, p.96-101, 1983

FREITAS, P. D.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação da água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.1, p.85-91, 2004.

GIMENES, F. H. S. **Curva de retenção na avaliação da qualidade física do solo**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em ciência – solos e nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo.

GONÇALVES, A. C. A.; TRINTINALHA, M. A.; FOLEGATTI, M. V.; REZENDE, R.; TORMENA, C. A. Spatial variability and temporal stability of water storage in a cultivated tropical soil. **Revista Bragantia**, v.69, suplemento, p.153-162, 2010.

GUPTA, S. C.; LARSON, W. E. Estimating Soil Water Retention Characteristics From Particle Size Distribution, Organic Matter Percent, and Bulk Density. **Water Resources Research**, v. 15, n. 6, p. 1633–1635, 1979.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. 5. ed. United States of America: Academic Press, 2002b. 771 p.

HILLEL, D. Particle sizes and specific surface. In: HILLEL, D. (Ed.). **Environmental soil physics**. 5. ed. United States of America: Academic Press, 2002a. p. 59–74.

KAYSER, L. P. Estimativa dos parâmetros de funções de pedotransferência para os solos do Rio Grande do Sul. 2019. 85 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2019.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. 3. ed. Passo fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014.

LEWAN, E.; JANSSON, P. Implications of Spatial Variability of Soil Physical Properties for Simulation of Evaporation at the Field Scale. **Water Resources Research**, v. 32, n. 7, p. 2067–2074, 1996.

LIBARDI, P. L. Água no solo. In: LIER, Q. DE J. VAN (Ed.). **Física do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 103–152.

Macedo, J. R. **Determinação de retenção hídrica por correlação múltipla e de variabilidade espacial em solos podzólicos de Seropédica**. 1991. 144 f. Dissertação Mestrado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MAIA, F. C. O. **Curva de Retenção e Capacidade de Água Disponível em Latossolos**. 2016. 52 p. Trabalho de conclusão de curso (graduação em agronomia) Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

MALUF, H. J. G. M.; SOARES, E. M. B.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; Silva, L. D. O. G. Decomposição de resíduos de culturas e mineralização de nutrientes em solo com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36,6, p. 1681-1689, 2015.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação – Princípios e Métodos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 355p.

MATOS, R. M.; NETO, J. D., LIMA, A. S.; SILVA, P. F.; BORGES, V. E.; SOBRINHO, T. G. Teor de umidade por diferentes métodos em neossolo do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1588, 2017.

MELLO, C. R.; OLIVEIRA, G. C.; RESCK, D. V. S.; LIMA, J. M.; DIAS JÚNIOR, M. S. Estimativa da capacidade de campo baseada no ponto de inflexão da curva característica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.835-841, 2002.

MENEGAES, J. F.; SWAROWSKY, A.; BACKES, F. A. A. L.; BELLÉ, R. A.; IZÁRIO FILHO, H. J. Consumo hídrico de calla lily submetida ao manejo de irrigação via solo e teores de cobre1. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 74, 2018.

MICHELON, C. J.; CARLESSO, R.; OLIVEIRA, Z. D.; 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**, v. 40, n. 4, p. 848-853, 2010.

MIRANDA, F. R.; SANTANA, M. G. S.; SOUZA, C. C. M.; OLIVEIRA, C. H. C. Calibração do sensor dielétrico ECH2O em dois tipos de solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 3, 2007.

NASCIMENTO, F. J. B.; HINGEL, R. de L.; SOUSA, P. A.; MARÇAL, M. S. Caracterização espaço-temporal das chuvas associada às vazões na bacia do rio Macaé - RJ. In: **Anais - IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Fortaleza: UFC. 2010.

NUNES, L. C.; TORRES, G. N.; AMORIM, R. S. S.; COUTO, E. G.; NÓBREGA, R. L. B.; GEROLD, G. Funções de Pedotransferência Para Predição da Umidade Retida a Potenciais Específicos em Solos do Estado de Mato Grosso. In: **Proceedings of XXXV Brazilian Congress of Soil Science**. 2015. p. 2-7.

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**, v.26, p.315-323, 2002.

OLIVEIRA, L. F. C. D.; BONOMO, R.; CORTÊS, F. C. Desenvolvimento matemático de uma equação para estimativa da capacidade de campo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 65-69, 2001.

OLIVEIRA, L. F. C.; PINTO, J. P. Determinação da condutividade hidráulica em função da umidade pelo método do perfil instantâneo em colunas de solo. **Engenharia na Agricultura**, v. 5, n. 2, p. 162-70. 1997.

OLIVEIRA, L. F. C.; PINTO, J. P. Determinação do número de amostras para a obtenção dos parâmetros físicos de um latossolo vermelhoamarelo. In Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25. Unesp/SBEA. **Anais...Bauru**, SP. 1996.

PAIVA, C. M.; Souza, A. D. S. P. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para fins de manejo da irrigação. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 39, n. 1, p. 42-51, 2016.

PAUL, E.A. **Soil microbiology, ecology and biochemistry**. 3. ed. Burlington:Academic Press; 2007.

PAZ, A. M.; CIPRIANO, D.; GONÇALVES, M. C.; PEREIRA, L. S. Funções de pedotransferência para a curva de retenção da água no solo. **Revista de Ciências Agrárias**, v.32, n.1, 2009, p.337-343

QUINTINO, A. C.; ANDRADE, P. J.; SILVA, T. J.; CANEPPELE, M. A.; ABREU, J. G. Métodos de determinação de umidade nos solos de cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.22, p. 2202-2213, 2015.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. D. S.; BONA, F. D. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo (DRES)**. Embrapa Solos- Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2017.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.211-216, 1988.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

RIBEIRO, K. M.; CASTRO, M. D. C.; RIBEIRO, K. D.; LIMA, P. L. T.; ABREU, L. H. P.; BARROS, K. L. C. Estudo comparativo do método padrão da estufa e do método Speedy na determinação do teor de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 12, n. 1, p. 18-28, 2018.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. DE; FILHO, J. C. de A. **Caracterização morfológica do solo**. In: KER, J. C. et al. (Eds.). . **Pedologia: fundamentos**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 48–79.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R. ; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: Causas e efeitos. **Semina**, v. 26, p. 321-344, 2005.

SANTOS, G. O.; VANZELA, L. S.; FARIA, R. T. **Manejo da água na agricultura irrigada**. Boletim técnico, v. 1, n. 01, 2018.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100 p.

SHEIN, E.V.; ARKHANGEL'SKAYA, T.A.S. Pedotransfer functions: state of the art, problems and outlooks. **Eurasian Soil Science**, Moscow, v. 39, n. 10, p. 1090-1099, 2006.

SILVA, B. M.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; SILVA, E. A.; OLIVEIRA, L. M. Índice S no Diagnóstico da Qualidade Estrutural de Latossolo Muito Argiloso Sob Manejo Intensivo. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 338-345, 2012.

SILVA, E. L. D. **Efeito do manejo do solo sobre atributos físicos e microbiológicos**. 2016. 36 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Tecnólogo em Agroecologia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, São Cristovão.

SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. Influência do período de centrifugação na curva de retenção de água em solos de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1487-1494, 2002.

SILVA, G. U. **Influência do manejo de irrigação via solo e via clima na cultura do milho**. 2017. p. 69. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, Alegrete, 2017.

SOARES, F. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; RUSSI, J. L.; VIVAN, G. A. Redes neurais artificiais na estimativa da retenção de água do solo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 293-300, 2014.

SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.; REICHERT, J.M.; LIMA, C.L.R. Densidade restritiva ao crescimento radicular em função da argila. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, NOVOS DESAFIOS DO CARBONO DO MANEJO CONSERVACIONISTA, **Anais....** Aracaju, 2006.

SYLVIA, D.M.; FUHRMANN, J.J.; HARTEL, P.G.; ZUBERER, D.A. **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: Prentice Hall; 1999.

TEIXEIRA, C.F.A.; MORAES, S.O.; SIMONETE, M.A. Desempenho do tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 161-168, 2005.

TOMASELLA, J.; HODNETT, M.; ROSSATO, L. Pedotransfer functions for the estimation of soil water retention in Brazilian soils. **Soil Science of America Journal**, v.64, 2000, p.327-338.

VALNIR JUNIOR, M.; RIBEIRO, F. C.; ROCHA, J. P. A.; LIMA, S. C. R. V.; CARVALHO, C. M.; Gomes Filho, R. R. Desenvolvimento de software para o manejo da microirrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 11, n. 2, p. 1324-1330, 2017.

VAN GENUCHTEN, M. T. H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **American Soil Science Society**, Madison, v. 44, n. 5, p.892-898, 1980.

VEIHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, H. Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentages of soils. **Science**, v.68, p.75-94, 1949.

VEIHMEYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soil. **Soil Science**, Baltimore, v.32, p.181-193, 1931.

XIANG-WEI, H.; MING-NA, S.; HORTON, R. Estimating Van Genuchten model parameters of undisturbed soils using an integral method. **Pedosphere**, Nanjing, v. 20, n. 1, p.55-62, 2010.

ZHAO, D.; Xu, M.; Liu, G.; Yao, X.; Tuo, D.; Zhang, R.; Peng, G. Quantification of soil aggregate microstructure on abandoned cropland during vegetative succession using synchrotron radiation-based micro-computed tomography. **Soil & Tillage Research**, v. 165, p. 239–246, 2016.