

TENSÃO MATRICIAL E UMIDADE DO SOLO: UMA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO EM TRÊS CLASSES DE LATOSSOLOS NA ALTA BACIA DO RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO

MATRITIAL TENSION AND SOIL MOISTURE: A ANALYSIS OF CORRELATION IN THREE CLASSES OF OXISOLS IN THE HIGH BASIN OF SANTO ANTÔNIO STREAM

FLÁVIO ALVES SOUSA

Docente da UEG - Universidade Estadual de Goiás, *Campus Oeste*, Iporá (GO)
flavio.alves@ueg.br

LUTHIANE SILVA ALVES

Licenciada em Geografia e Pós-Graduada em Ordenamento Ambiental *Latu Sensu* pela UEG - Universidade Estadual de Goiás *Campus Oeste*, Iporá (GO)
luthisilva@hotmail.com

Resumo: O estudo investigou a correlação entre a umidade residual e a tensão matricial do solo para avaliar como uma interfere na outra. Para isso foram feitas análises em três classes de latossolos na alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, e em cada local foram feitas medidas de condutividade hidráulica e da tensão do solo. Também foram coletadas amostras indeformadas de solo utilizando cilindro volumétrico para análise da umidade residual em laboratório. Análise da textura dos solos também foi realizada, e ao final, foi gerada uma tabela de correlação entre tensão matricial e umidade residual. A correlação entre umidade do solo e tensão matricial se mostrou forte, com diminuição da tensão quando aumenta a umidade residual do solo. Também o teor de argila se mostrou eficiente na retenção de água, com valores de retenção de umidade maior nos solos com maior teor de argila. A correlação entre condutividade hidráulica e umidade residual foram fortes, pois uma vez aumentando-se a umidade do solo a condutividade tende a diminuir. O tensiômetro utilizado embora simples se mostrou bastante eficiente na correlação com a umidade do solo, demonstrando nos experimentos que é possível fazer inferências da umidade através dos dados de tensão matricial e de tensão matricial pela umidade.

Palavras-chave: Tensão. Umidade. Condutividade. Solo.

Abstract: The study investigated the correlation between residual moisture and matritial tension of soil to evaluate how one interferes with other. For this, analyzes were carried out in three classes of oxisols in the upper watershed of Santo Antônio Stream, and in each location measurements of hydraulic conductivity and soil tension were made. Undisturbed soil samples were also collected using a volumetric cylinder for analysis of residual moisture in the laboratory. Texture analysis was also performed, and at the end, a correlation table between matritial tension and residual moisture was generated. The correlation between soil moisture and matritial tension proved to be strong, with tension decreasing when soil residual moisture increases. The clay content was also efficient in water retention, with higher moisture retention values in soils with higher clay content. The correlation between hydraulic conductivity and residual moisture was strong, because once soil moisture is increased, the conductivity tends to decrease. The tensiometer used, although simple, proved to be very efficient in the correlation with soil moisture, demonstrating in the experiments that it is possible to make inferences of moisture through data of matrix stress and matrix stress by moisture.

Keywords: Tension. Umidity, Conductivity. Soil.

INTRODUÇÃO

As características físicas dos solos são fundamentais para determinar a capacidade natural do mesmo em suportar este ou aquele tipo de cobertura vegetal, seja esta cobertura o bioma característico da localidade, seja o cultivo realizado pelo homem, para isto, as condições físicas como textura, estrutura, permeabilidade, porosidade são muito importantes, sem esquecer a dinâmica da água nos mesmos, que tem papel fundamental na manutenção da vegetação e na infiltração, sendo que a textura influencia ainda na aptidão agrícola, no percentual de nutrientes e na dinâmica hidrológica do solos, como destaca Souza *et al.* (2018)

Na interação entre o solo e a água existem forças como a adesão e coesão que fazem parte da adsorção. A adesão é uma força de atração entre substâncias diferentes como as moléculas de água e partículas coloidais do solo, isso se dá através de diferenças entre polaridades (polos negativos e positivos). Já a coesão é a capacidade da molécula de água de se manter íntegra e se juntar a outra molécula de água (LEPSCH, 2011). Quando as moléculas de água se aderem às partículas de solo dá-se a adsorção que depende por sua vez do potencial matricial do solo que é maior em solos mais secos, aumentando o gasto de energia das plantas para extrair a água da matriz do solo, como destaca Medeiros *et al* (2015) .

As características de textura dos solos juntamente com as condições climáticas determinam uma das principais características que é a permeabilidade e sua capacidade de reter água e de disponibilizá-la para as plantas, e ainda, promover a infiltração nos momentos de excedente hídrico, quando o solo excede sua capacidade de armazenamento de água conforme destacado em Sousa (2019).

Durante os períodos chuvosos os solos apresentam excedentes hídricos que fluem para os horizontes inferiores do perfil pela ação gravitacional e abastecem o lençol freático. Tal ação se dá pela diminuição da adesão das moléculas de água à matriz do solo, ou seja, quanto mais água adicionada ao solo, maior a distância entre esta e as partículas sólidas, diminuindo assim sua adesão e permitindo a ação da força gravitacional, que faz a água fluir para camadas mais profundas do perfil, conforme

destacado em Lepsch (2011), enquanto Borma e Rennó (2017) destacam que três potenciais influenciam na dinâmica da água no solo, quais sejam, o potencial matricial, o potencial mátrico e o potencial osmótico, sendo que em solo saturado o potencial gravitacional apresenta maior dinâmica.

Cessando as chuvas parte da umidade fica retida pela matriz do solo podendo ser absorvida pelo sistema radicular das plantas. Porém quando há períodos prolongados de escassez de chuva ou irrigação o solo tende a reter a água com maior tensão, não permitindo a sua retirada pelas plantas, o que caracteriza a adsorção.

Para Centeno *et al* (2017) a textura do solo “influencia na dinâmica da adesão e coesão entre as partículas de solo bem como o manejo dos solos, que, por conseguinte influencia a resistência do solo à tração bem como a dinâmica da água no solo. Para Klein e Libardi (2000) a textura do solo é muito importante, principalmente em sua fração argila, pois determina a porosidade do solo e a adesão da água nas partículas, influenciando assim na adsorção ou retenção da água, principalmente quando o solo atinge o seu ponto de murcha permanente (PMP).

Conforme Pereira *et al.* (2005), o PMP é o ponto que representa a menor umidade do solo fazendo com que as plantas murchem e não recuperem sua turgidez, uma vez que a força com que o solo retém a água aumenta conforme a diminuição da sua umidade.

Klein *et al.* (2010) afirmam que a variação de água numa amostra de solo na condição de PMP tem influência de cerca de 91% do teor de argila. Quando o solo atinge a sua capacidade máxima de acúmulo de água, diz-se que o mesmo atingiu a sua capacidade de campo (CC) que segundo Lepsch (2011) é atingida quando a tensão está entre -10 e -33 kilopascal (kPa). Já quando a tensão chega ao limite máximo de retenção da água diz-se que o solo atingiu o seu ponto permanente de murcha (PMP), o que segundo Lepsch (2011) é atingido em torno de -1.500 kPa.

Uma das formas usadas na determinação da tensão da água no solo é o uso do tensiômetro, que permite monitorar a queda da umidade do solo através do registro da tensão com que a água está retida. Existem tensiômetros modernos e digitais que facilitam a leitura e o armazenamento de dados sem a necessidade de monitoramento

muito frequente. Mas existem os tensiômetros que registram de maneira tradicional como o tensiômetro de mercúrio, caracterizado por um tubo de PVC com uma capsula de porcelana porosa na extremidade inferior e um manômetro na parte superior, onde se faz a leitura da tensão. Fillipi (2020) assinala a utilidade do tensiômetro para medir a tensão matricial ou a força com que a água fica retida pelas partículas do solo.

Para entender melhor a função de tal instrumento, Silingovsichi (2006, p. 4) afirma que:

Quando um tensiômetro é colocado no solo, a maior tensão de água do solo atrai as moléculas de água do aparelho, ocorrendo a passagem da água do interior do tubo para o solo através da cápsula, formando um vácuo, e fornecendo assim a leitura por meio do tensímetro.

Azevedo e Silva (1999) destacam que a vantagem do uso do tensiômetro é que ele permite conhecer em tempo real embora de maneira indireta o teor de água no solo, bem como a tensão com que a mesma está retida.

Através da identificação do tipo de solo e de suas características físicas como textura, estrutura e porosidade é possível correlacionar o comportamento da água no solo e determinar a sua capacidade de armazenamento e de infiltração de água, o que é possível avaliar através da condutividade hidráulica do mesmo.

A condutividade hidráulica do solo é uma propriedade que expressa a facilidade com que a água nele se movimenta, sendo de extrema importância ao uso agrícola e, conseqüentemente, à produção das culturas e à preservação do solo e do ambiente (AZEVEDO, 1999, p. 8).

De acordo com Pinheiro *et al* (2017), a condutividade hidráulica saturada se constitui em fator de grande importância para entender o movimento da água no solo, bem como o movimento de substâncias químicas e solutos, destacam ainda que a condutividade é muito variável.

Tanto a tensão quanto a condutividade hidráulica tem relação direta com a água no solo, que reflete a sua umidade. Assim a umidade ou teor de água é a relação entre a massa de água contida em uma amostra de solo que é dividida pela massa seca dessa amostra conforme descrito em EMBRAPA (1999). O resultado pode tanto ser apresentado em quilograma de água por quilograma de solo, ou através de porcentagem.

Considerando a importância de se entender o papel da água do solo e dos meios de determinar como a mesma se comporta conforme as características de cada solo, o presente estudo visou realizar um breve ensaio em três classes de solos com características diferentes, comparando as leituras feitas com um tensiômetro de mercúrio com a umidade do solo determinada em laboratório e com a condutividade hidráulica realizada diretamente no campo.

Objetivou-se então nesse estudo, avaliar as leituras realizadas via tensiômetro com a umidade residual dos solos a fim de se estabelecer uma correlação entre ambas e assim criar um prognóstico de valores já que com a tensão do solo consegue-se supor a umidade residual do solo, mas não determiná-la com precisão, bem como é possível estimar a tensão a partir da umidade. Neste caso o presente ensaio pretendeu criar uma correlação indireta pela via da interpolação dos dados obtidos de tensão e umidade dos solos.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A alta bacia do Ribeirão Santo Antônio está localizada na porção leste do município de Iporá, que por sua vez está localizado na região oeste de Goiás. A bacia apresenta uma grande variedade de solos (latossolos, neossolos, cambissolos e argissolos) na maioria com textura franca, embora se encontre algumas classes de solos de textura argilosa principalmente onde predominam rochas alcalinas como os gabros, dunitos e piroxenitos, que se distribuem numa faixa N-S a leste do município conforme destaca Sousa (2013). Os pontos adotados para a análise são locais onde predominam os latossolos de texturas argilosas, franco-argilosas e francos.

O relevo na bacia é suave ondulado e ondulado, com topos convexos e vertentes côncavo-convexas de comprimento médio entre 250 a 500m favorecendo de maneira geral o escoamento superficial, ainda que de maneira ligeira, conforme destacado em Sousa e Rodrigues (2018). O clima predominante no município é o tropical subúmido com uma estação seca (maio a setembro) e outra chuvosa que vai de outubro a abril, (ALVES, 2014).

Sousa e Rodrigues (2014) destacam que o período de excedente hídrico dos solos em Iporá vai de dezembro a março, enquanto o período de déficit hídrico é entre abril a outubro com pico máximo em agosto/setembro.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo se deu na alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, sendo escolhidas três classes de latossolos para comparação. Os latossolos são solos profundos e bem drenados, onde ocorre a maior porcentagem de infiltração, sendo as classes que aparecem na alta bacia do ribeirão Santo Antônio formadas por: Latossolo Vermelho Muito-escuro distroférico; Latossolo Bruno-Avermelhado distrófico; Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico.

A bacia se situa no município de Iporá na região Oeste do estado de Goiás. O estudo foi desenvolvido durante o período de déficit hídrico dos solos, que no município, tem seu auge em agosto, conforme determinado por Sousa e Rodrigues (2014). O estudo consistiu em avaliar a relação entre a umidade e a tensão em três tipos de solos. Em cada ponto foi feita a coleta de três amostras do solo que foram levadas ao laboratório. No local foram feitas as medidas da tensão do solo e da condutividade hidráulica.

As amostras de solos foram retiradas com anéis volumétricos previamente pesados e com volumes previamente conhecidos que no caso foi de 98 cm^3 . As amostras foram coletadas a 40 cm de profundidade e embaladas em papel alumínio e saco plástico com identificação do ponto e levadas para laboratório de estudo sobre relevo, solos e água (LAERSA) do curso de Geografia da UEG - Unidade de Iporá, onde foram realizadas as análises de umidade e textura.

A determinação da umidade seguiu a norma da Embrapa (1999) que consiste em pesar a amostra úmida mais o cilindro, posteriormente diminuindo o peso do cilindro e obtendo o peso da amostra úmida. A amostra mais o cilindro são levados à estufa para secagem a 105°C por 24 horas e após ao resfriamento, a amostra mais o cilindro são novamente pesados e se desconta o peso do cilindro. A diferença entre o peso da

amostra úmida e da amostra seca define a massa de água que continha no solo que pode ser dada em porcentagem ou em g.kg^{-1} . A análise seguiu conforme a equação abaixo.

$$U = \frac{Ma}{Ms} = \frac{Mt - Ms}{Ms} \quad \text{Equação 1.}$$

Onde: **U** é a umidade; **Ma** é a massa de água; **Mt** é a massa total e **Ms** é a massa seca.

A determinação da tensão do solo foi realizada a 40 cm de profundidade utilizando tensiômetro de mercúrio composto por uma capsula de cerâmica porosa conectada a um manômetro por um tubo em PVC que é preenchido por água e vedado com tampa. A leitura foi feita diretamente no manômetro conforme a água do tubo foi se deslocando para o solo. Quanto mais seco o solo, mais a água flui para este, criando uma pressão interna no tubo. A figura 1 apresenta o modelo de tensiômetro utilizado.



Figura 1. Tensiômetro de mercúrio. Foto: Autores.

A condutividade hidráulica insaturada do solo foi realizada com o uso de infiltrômetro de Mini-Disk, que consiste em um tubo em acrílico graduado cuja base apresenta uma cápsula em metal poroso e o compartimento superior é constituído por uma câmara com uma escala de sucção, que deve ser regulada conforme a condição textural do solo.

O método utilizado no infiltrômetro de mimi-disk foi proposto por Zhang (1997) para determinação da condutividade não saturada dos solos. O método consiste na tomada de medidas cumulativas da infiltração versus o tempo decorrido. A fórmula da condutividade hidráulica é dada por:

$$K = \frac{C_1}{A} \quad \text{Equação 2}$$

Onde, C_1 é a base da curva da infiltração acumulada, vezes a raiz quadrada do tempo, e A é um valor relativo do parâmetro de van Genuchten (1980) para uma determinada sucção conforme o tipo de solo e o raio do infiltrômetro.

Os experimentos foram realizados durante 300 segundos conforme metodologia do aparelho, com intervalos de leitura maiores para solos argilosos e menores para solos de matriz arenosa. A figura 2 mostra o infiltrômetro.



Figura 2. Infiltrômetro Mini-Disk. Fonte: Sousa et al. (2017).

Foram realizadas análises texturais das amostras de solo, para isso optou-se pelo método do densímetro de Bouyoucos (1927) descrita como se segue pela EMBRAPA (1997, p. 32). O cálculo foi desenvolvido em planilha no Excel da Microsoft.

Princípio: Baseia-se na sedimentação das partículas que compõem o solo. Após a adição de um dispersante químico, fixa-se um tempo único para a determinação da densidade da suspensão que admite-se ser a concentração total de argila. As frações grosseiras (areias fina e grossa) são separadas por tamisação e pesadas. O silte é obtido por diferença. **Procedimento:** Colocar 50g de solo em copo plástico. Adicionar 100ml de água e 25ml de solução de

hidróxido de sódio N ou 25ml de solução de hexametáfosfato de sódio tamponada com carbonato de sódio. Agitar com bastão e deixar o copo coberto em repouso durante a noite. · Transferir o conteúdo para copo metálico do agitador elétrico com o auxílio de um jato de água, deixando o volume a ± 300 ml. Colocar o copo no agitador e proceder a agitação durante 15 minutos para solos argilosos e de textura média e 5 minutos para os arenosos. Passar o conteúdo através de peneira de 20cm de diâmetro e malha de 0,053mm, colocada sobre um funil apoiado em um suporte, tendo logo abaixo uma proveta de 1.000ml ou um cilindro de sedimentação. Lavar o material retido na peneira com água proveniente de depósito colocado a mais ou menos 3 metros de altura, de modo a se obter uma pressão uniforme na mangueira e uma lavagem eficiente e rápida das areias. Completar o volume da proveta até o aferimento. Agitar a suspensão durante 20 segundos com um bastão, tendo na sua extremidade inferior uma tampa de borracha contendo vários orifícios e de diâmetro um pouco menor do que o do cilindro ou proveta. Marcar o tempo após concluir a agitação. Para a prova em branco, colocar o dispersante utilizado em proveta de 11 no cilindro com água, completar o volume, agitar durante 20 segundos e marcar o tempo. Após 90 minutos de sedimentação, transferir o volume da suspensão (primeiros centímetros abaixo do traço do aferimento) para copo plástico de 300ml. Pode ser feito por sifonamento, pela torneira do cilindro de Koettgen ou pelo tubo plástico do cilindro de sedimentação. · Passar o conteúdo para proveta de 250ml e agitar. Introduzir o densímetro e efetuar a leitura com aproximação de 0,25. Se houver dificuldade na leitura do densímetro, colocar 2 a 3 gotas de fenolftaleína junto à haste deste. Proceder à leitura da prova em branco e anotar. Lavar a areia retida na peneira de 0,053mm com jato forte de água. Transferir a fração areia para a lata de alumínio numerada e de peso conhecido, eliminar o excesso de água e colocar na estufa. Após secagem (3 a 5 horas), esfriar e pesar com aproximação de 0,05g, obtendo-se assim o peso da areia grossa + areia fina. Passar essa fração para peneira de 13cm de diâmetro e malha de 0,2mm (nº 70), sobre recipiente metálico de mesmo diâmetro e separar a areia grossa. Passar a areia fina para a mesma lata usada anteriormente e pesar. Colocar as duas frações de areia, separadas, em sacos plásticos e anotar o número da amostra, a fim de serem enviadas para análise mineralógica (quando solicitada). **Cálculo.** Teor de argila = (leitura densímetro + leitura da prova em branco) x 20 Teor de areia fina = areia fina (g) x 20 Teor de areia grossa = [areia fina (g) + areia grossa (g)] - areia fina (g) x 20 Teor de silte = 1000 - teor [argila (g) + areia fina (g) + areia grossa (g)]

Para determinação da comparação entre as tensões e umidades obtidas foi utilizado o método estatístico de correlação (R) através do software Excel da Microsoft, software que foi utilizado ainda para realização de interpolação linear.

A interpolação linear é um método que realiza um ajuste de uma função ou curva quando se conhece apenas o conjunto de pontos obtidos e se pretende interpolar pontos não conhecidos a fim de fazer um prognóstico desses valores.

RESULTADOS

Quanto aos resultados observados o quadro 1 mostra que ambos os solos analisados apresentam condutividade hidráulica média com ligeira diminuição no solo muito argiloso, que apresenta uma boa estrutura em função dos agregados e de óxido de ferro (oólitos) que funcionam como partículas de areia, aumentando a sua capacidade de infiltração e percolação como destacado em (SOUSA, 2013).

A figura 3 mostra a localização da bacia no Estado, e no município de Iporá, bem como a localização dos pontos de coleta.

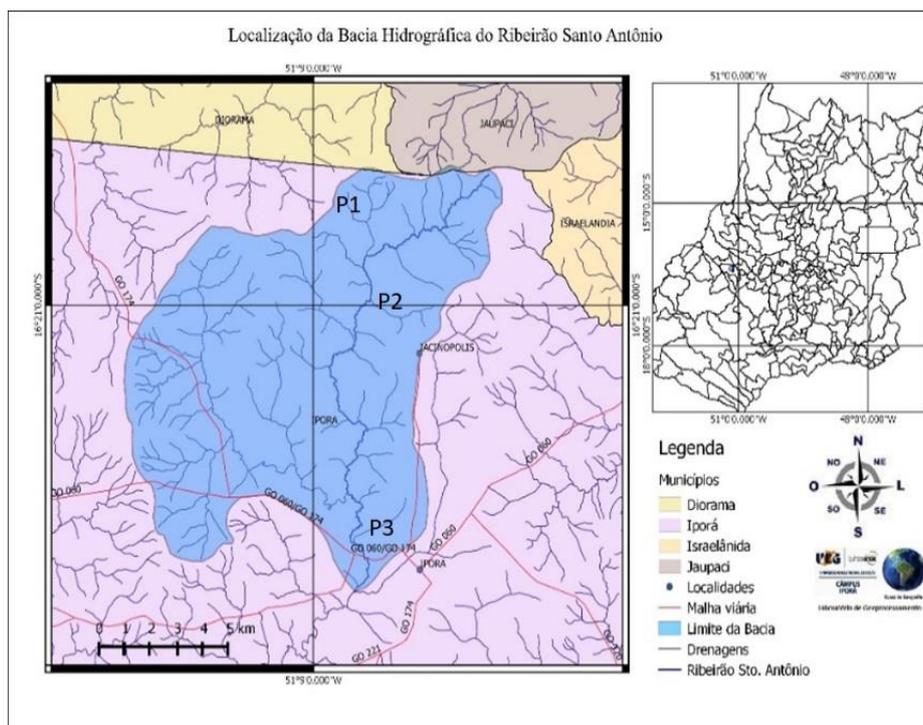


Figura 3. Localização da área de estudo. Fonte: Autores.

Percebe-se ainda que conforme aumenta a umidade, mais a tensão diminui em função da tensão matricial no solo, fazendo com que os valores de umidade e tensão apresentem um alto grau de correlação (94,5%).

O quadro apresenta ainda os tipos de solo e as proporções de argila, silte e areia configurando suas condições texturais. É possível notar que há uma correlação direta entre os teores de argila e a umidade residual dos solos, onde maior o teor de argila maior a umidade. Isso se deve à maior porosidade total dos solos argilosos e à sua microporosidade que retêm mais água, porém são menos fornecedores. O grau de correlação foi de 98%.

Quadro 1. Valores de umidade, condutividade, tensão e teor de argila.

Amostras	Umidade (%)	Kv (cm/s)	Argila (%)	Tensão do solo (kPa)		
01	19	$3,1 \times 10^{-4}$	55	-12		
02	14	$4,3 \times 10^{-4}$	36	-14		
03	7,1	$5,5 \times 10^{-4}$	23	-30		
Coeficiente de correlação (R) entre a umidade e a tensão do solo				-0,945996448		
	Classe		Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	
01	Latossolo Vermelho Muito-escuro distroférico, Textura Argilosa		55	13	32	
02	Latossolo Bruno-Avermelhado distrófico, Textura Franco-argilosa		36	13	51	
03	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Textura Franca		23	16	61	
Coeficiente de correlação (R) entre a umidade e teor de argila				0,980115132		

Fonte: Autores.

A figura 4 mostra a regressão linear entre a umidade residual e a tensão do solo, indicando que quanto menor a umidade, maior será a tensão matricial. Enquanto a Figura 5 mostra a regressão entre umidade e teor de argila, onde maior a umidade, maior o teor de argila.

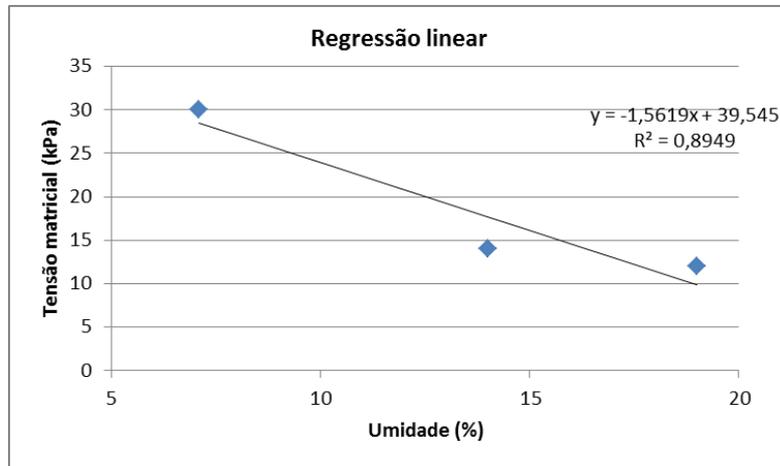


Figura 4. Regressão linear entre umidade do solo e tensão matricial. Fonte: Autores.

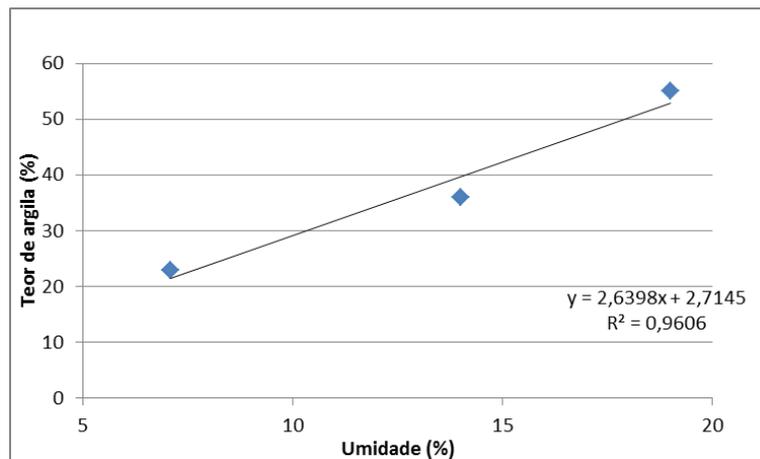


Figura 5. Regressão linear entre argila e umidade. Fonte: Autores.

Quando correlacionada a umidade com a condutividade hidráulica (figura 6) o grau de correlação é de -0,9957 ou 99,5%, indicando que a condutividade hidráulica diminui conforme aumenta a umidade, ou seja, os testes de umidade, tensão e condutividade hidráulica estão estreitamente correlacionados. A figura 7 mostra as tomadas de condutividade hidráulica e tensão da água no solo.

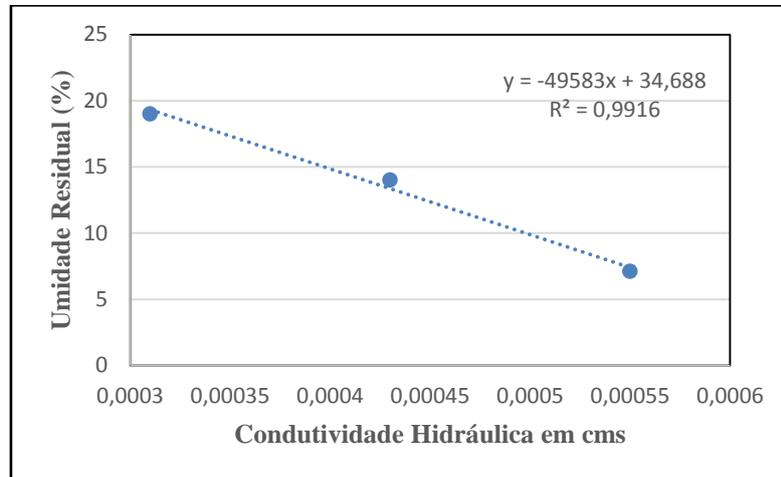


Figura 6. Regressão Linear entre umidade residual e condutividade Hidráulica. Fonte: Autores.



Figura 6. Aparelhos utilizados nos experimentos de condutividade e tensão matricial do solo. Foto: Autores.

A seguir tem-se a interpolação com os valores possíveis de umidade e a tensão matricial correspondente apresentados no quadro 2. A figura 7 mostra a correlação entre umidade e tensão utilizando os valores interpolados, apontando a diminuição da tensão conforme aumenta-se a umidade residual do solo.

O índice de correlação (R) para os valores interpolados é semelhante ao valor de R para as três amostras obtidas, ou seja -0,91262389 ou 91%.

Quadro 2. Interpolação de dados entre umidade e tensão matricial.

Umidade (%)	Tensão (kPa)
7,1	-30
8	-26
10	-22
12	-18
14	-14
16	-13,3
18	-12,7
19	-12
21	-11,3
23	-10,7
25	-10
27	-9,3
29	-8,7
31	-8
33	-7,3
35	-6,7
37	-6
39	-5,3
40	-4,7
42	-4
44	-3,3

Fonte: Autores

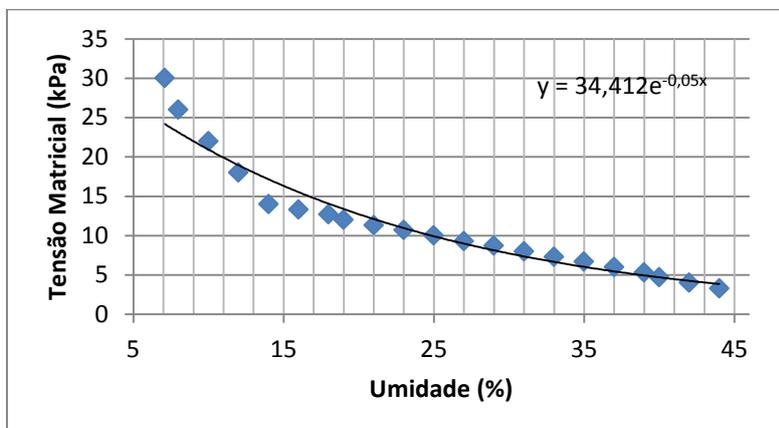


Figura 7. Regressão linear entre argila e umidade. Fonte: Autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise aqui apresentada embora efetivada com apenas três tipos de solos, é representativa do que é destacado na bibliografia especializada, demonstrando que umidade e tensão matricial apresentam-se como variáveis interdependentes quando se considera uma ou outra.

Importante destacar a proporção de argila e matéria orgânica na manutenção da umidade do solo, pois isso favorece na adoção de medidas para aumentar a preservação da umidade residual dos solos por um tempo mais prolongado, principalmente em solos cultiváveis.

Embora a condutividade hidráulica acompanhe a correlação entre umidade e tensão do solo, cabe destacar que a mesma pode sofrer variações em função do tipo de cobertura vegetal e da compactação do solo e nesse caso não ter correlação forte com a umidade e a tensão em determinadas amostras.

A análise apontou ainda que os solos analisados não apresentaram estar na fase de PMP, na profundidade analisada (40 cm) mesmo em condições de escassez hídrica, isso pode indicar um processo de ascensão capilar proveniente de camadas mais profundas e úmidas do perfil. Nesse sentido o estudo embora breve atingiu seu objetivo de avaliar as correlações entre umidade e tensão da água no solo, bem como estimar as relações de valor entre ambas.

REFERÊNCIAS

ALVES, W. S. **As interações espaciais e o clima urbano de Iporá-GO.** (Dissertação de Mestrado) UFJ/CAJ. Jataí, 2014. 122 p.

AZEVEDO, J. A. de.; SILVA, E. M. de. Tensiômetro: Dispositivo prático para controle de irrigação. Embrapa Cerrados. **Circular Técnica 001.** Planaltina, 1999, 33 p.

BORMA, L. De S.; RENNÓ, C. D. **Infiltração e movimento da água no solo Parte 2.** Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/~camilo/prochidr/pdf/02infiltracao_aguanosolo_2.pdf. Acessado em: 14/12/2021.

CENTENO, L. N.; GUEVARA, M. D. F.; CECCONELLO, S. T.; SOUSA, R. O. D.; TIMM, L. C. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade.** v.4, n.1, p. 31-37, jul. 2017.

DE SOUZA, J. C.; LOPES, E. R. N.; DE SOUSA, J. A. P.; LOURENÇO, R. W. Avaliação dos aspectos físico-químicos dos solos em diferentes coberturas vegetais. **RBCIAMB.** n. 49, set 2018 123-139.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos Rio de Janeiro 1997. 212 p.

FILLIPI, D. Tensiômetro no manejo de irrigação: ainda vale a pena usar? Disponível em: <https://raks.com.br/tensiometro-dispositivo-para-controle-de-irrigacao/>. Acessado em: 14/12/2021.

GONÇALVES, Adriano Dicesar Martins de Araújo e LIBARDI Paulo Leonel. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C. D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.7, jul de 2010, p.1550-1556.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. A faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e a sua relação com a densidade do solo ao longo de um perfil de um Latossolo roxo. **Ciência Rural**, v. 30, 2000. p. 959-964.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia.** Ed. Oficina de textos. São Paulo, 2011. 436p.

MEDEIROS, M. P.; PINHEIRO, A.; CRUZ, R. L.; SIMÕES, W. L. Comportamento do Teor de Água num Solo Cultivado com Cana-de-Açúcar Irrigada com Diferentes Lâminas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis.** v. 4, p. 30-42, 2015.

PEREIRA, R. J et al. **Ponto de Murcha Permanente de um Neossolo Flúvico Usando Novas Plantas Indicadoras.** Embrapa. Comunicado técnico 241. Campina Grande-PB, 2005. 5 p.

PINHEIRO, R. J. B.; NUMMER, A. V.; RAUBER, A. C. Determinação da condutividade hidráulica das principais unidades geológico-geotécnicas de Santa Maria – RS. **Geociências**, v. 36, n. 2. São Paulo, UNESP, p. 347-363, 2017.

SILINGOVSIKI, T.M. et al. Comportamento da água no solo a partir de dados tensiométricos e sua influência no processo erosivo, fazenda da Glória Uberlândia-MG. **VI Simpósio Regional de Geomorfologia.** Goiânia, 6 a 10 de Setembro de 2006. 1-9 p.

SOUSA, F. A de; RODRIGUES, S. C. Caracterização Física de Iporá-GO. **Revista Sapiência.** V.7 n.2, Jan/Jul. Iporá-GO, 2018. p. 121-141.

SOUSA, F. A de; RODRIGUES, S. C. Estimativa de recarga do lençol freático em solos sobre granito e gabros alcalinos na alta bacia do rio dos Bois em Iporá-GO. **Ambiência.** V.10 n.2, Maio/Agosto. Guarapuava-PR, 2014. p. 449-463.

SOUSA, F. A. de. Metodologia Para Avaliação do Escoamento Subsuperficial em Vertentes. **Bol.Goiano. de Geografia**, v. 39: 51968. Goiânia-GO, 2019. 22 p.

SOUSA, Flávio. A. de. **A contribuição dos solos originados sobre granitos e rochas alcalinas na condutividade hidráulica, na recarga do lençol freático e na suscetibilidade erosiva – um estudo de caso na alta bacia hidrográfica do rio dos Bois em Iporá-GO.** (Tese de doutorado). Programa de Pós-graduação em Geografia, IG, UFU, IG, Uberlândia, 2013, 207 p.

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

ZHANG, R. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. **Science Society of America Journal**, n. 61, p. 1024-1030, 1977.