



**Estimativa da condutividade hidráulica em argissolos por meio de modelos globais: uma análise inicial**

**Estimation of hydraulic conductivity in ultisols through global models: an initial analysis**

**Estimación de la conductividad hidráulica en argisoles utilizando modelos globales: un análisis inicial**

Veridiana Rockenbach Garcia Noguez Camargo<sup>1</sup>, Luana Centeno Ceconello<sup>2</sup>, Samanta Tolentino Ceconello<sup>3</sup>

1. IFSul Campus Pelotas, E-mail: [veridianarockenbach@gmail.com](mailto:veridianarockenbach@gmail.com); 2. Embrapa Clima Temperado Pelotas, E-mail: [luananunescenteno@gmail.com](mailto:luananunescenteno@gmail.com), 3. IFSul Campus Pelotas, E-mail: [satololentino@gmail.com](mailto:satololentino@gmail.com)

**RESUMO** - A crescente demanda por água potável tem motivado estudos sobre aquíferos e sua recarga, que pode ser compreendida através da condutividade hidráulica de solo saturado (Ksat). Os Argissolos apresentam grande variabilidade nesse atributo físico-hídrico, tornando essencial estimar sua condutividade hidráulica para compreender a relação da água no solo e sua disponibilidade para aquíferos. Nesse contexto, este estudo objetivou estimar a condutividade hidráulica de solos saturados em Argissolos utilizando modelos globais aplicados em dados de 28 perfis de solo coletados em várias regiões do Brasil. Foram selecionados sete atributos do horizonte B: condutividade hidráulica do solo saturado, teor de argila, teor de silte, densidade do solo, porosidade total, carbono orgânico e elevação. Os dados foram submetidos a análises descritivas e transformados devido à ausência de normalidade antes da aplicação dos modelos globais. A densidade do solo foi identificada como o atributo que melhor explica a Ksat isoladamente. Contudo, a melhor explicação global foi obtida combinando densidade do solo, silte e elevação na predição da condutividade hidráulica. Os resultados fornecem informações valiosas para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos em Argissolos, representando uma análise inicial importante para futuras pesquisas na área.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos subterrâneos. Condutividade hidráulica. Regressão linear.

**ABSTRACT** - The growing demand for drinking water has motivated studies on aquifers and their recharge, which can be understood through saturated soil hydraulic conductivity (Ksat). Ultisols exhibit great variability in this physical-hydraulic attribute, making estimating their hydraulic conductivity essential to understanding the relationship between soil water and its availability to aquifers. In this context, this study aimed to estimate the hydraulic conductivity of saturated soils in Ultisols using global models applied to data from 28 soil profiles collected in various regions of Brazil. Seven B horizon attributes were selected: saturated soil hydraulic conductivity, clay content, silt content, bulk density, total porosity, organic carbon, and



elevation. The data were subjected to descriptive analyses and transformed due to the lack of normality before applying the global models. Bulk density was identified as the attribute that best explains Ksat alone. However, the best overall explanation was obtained by combining bulk density, silt, and elevation to predict hydraulic conductivity. The results provide valuable information for the sustainable management of groundwater resources in Ultisols, representing an important initial analysis for future research in the field.

**Keywords:** Groundwater resources. Hydraulic conductivity. Linear regression.

**RESUMEN** - La creciente demanda de agua potable ha motivado estudios sobre acuíferos y su recarga, que pueden ser comprendidos a través de la conductividad hidráulica del suelo saturado (Ksat). Los Ultisoles exhiben una gran variabilidad en este atributo físico-hidráulico, haciendo que la estimación de su conductividad hidráulica sea esencial para entender la relación entre el agua del suelo y su disponibilidad para los acuíferos. En este contexto, este estudio tuvo como objetivo estimar la conductividad hidráulica de suelos saturados en Ultisoles utilizando modelos globales aplicados a datos de 28 perfiles de suelo colectados en varias regiones de Brasil. Siete atributos del horizonte B fueron seleccionados: conductividad hidráulica del suelo saturado, contenido de arcilla, contenido de limo, densidad aparente, porosidad total, carbono orgánico y elevación. Los datos fueron sometidos a análisis descriptivos y transformados debido a la falta de normalidad antes de aplicar los modelos globales. La densidad aparente fue identificada como el atributo que mejor explica Ksat por sí sola. Sin embargo, la mejor explicación general se obtuvo al combinar la densidad aparente, el limo y la elevación para predecir la conductividad hidráulica. Los resultados proporcionan información valiosa para la gestión sostenible de los recursos de agua subterránea en Ultisols, lo que representa un análisis inicial importante para futuras investigaciones en el campo.

**Palabras clave:** Recursos hídricos subterráneos. Conductividad hidráulica. Regresión lineal.

## INTRODUÇÃO

A gestão adequada dos recursos hídricos subterrâneos, especialmente a recarga de aquíferos, é função da estimativa adequada da condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) (NUNES, 2019). Uma vez que, está diretamente relacionada à velocidade de infiltração da água no solo (SANTOS, 2020). Pois a Ksat é um parâmetro crítico que determina a resistência ou facilidade com que a água pode se mover através do perfil de solo saturado (CENTENO et al., 2021). O que influencia a quantidade de água armazenada e disponibilizada para os aquíferos (SOARES, 2021). Esta disponibilidade em muitas regiões é essencial para garantir uma fonte vital de água subterrânea para uso humano, agrícola e industrial (SERAPHIM; BEZERRA, 2019).



Nesse sentido, os Argissolos assumem uma importância significativa, já que constituem uma classe de solo amplamente presente em áreas agrícolas, tanto no Brasil quanto em várias regiões do mundo (PEREIRA, 2019). Esses solos, caracterizados por serem predominantemente ácidos, moderadamente intemperizados, que apresentam um horizonte B textural e de baixa fertilidade natural, apresentam uma considerável variabilidade em diversos atributos do solo, dentre eles a Ksat (NUNES, 2019). Esta variabilidade, por sua vez, depende de fatores como: a textura do solo, o teor de matéria orgânica e a estrutura do solo (AMARAL et al., 2020).

Além disso, a Ksat pode ser influenciada por práticas agrícolas, como o manejo de irrigação, o uso de fertilizantes e a aplicação de agroquímicos (SOARES, 2021). Portanto, para compreender a dinâmica da água no solo e sua disponibilidade para os aquíferos em Argissolos, é crucial obter uma estimativa adequada da Ksat (ROCHA et al., 2019).

A estimativa da Ksat pode ser realizada através de diferentes técnicas, incluindo a medida indireta e direta de campo (LEITE et al., 2020). A medida direta de campo é a técnica comumente utilizada para estimar a Ksat, mas apresenta algumas limitações, como custo elevado, demora e necessidade de equipamentos especializados e expertise técnica (VELOSO, 2021). Para superar essas limitações, uma alternativa econômica é o uso de modelos estatísticos baseados em regressão linear simples e múltipla para estimar a Ksat em Argissolos (VIDALETTI, 2022).

Essa técnica estatística permite estimar a relação linear entre a Ksat e outras variáveis independentes, como textura do solo, teor de matéria orgânica, porosidade do solo e outras características do solo e do ambiente (CHANG, 2022). Porém, a escolha adequada das variáveis independentes é um dos fatores-chaves na estimativa e deve estar fundamentada em conhecimentos prévios sobre os fatores que afetam a Ksat em Argissolos (BERNARDO, 2022).

Uma vez estabelecidos os modelos de regressão linear simples e múltipla, que apresentam um desempenho satisfatório, é possível utilizar esses modelos para estimar a Ksat em locais onde não há medições diretas disponíveis (RAMOS; SILVEIRA; MAIA, 2022).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é estimar a condutividade hidráulica do solo saturado em Argissolos por meio de modelos globais, utilizando a abordagem de regressão linear simples e múltipla.

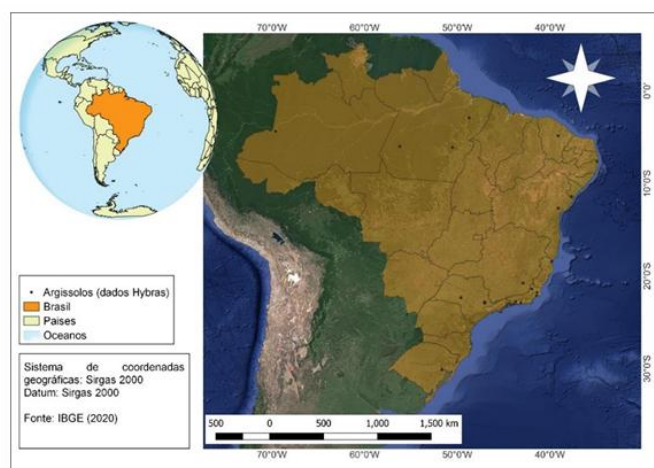


## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área e obtenção dos dados

Foi utilizado dados de 28 perfis de solo Argissolos, encontrados no território brasileiro, contidos no banco de dados HYBRAS (Hydrophysical database for Brazilian soils). A Figura 1, apresenta a localização espacial dos perfis selecionados para este estudo.

**Figura 1.** Localização dos perfis de solo utilizados neste estudo



Fonte: Autores (2025)

O HYBRAS, foi desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil, e é um importante banco de dados que reúne informações hidrofísicas de solos brasileiros, fornecendo dados sobre a curva de retenção de água, condutividade hidráulica do solo saturado, e outras propriedades fundamentais do solo (OTTONI et al., 2018). Deste banco de dados foram escolhidos sete atributos que não apresentaram falhas amostrais nas informações para o horizonte B das classes de Argissolos, sendo estes: condutividade hidráulica do solo saturado, argila, silte, densidade do solo, porosidade total, carbono orgânico e elevação.



## Estatística Descritiva

Inicialmente, aplicou-se a estatística clássica para a obtenção de medidas de posição, de dispersão e da forma, além da aplicação do teste de aderência, para verificar a normalidade de cada conjunto de dados. Todos os procedimentos foram realizados em planilhas eletrônicas.

## Modelos globais

Para a geração dos cenários foram empregados modelos globais simples e múltiplos, abrangendo todas combinações e dimensões aceitáveis baseadas em atributos existentes, de forma a chegar nos melhores cenários. Utilizou-se a Ksat como atributo dependente, por ser essencial para evidenciar a dificuldade ou facilidade com que a água se move no perfil do solo. Já os atributos independentes, foram selecionados os que apresentaram o menor número de falhas amostrais, para auxiliar na predição dos modelos globais gerados. Para analisar o ajuste dos modelos gerados foi empregado o coeficiente de determinação  $R^2$ , sendo que quanto maior o valor de  $R^2$ , melhor será o ajuste do modelo. Ressalta-se por fim, que todos os procedimentos estatísticos foram efetuados na planilha eletrônica do EXCEL®.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise Descritiva

A análise estatística descritiva dos dados pertencentes à classe dos Argissolos, está apresentada na Tabela 1. Os dados apresentam medidas de tendência central, como média, mediana e moda, além de outras medidas como desvio padrão e coeficiente de variação.

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva dos dados pertencentes à classe de solos

Métricas	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Ksat (cm.d <sup>-1</sup> )	Ds (g.cm <sup>-3</sup> )	PT (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	CO (%)	Elev (m)
Média	30,026	14,612	55,362	260,456	1,505	0,417	1,088	209,698
Mediana	27,900	11,600	54,500	111,000	1,530	0,411	0,940	99,000
Moda	27,000	6,000	66,000	903,000	1,550	0,431	0,930	590,000
Desvio Padrão	16,516	9,494	19,935	346,357	0,178	0,064	0,723	212,386
Coefficiente de Variação (%)	55,005	64,977	36,009	132,981	11,803	15,423	66,492	101,282



Curtose	0,902	0,641	-0,263	7,859	0,532	1,331	2,828	-0,484
Assimetria	0,796	0,961	-0,076	2,417	-0,583	0,873	1,378	1,106
Mínimo	2,000	2,000	5,000	2,400	0,930	0,303	0,100	46,000
Máximo	88,000	47,000	93,000	2.080	1,880	0,642	3,780	590,000
Teste de Normalidade de Shapiro-Wilks	0,957	0,917	0,979	0,718	0,976	0,952	0,896	0,698
	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05

Argila; Silte; Ksat=Condutividade Hidráulica Saturada; Ds=Densidade do Solo; PT=Porosidade Total; CO=Carbono Orgânico; Elev=Elevação.

**Fonte:** Autores (2025)

É possível perceber que a medida de tendência central nos parâmetros de densidade do solo e porosidade total, indica uma distribuição simétrica. Sendo que a densidade do solo é a que possui maior homogeneidade, enquanto o silte, Ksat, carbono orgânico e elevação apresentaram alta variabilidade, os demais parâmetros se mantiveram em níveis médios.

Em relação à capacidade de retenção e transporte de água, a Ksat, os resultados mostram uma média de 132,981 cm.d-1, o que indica que esses Argissolos possuem uma taxa razoavelmente alta de fluxo de água. Com relação ao coeficiente de variação deste atributo, encontrou-se valores superiores aos demais, sendo este um fenômeno natural deste atributo físico-hídrico do solo (SANTOS, 2020). O que pode estar relacionado dentre outras coisas a presença de diferentes proporções elevadas de areia nos solos que influenciam a capacidade de retenção e transporte de água (BASTOS, 2023). Além disso, os Argissolos tendem a ter poros maiores e mais conectados entre si, o que facilita ainda mais o movimento da água no solo (RAUBER, 2019).

A densidade do solo, por exemplo, pode apresentar diferentes graus de compactação (SANTOS et al., 2018). Pois valores mais altos de densidade do solo estão associados a uma maior compactação, o que pode limitar, dentre outros, a infiltração de água, a penetração de raízes e a movimentação de ar no solo (SILVA et al., 2020). Com relação ao teste de normalidade de Shapiro-Wilks, a hipótese nula  $h_0$  do teste é que a população possui distribuição normal. Portanto, como todos os atributos do solo apresentaram um valor  $p < 0,05$  rejeitou-se a hipótese nula. Ou seja, os dados não possuem distribuição normal. Desta forma, antes da aplicação dos modelos globais os dados foram submetidos a uma transformação para torná-los normais. Posteriormente, testou-se através do Shapiro-Wilks, os atributos do solo para garantir sua normalidade e viabilizar a aplicação dos modelos globais.



## Estimativa da condutividade hidráulica do solo saturado

A estimativa da condutividade hidráulica do solo saturado contendo todos os cenários testados estão apresentados na Tabela 2. Sendo que os melhores cenários estão destacados em negrito. Por meio do coeficiente  $R^2$ , podemos observar que os atributos do solo selecionados foram importantes na explicação da  $K_{sat}$ . Entre as variáveis unitárias consideradas no modelo de regressão simples, a densidade do solo apresentou o melhor desempenho, explicando 76,7% da variabilidade da  $K_{sat}$ . Isso descreve um comportamento conhecido, de que quanto maior a densidade do solo, menor é a taxa de saturação hidráulica (CHEN et al., 2021). Isso ocorre porque uma alta densidade do solo resulta em uma maior compactação, o que diminui a capacidade de infiltração de água e, conseqüentemente, reduz a taxa de saturação hidráulica (WEBER et al., 2017). Como segunda melhor variável para estimar a  $K_{sat}$ , tem-se carbono orgânico do solo que obteve um desempenho de 74,8%. Nesse caso, uma alta concentração de carbono orgânico no solo está associada a uma maior taxa de saturação hidráulica (FERRAZ, 2021). O carbono orgânico melhora a estrutura do solo, aumentando a porosidade e a capacidade de retenção de água, o que facilita a infiltração e, portanto, resulta em uma maior taxa de saturação hidráulica (MENDES, 2022). Já o pior resultado foi observado quando utilizando a porosidade total do solo, com uma explicação de apenas 38,4% da  $K_{sat}$ . Mesmo uma alta porosidade total normalmente indicando uma boa capacidade de infiltração de água, outros fatores, como a distribuição e o tamanho dos poros, podem influenciar a taxa de saturação hidráulica (Li et al., 2020). Portanto, a porosidade total do solo sozinha pode não ser um preditor tão forte da  $K_{sat}$  como a densidade do solo ou o carbono orgânico.

**Tabela 2.** Modelos globais para a estimativa da  $K_{sat}$  através de atributos do solo

Cenário 1: 1 variável	$R^2$
$K_{sat} = 0,501 + 0,899*Argila$	0,579
$K_{sat} = 0,406 + 0,657*Silte$	0,688
<b><math>K_{sat} = 0,532 + 0,622*Ds</math></b>	<b>0,767</b>
$K_{sat} = 0,405 + 0,687*PT$	0,384
$K_{sat} = 0,357 + 0,928*CO$	0,748
$K_{sat} = 0,354 + 1,895*Elev$	0,631
Cenário 2: 2 variáveis	
$K_{sat} = 0,467 + 0,339*Argila + 0,478*Silte$	0,720
$K_{sat} = 0,742 + 0,255*Argila + 0,504*Ds$	0,786
$K_{sat} = 0,474 + 0,711*Argila + 0,326*PT$	0,640



$K_{sat} = 0,422 + 0,349*Argila + 0,702*CO$	0,791
$K_{sat} = 0,392 + 0,548*Argila + 1,284*Elev$	0,781
$K_{sat} = 0,505 + 0,280*Silte + 0,420*Ds$	0,811
$K_{sat} = 0,379 + 0,552*Silte + 0,272*PT$	0,731
$K_{sat} = 0,304 + 0,331*Silte + 0,595*CO$	0,826
<b><math>K_{sat} = 0,249 + 0,447*Silte + 1,165*Elev</math></b>	<b>0,857</b>
$K_{sat} = 0,482 + 0,541*Ds + 0,238*PT$	0,800
$K_{sat} = 0,453 + 0,360*Ds + 0,462*CO$	0,816
$K_{sat} = 0,435 + 0,445*Ds + 0,843*Elev$	0,830
$K_{sat} = 0,354 + 0,120*PT + 0,853*CO$	0,755
$K_{sat} = 0,340 + 0,290*PT + 1,551*Elev$	0,679
$K_{sat} = 0,313 + 0,655*CO + 0,826*Elev$	0,803
<b>Cenário 3: 3 variáveis</b>	
$K_{sat} = 0,718 + 0,106*Argila + 0,247*Silte + 0,395*Ds$	0,814
$K_{sat} = 0,443 + 0,263*Argila + 0,430*Silte + 0,230*PT$	0,749
$K_{sat} = 0,368 + 0,133*Argila + 0,280*Silte + 0,560*CO$	0,831
$K_{sat} = 0,288 + 0,159*Argila + 0,374*Silte + 1,108*Elev$	0,864
$K_{sat} = 0,455 + 0,239*Silte + 0,385*Ds + 0,187*PT$	0,831
$K_{sat} = 0,396 + 0,236*Silte + 0,225*Ds + 0,398*CO$	0,847
<b><math>K_{sat} = 0,286 + 0,301*Silte + 0,219*Ds + 0,887*Elev</math></b>	<b>0,881</b>
$K_{sat} = 0,434 + 0,366*Ds + 0,139*PT + 0,367*CO$	0,825
$K_{sat} = 0,408 + 0,417*Ds + 0,155*PT + 0,727*Elev$	0,843
$K_{sat} = 0,313 + 0,071*PT + 0,619*CO + 0,800*Elev$	0,805
<b>Cenário 4: 4 variáveis</b>	
$K_{sat} = 0,669 + 0,059*Argila + 0,222*Silte + 0,373*Ds + 0,181*PT$	0,831
$K_{sat} = 0,611 + 0,069*Argila + 0,215*Silte + 0,212*Ds + 0,391*CO$	0,848
$K_{sat} = 0,425 + 0,076*Argila + 0,276*Silte + 0,203*Ds + 0,880*Elev$	0,882
$K_{sat} = 0,384 + 0,221*Silte + 0,238*Ds + 0,101*PT + 0,333*CO$	0,851
<b><math>K_{sat} = 0,271 + 0,280*Silte + 0,218*Ds + 0,085*PT + 0,820*Elev</math></b>	<b>0,885</b>
$K_{sat} = 0,383 + 0,313*Ds + 0,098*PT + 0,256*CO + 0,621*Elev$	0,854
<b>Cenário 5: 5 variáveis</b>	
$K_{sat} = 0,617 + 0,050*Argila + 0,206*Silte + 0,228*Ds + 0,096*PT + 0,331*CO$	0,852
$K_{sat} = 0,422 + 0,057*Argila + 0,263*Silte + 0,206*Ds + 0,079*PT + 0,820*Elev$	0,885
$K_{sat} = 0,543 + 0,189*Argila + 0,241*Ds + 0,067*PT + 0,237*CO + 0,647*Elev$	0,864
<b><math>K_{sat} = 0,227 + 0,265*Silte + 0,150*Ds + 0,045*PT + 0,195*CO + 0,734*Elev</math></b>	<b>0,891</b>
<b>Cenário 6: Todas variáveis</b>	
<b><math>K_{sat} = 0,370 + 0,053*Argila + 0,251*Silte + 0,140*Ds + 0,040*PT + 0,194*CO + 0,736*Elev</math></b>	<b>0,892</b>

Argila; Silte;  $K_{sat}$ =Condutividade Hidráulica Saturada; Ds=Densidade do Solo; PT=Porosidade Total; CO=Carbono Orgânico; Elev=Elevação.

**Fonte:** Autores (2025)

Já quando se analisa a estimativa da  $K_{sat}$  por meio de 2 atributos do solo, observa-se que o melhor cenário explicou 85,7% da variação da  $K_{sat}$  e contém silte e elevação. Um estudo realizado por Couto (2020), mostrou que a textura do solo, incluindo a fração de silte, tem uma forte influência na  $K_{sat}$ . Já em relação à elevação, um estudo publicado por Viennet et al. (2015), demonstrou que a elevação pode afetar a condutividade hidráulica do solo,



especialmente em regiões com topografia complexa. Além disso, a elevação também pode influenciar a disponibilidade de água no solo e, conseqüentemente, afetar a Ksat. A adição da densidade do solo ao modelo que já incluía o silte e a elevação como variáveis explicativas aumentou para 88,1%. Por conseguinte, ao se analisar os demais cenários gerados contendo mais atributos, observa-se que não se obteve ganho significativo na estimativa da Ksat. Desta forma o melhor cenário foi escolhido como aquele que contém apenas os atributos: silte, elevação e densidade.

Ao analisar a contribuição relativa de cada parâmetro supracitado encontrou-se que a elevação é a variável mais importante na estimativa da Ksat, com 63%, seguida pelo silte (21%) e por fim pela densidade do solo (16%). Destaca-se que a escolha do melhor cenário foi baseada não apenas em sua relevância teórica na estimativa da Ksat, mas também na praticidade de mensuração. Essas variáveis são relativamente fáceis de serem obtidas em campo ou por meio de técnicas de sensoriamento remoto, tornando-as adequadas para a realização de estudos em diferentes locais e escalas (FLORES, 2019). Assim, ao selecionar variáveis de fácil mensuração, evita-se a necessidade de recursos adicionais ou métodos complexos, o que contribui para a viabilidade e eficiência do estudo (GOMES, 2021). Além disso, a inclusão de variáveis irrelevantes ou redundantes pode levar a problemas de multicolinearidade e diminuir a precisão das estimativas (BIDO; BARROSO; COHEN, 2022).

De acordo com um estudo realizado por Li et al. (2020), a seleção de variáveis relevantes é crucial para a modelagem da Ksat, especialmente em solos com alta heterogeneidade. O estudo, conduzido por Ferdous et al. (2019), avaliou a eficácia de diferentes combinações de variáveis para a previsão da Ksat em solos de regiões semiáridas. Os autores concluíram que a utilização de apenas duas variáveis (umidade do solo e espessura do horizonte superficial) foi suficiente para explicar a variação observada na Ksat, com uma precisão comparável a modelos mais complexos.

Em um estudo conduzido por Pereira et al. (2015), foram avaliados três perfis de solo em Argissolos, onde a densidade do solo e a elevação foram identificadas como os principais fatores que influenciaram a Ksat. Santos (2020), em seu estudo encontrou uma forte relação da Ksat, com a fração de silte. Em um estudo anterior, Nunes (2019), investigou a relação entre a



Ksat e atributos do solo, identificando que a densidade do solo e a elevação foram importantes para a estimativa da Ksat, enfatizando que a densidade do solo pode afetar a estrutura do solo e, conseqüentemente, a infiltração da água. Com base nestes estudos fica evidente que os parâmetros aqui encontrados como preditores da Ksat, são fortemente utilizados na literatura. Destaca-se por fim, que o modelo global obtido para a estimativa da Ksat pode viabilizar a avaliação inicial da capacidade de recarga de um aquífero em Argissolos (COSTEIRA, 2021). E isso é fundamental para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos (LEITE, 2019). Pois com base na estimativa da Ksat, os especialistas podem identificar as áreas onde a recarga é mais eficiente e direcionar as práticas de manejo da água, como a construção de estruturas de armazenamento de água, a proteção de áreas de recarga e a implementação de técnicas de conservação do solo (AZEVEDO, 2019).

## CONCLUSÕES

A análise de diferentes atributos do solo na estimativa da condutividade hidráulica do solo saturado, em Argissolos, mostrou que quando analisando apenas um atributo a densidade do solo apresentou o melhor ajuste. Já na análise multivariada a combinação para a estimativa Ksat, a densidade do solo, o silte e a elevação são fatores importantes na predição da Ksat. E ficou evidente que a combinação desses três atributos é suficiente para explicar a variação observada na Ksat, neste estudo inicial, enquanto a adição de mais variáveis não traz ganhos significativos na precisão da estimativa. A Ksat é particularmente relevante em regiões onde a recarga de aquíferos é importante, pois um solo com alta Ksat pode permitir que a água da chuva penetre facilmente, restabelecendo o aquífero mais rapidamente. No caso específico de Argissolos, que são solos predominantes em regiões tropicais e subtropicais, a análise dos diferentes atributos do solo na estimativa da Ksat foi crucial para entender a relação entre o movimento da água e a recarga de aquíferos, podendo assim, contribuir para a gestão sustentável dos recursos hídricos e o uso racional dos aquíferos em regiões de Argissolos.

Por fim, destaca-se que este é apenas um estudo inicial para a estimativa da Ksat, e que para se ter uma melhor compreensão deste atributo físico-hídrico do solo análises de séries



temporais e espaciais robustas precisam ser aplicadas em um banco de dados mais completo que abranja todo o território brasileiro.

## CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que o trabalho não possui conflito de interesses.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Eufraim Ferreira do et al. Relações solo-paisagem na fazenda experimental Catuaba. **Fazenda Experimental Catuaba: O seringal que virou laboratório-vivo em uma paisagem fragmentada no Acre**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 120-142, dez. 2020. Stricto Sensu Editora. <http://dx.doi.org/10.35170/ss.ed.9786586283402.05>.

AZEVEDO, Flávio Souza. **Biorretenção: tecnologia alternativa para manejo de águas pluviais urbanas aplicada a João Pessoa, PB**. 2019. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

BASTOS, Ícaro José Fernandes Santos. **Análise da compatibilidade de mistura de solo argiloso com cinzas volantes de carvão mineral sujeita a percolação por diferentes fluidos**. 2023. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2023.

BERNARDO, Ilgner Pereira. **Variação da condutividade hidráulica saturada sob cobertura de floresta secundária inicial e herbácea-arbustiva: subsídios à compreensão dos mecanismos deflagradores dos movimentos gravitacionais de massa, Nova Friburgo/RJ**. 2022. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

BIDO, Diogenes de Souza; BARROSO, Antonio Carlos de Oliveira; COHEN, Eric David. Complementary Methods to Mitigate the Misinterpretation of Results Due to Collinearity in International Business Research. **Internext**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 105-127, 1 jan. 2022. Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM). <http://dx.doi.org/10.18568/internext.v17i1.681>.

CENTENO, Luana Nunes et al. Modelo de decomposição empírico bidimensional, na extração de variações específicas intrínsecas, em escala e localização, entre a condutividade hidráulica do solo saturado e atributos do solo. In: Encontro de pós graduação, 2021, Pelotas. **Congresso**. Pelotas: UFPel, 2021. p. 1-4. Disponível em: [https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2021/CA\\_03173.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2021/CA_03173.pdf). Acesso em: 13 set. 2022.



CHANG, Pablo. **Modelagem matemática do escoamento superficial sob o efeito da cobertura vegetal em um Latossolo argiloso**. 2022. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.

CHEN, Xiaohong et al. Efficacy and safety of diazoxide for treating hyperinsulinemic hypoglycemia: a systematic review and meta-analysis. **Plos One**, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 1-11, 11 fev. 2021. Public Library of Science (PLoS).  
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0246463>.

COSTEIRA, Artur Ricardo Afonso. **Estudo Hidrológico da Bacia de Alenquer com recurso ao modelo SWAT**. 2021. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2021.

COUTO, Bruno de Oliveira Costa. **Estudo da erodibilidade em horizontes de taludes de corte rodoviário por meio de procedimentos de laboratório e de campo**. 2020. 254 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Ufop, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.

FERDOUS, Md Ruknul et al. The Costs of Living with Floo Ds in the Jamuna Floodplain in Bangladesh. **Water**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 1-18, 13 jun. 2019. MDPI AG.  
<http://dx.doi.org/10.3390/w11061238>.

FERRAZ, Karin da Costa Ribeiro. **Uso agrícola de soro de leite: efeitos no solo, na emissão de CO<sub>2</sub>, na biomassa microbiana do solo e na produção vegetal**. 2021. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

FLORES, Yesica Ramirez. **Estimativa de armazenamento de água em reservatórios através de sensoriamento remoto**. 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

GOMES, Aline Lima. **Atributos do solo sob manejos agrícolas camponeses**. 2021. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2021.

LEITE, Francisco de Paula Nogueira. **Condutividade hidráulica de solo saturado por diferentes metodologias de determinação**. 2019. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2019.

LEITE, Paula Cristina Pinto et al. A importância da inventariação dos recursos hídricos subterrâneos: o caso da freguesia de Meinedo, Lousada. **Revista de Ambiente e Sociedade**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 48-67, nov. 2020.



LI, Shanshan et al. Quantitative assessment of the relative impacts of climate change and human activity on flood susceptibility based on a cloud model. **Journal of Hydrology**, [S.L.], v. 588, n. 1, p. 1-14, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125051>.

MENDES, Cindy Fernandes. **Atributos físicos, químicos e biológicos de um solo sob processo de reciclagem de resíduos orgânicos domésticos**. 2022. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2022.

NUNES, Rômulo Félix. **Funções de pedotransferência na caracterização da distribuição espacial da condutividade hidráulica do solo saturado**. 2019. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

OTTONI, Marta Vasconcelos et al. Hydrophysical Database for Brazilian Soils (HYBRAS) and Pedotransfer Functions for Water Retention. **Vadose Zone Journal**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-17, jan. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2136/vzj2017.05.0095>.

PEREIRA, L. S. et al. Soil attributes and their spatial variability influencing saturated hydraulic conductivity in central Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1305-1316, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20140505.

PEREIRA, Michele Fernandes. **Estudo da disponibilidade de fósforo através dos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen com uso de fertilizantes em argissolo e latossolo da Amazônia Central**. 2019. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Química, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

RAMOS, Pâmila Nayana Ferreira; SILVEIRA, Omar Roberto da; MAIA, João Carlos de Souza. Determinação da análise de regressão linear simples para explicar a influência dos atributos físicos do solo na produção do algodão. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 1-17, 19 jun. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30591>.

RAUBER, Maicon Junior. **Estimativa da retenção e disponibilidade de água para os solos do Rio Grande do Sul**. 2019. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2019.

ROCHA, Rodrigo Esteves et al. Variações espaciais na condutividade hidráulica do solo em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani. **Revista do Instituto Geológico**, [S.L.], v. 40, n. 2, p. 35-51, 1 out. 2019. Instituto Geológico. <http://dx.doi.org/10.33958/revig.v40i2.646>.  
SANTOS, Humberto Gonçalves dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, Rodrigo César de Vasconcelos. **Variabilidade espacial da condutividade hidráulica do solo saturado e implicações no escoamento superficial direto em escala de bacia hidrográfica**. 2020. 128 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação



em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

SERAPHIM, Ana Paula Albuquerque Campos Costalonga; BEZERRA, Maria do Carmo de Lima. Identificação de áreas de recarga de aquíferos e suas interfaces com áreas propícias à urbanização. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, [S.L.], v. 1, n. 23, p. 68-83, 8 jul. 2019.

SILVA, Michelangelo de Oliveira et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, [S.L.], v. 6, n. 7, p. 47838-47855, jul. 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n7-431>.

SILVA, Pedro Luan Ferreira da et al. Caracterização físico-hídrica de solos arenosos através da curva de retenção de água, índice S e distribuição de poros por tamanho. **Agrarian**, [S.L.], v. 13, n. 50, p. 478-492, 23 nov. 2020. Universidade Federal de Grande Dourados. <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v13i50.10993>.

SOARES, Mauricio Fornalski. **Avaliação da co-simulação sequencial gaussiana na geração de campos aleatórios da condutividade hidráulica do solo saturado**. 2021. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

VELOSO, Mariana Faria. **Desenvolvimento de funções de pedotransferência para estimativa de propriedades físico-hídricas do solo do bioma cerrado**. 2021. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

VIDALETTI, Vitória Fenilli. **Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração de água no solo e escoamento de água e sedimentos**. 2022. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.

VIENNET, Jean-Christophe et al. Investigation of clay mineralogy in a temperate acidic soil of a forest using X-ray diffraction profile modeling: beyond the his and hiv description. **Geoderma**, [S.L.], v. 241-242, n. 1, p. 75-86, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.11.004>.

WEBER, Jerzy et al. Reprint of "Properties of soil materials derived from fly ash 11 years after revegetation of post-mining excavation". **Catena**, [S.L.], v. 148, p. 35-39, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2016.08.026>.