

ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE PROPRIEDADES DE SOLO E K_{SAT} NA BACIA HIDROGRÁFICA SANGA ELLERT

THIAGO RODRIGUES DA ROSA¹; GABRIEL BORGES DOS SANTOS²; OTTONI MARQUES MOURA DE LEON³; LUÍS CARLOS TIMM⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – thiagorodrigues2000@outlook.com.br

²Universidade Federal de Pelotas – gabrielqwsantos@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – ottonibaixo@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – lcartimm@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A análise das características físico-hídricas do solo é essencial para entender a dinâmica hidrológica de uma bacia hidrográfica e a interação dos solos com os processos de infiltração, escoamento e erosão (KOPPE et al., 2021). Dentre essas características, a condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) destaca-se como um parâmetro de notável relevância para a compreensão da hidrologia do solo (ABDELBAKI, 2021). É um parâmetro amplamente utilizado em uma considerável gama de áreas, como a gestão de bacias hidrográficas, agricultura e em modelos matemáticos que simulam o comportamento hídrico do solo (USOWICZ; LIPIEC, 2021).

A K_{sat} é uma propriedade que apresenta grande variabilidade, essa é influenciada por diferentes fatores, como tipos de solos, manejos, vegetações e outras variáveis (SOULIS et al., 2020). Nas últimas décadas houve esforços na direção da compreensão dos fatores que influenciam a K_{sat} (ZHU et al., 2022). A relação entre a K_{sat} e fatores como a porosidade, densidade do solo e composição granulométrica, é existente e pode variar de acordo com as condições climáticas, geológicas e o manejo do solo em cada região (KLEIN et al., 2015).

A estatística clássica é uma ferramenta relevante para compreensão da K_{sat} com outros parâmetros do solo. A análise de correlação é amplamente aplicada na ciência do solo para explorar a relação entre variáveis, sendo crucial para a interpretação de dados ambientais e o planejamento de estratégias de manejo (CENTENO et al., 2020). Testes como a análise estatística da correlação de Spearman podem ser utilizados para verificar as associações entre a K_{sat} e propriedades comuns do solo (CHERUBIN et al., 2011).

Diferentes regiões podem apresentar variações na correlação entre a K_{sat} e outras propriedades do solo, e estudos sobre essas relações ainda são escassos em muitas áreas do Brasil. O estudo possui como objetivo principal compreender a correlação entre a K_{sat} e outras propriedades do solo em uma pequena bacia hidrográfica, localizada na região sul do Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica da Sanga Ellert (BHSE) localizada no município de Canguçu, sul do estado do Rio Grande do Sul (RS) (Figura 1). A BHSE possui uma área de aproximadamente 0,7 km², uma altitude que varia de 310 a 419 m, um clima do tipo subtropical úmido (Cfa) e, além disso, apresenta grande importância econômica e social para o município de Canguçu, área fortemente dominada por sistemas de agricultura familiar (SOARES et al. 2020).

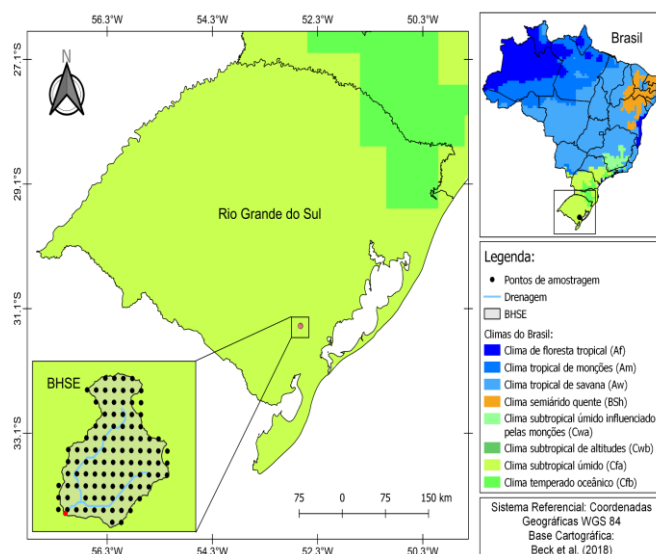


Figura 1: Localização da BHSE e da grade amostral dos pontos coletados.
Fonte: Autoria própria.

Primeiramente foi estabelecida uma grade amostral com pontos espaçados de 75m no sentido leste-oeste e 100m no sentido norte-sul, totalizando 104 pontos amostrais (Figura 1). Foram coletadas amostras deformadas para analisar o conteúdo de areia (SA), silte (SI) e argila (CL) por meio do método de sedimentação com amostragem através de pipeta (GEE; BAUDER, 1986). O teor de carbono orgânico (OC) foi analisado pelo método de combustão úmida (WALKEY; BLACK, 1934). Já os testemunhos de solo indeformados, coletados usando anéis volumétricos (0,05 m de diâmetro e 0,03 m de profundidade), foram utilizados para determinar a: densidade do solo (DB) (BLAKE; HARTGE, 1986), porosidade total do solo (TP), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) (KLUTE, 1986), e a condutividade hidráulica do solo saturado (Ks) usando o método de carga constante (KLUTE; DIRKSEN, 1986).

De posse dos dados realizou-se um teste de normalidade (Shapiro-Wilk - SW), com um nível de significância de 5% onde foi constatado a não-normalidade dos mesmos. Posteriormente, aplicou-se a correlação de Spearman entre a Ks e as demais variáveis em virtude de ser uma análise que não exige normalidade entre os dados. Considera-se uma forte correlação aquela que, obtenha um coeficiente superior a 0,5 em módulo (HELENA et al., 2000). Destaca-se que, toda a análise estatística dos dados foi conduzida utilizando a linguagem de programação Python.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da correlação de Spearman e sua significância entre a Ksat e as demais propriedades do solo. Em tal análise podemos observar uma correlação forte e significativa entre a Ksat com as seguintes propriedades do solo: densidade do solo, porosidade total e macroporosidade.

A correlação encontrada entre a Ksat e a densidade do solo foi forte e negativa, ou seja, sempre que o valor da Ksat diminui ocorre um aumento densidade do solo, e vice-versa. Já a correlação entre a porosidade total e macroporosidade do solo foi positiva, sempre o valor da Ksat aumenta elas também aumentam.

Tabela 1: Análise de correlação de Spearman entre a Ksat e as demais propriedades do solo.

Propriedades do solo	Correlação	Significancia
Areia (%)	0,18	0,07
Silte (%)	-0,03	0,74
Argila (%)	-0,12	0,22
Densidade do solo (g.cm^{-3})	-0,58	0,00
Porosidade total ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	0,58	0,00
Macroporosidade (%)	0,81	0,00
Microporosidade (%)	-0,43	0,00
Carbono Orgânico (%)	0,24	0,02

Fonte: Autoria própria.

USOWICZ e LIPIEC (2021) realizaram um estudo de correlação entre Ksat e outras propriedades do solo, obtiveram correlação significativa positiva para porosidade e negativa em relação à densidade do solo. Os autores YANG et al. (2022) relatam que a densidade do solo possui uma atenuada correlação com a Ksat. Resultados congruentes com o obtido no presente estudo. Podemos dizer que essas correlações estão amplamente difundidas em diversos estudos e isso pode ser atribuído ao processo de compactação do solo, onde os macroporos são transformados em microporos em áreas com exposição à maquinários e pisoteio de animais (SALEMI et al., 2013).

Macroporos são os maiores canais porosos do solo, responsáveis por drenar a água rapidamente após eventos de saturação. Solos com maior macroporosidade têm maior capacidade de permitir a infiltração e o escoamento da água, resultando em uma Ksat mais elevada. Assim, à medida que o solo é compactado se tem um aumento da densidade do solo e uma diminuição da porosidade total e macroporosidade (DONGLI et al., 2017). O estudo é realizado em uma área distinta das utilizadas pelos estudos supracitados, porém os resultados concordam e reafirmam informações apresentadas nesses. Demonstram que as correlações se dão com os mesmos parâmetros e na mesma direção.

4. CONCLUSÕES

As correlações fortes entre a Ksat e as variáveis do solo encontradas neste estudo destacam a importância das propriedades estruturais do solo na regulação dos processos hidrológicos que ocorrem no mesmo. Contudo, pode-se concluir, que o conhecimento da correlação entre propriedades do solo pode gerar informações primordiais para a compreensão do comportamento hidrológico do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELBAKI, A.M. Selecting the most suitable pedotransfer functions for estimating saturated hydraulic conductivity according to the available soil inputs. **Ain Shams Engineering Journal**, v.12, n.3, p.2603-2615, 2021.
- BLAKE, G.R., HARTGE, K.H. Particle density. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison. **Soil Science Society of America**, 377-382. 1986.
- CENTENO, L.N.; HU, W.; TIMM, L.C.; SHE, D.; FERREIRA, A.S.; BARROS, W.S.; BESKOW, S.; CALDEIRA, T.L. Dominant Control of Macroporosity on Saturated Soil Hydraulic Conductivity at Multiple Scales and Locations Revealed by Wavelet

Analyses. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, n.4, p.1686-1702, 2020.

CHERUBIN, M.R.; SANTI, A.L.; BASSO, C.J.; EITELWEIN, M.; VIAN, A.L. Caracterização e estratégias de manejo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo utilizando a análise dos componentes principais . **Enciclopedia biosfera**, v.7, n.13, p.196-210, 2011.

DONGLI, S., QIAN, C., TIMM, L.C., BESKOW, S., WEI, H., CALDEIRA, T.L., OLIVEIRA, M.O. Multi-scale correlations between soil hydraulic properties and associated factors along a Brazilian watershed transect. **Geoderma**, v.286, p.15-24, 2017.

GEE, G.W., BAUDER, J.W. Particle-size analysis. in: Klute, A. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 1, 2nd ed **Agronomy Monograph**. ASA-SSSA, Madison, WI, v.9, p.383–411, 1986.

HELENA, B., PARDO, R., VEGA, M., BARRADO, E., FERNÁNDEZ, J.M., FERNÁNDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, v.34, n.3, p.807-816, 2000.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A.; LEVINSKI, F.; BORTOLANZA, D. R. Predição da condutividade hidráulica do solo saturado a partir de propriedades físicas do solo. **Revista Eletrônica de Extensão da URI**, 2015.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: Klute A (ed) Methods of soil analysis. Part 1, 2nd edn. **Agronomy Monograph**, ASA-SSSA, Madison, p.635-662, 1986.

KLUTE, A., DIRKSEN, C., Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: Klute A (ed) Methods of Soil Analysis. Part 1, 2nd edn. **Agronomy Monograph**, ASA-SSSA, Madison, p.687–734, 1986.

KOPPE, E.; SCHNEIDER, F.J.A.; LONDERO, A.L.; QUEIROZ, R.; BULIGON, L.; MINELLA, J.P.G. Soil water infiltration evaluation from punctual to hillslope scales. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.194, n.300, p.1-22, 2022.

SALEMI, L.F.; Groppo, J.D.; Trevisan, R.; Moraes, J.M.; Ferraz, S.F.B.; Villani, J.P.; Duarte-Neto, P.J.; Martinelli, L.A. Land-use change in the Atlantic rainforest region: Consequences for the hydrology of small catchments. **Journal Of Hydrology**, v.499, p.100-109, 2013.

SOARES, M.F.; CENTENO, L.N.; TIMM, L.C.; MELLO, C.R.; KAISER, D.R.; BESKOW, S. Identifying covariates to assess the spatial variability of saturated soil hydraulic conductivity using robust cokriging at the watershed scale. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, n.3, p.1491-1502, 2020.

USOWICZ, B.; LIPIEC, J. Spatial variability of saturated hydraulic conductivity and its links with other soil properties at the regional scale. **Scientific Reports**, v.11, n.1, p.8293, 2021.

WALKLEY, A., BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.

ZHU, P.; ZHANG, G.; ZHANG, B. Soil saturated hydraulic conductivity of typical revegetated plants on steep gully slopes of Chinese Loess Plateau. **Geoderma**, v.412, p.115717, 2022.

YANG, Y.; Wu, X.; He, T.; Wang, Y.; Wendroth, O.; Chen, X.; Liu, B.; Zhang, G. Factors controlling saturated hydraulic conductivity along a typical black soil slope. **Soil and Tillage Research**, v.220, 2022.