

## **Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração de água no solo**

**Impact of land cover, slope and precipitation on soil water infiltration**

**Impacto de la cobertura terrestre, la pendiente y la precipitación en la infiltración del agua del suelo**

Recebido: 09/12/2021 | Revisado: 16/12/2021 | Aceito: 20/12/2021 | Publicado: 24/12/2021

### **Vitória Fenilli Vidaletti**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2273-645X>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: [vitoria\\_fenilli@hotmail.com](mailto:vitoria_fenilli@hotmail.com)

### **Araceli Ciotti de Marins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8932-7015>  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
E-mail: [araceli@utfpr.edu.br](mailto:araceli@utfpr.edu.br)

### **Deonir Secco**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3042-159X>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: [deonir.secco@unioeste.br](mailto:deonir.secco@unioeste.br)

### **Rogério Luís Rizzi**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9895-1012>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: [rogeriorizzi@hotmail.com](mailto:rogeriorizzi@hotmail.com)

### **Pablo Chang**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0878-6672>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: [pablo-sdw@hotmail.com](mailto:pablo-sdw@hotmail.com)

### **Resumo**

O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para o uso e manejo apropriado do solo, além de auxiliar no planejamento de técnicas de irrigação e drenagem. A modelagem matemática é indicada como uma ferramenta capaz de antecipar acontecimentos e apontar alternativas que conduzam a manutenção produtiva do ambiente, e diante da dificuldade da obtenção dos dados de infiltração de água à campo, uma forma rápida para obtenção de dados, é pelo uso de chuva simulada que proporciona simulações em condições que nem sempre podem ser representadas em campo. Desse modo, este trabalho tem por finalidade simular em condições de laboratório o efeito da precipitação, da declividade e da quantidade da palha sobre o solo, na taxa de infiltração de água no solo por meio de um simulador de chuva e desenvolver um modelo de previsão da infiltração. Os dados foram analisados estatisticamente por meio da Regressão Múltipla e, com auxílio do Software R Studio formulou-se o modelo que descreveu a relação dessas variáveis com a infiltração de água no solo. A quantidade de palha teve maior influência sobre a taxa de infiltração, comparada aos outros fatores analisados, ao passo que a precipitação teve menor influência. De modo que se a quantidade de palha for garantida, mesmo com grandes intensidades de chuva, a infiltração de água no solo ocorrerá de forma satisfatória, se as condições estruturais do solo permitir. O modelo ajustado apresentou boa qualidade, com todos os coeficientes significativos a 5%.

**Palavras-chave:** Manejo do solo; Porosidade; Produtividade.

### **Abstract**

The knowledge of the rate of water infiltration in the soil is of fundamental importance for the proper use and management of the soil, in addition to helping in the planning of irrigation and drainage techniques. Mathematical modeling is indicated as a tool capable of anticipating events and pointing out alternatives that lead to the productive maintenance of the environment, and given the difficulty of obtaining water infiltration data in the field, a quick way to obtain data is through the use of simulated rain that provides simulations in conditions that cannot always be represented in the field. Thus, this work aims to simulate, under laboratory conditions, the effect of precipitation, slope and amount of straw on the soil, on the rate of water infiltration into the soil by means of a rainfall simulator and to develop a prediction model of infiltration. Data were statistically analyzed using Multiple Regression and, with the help of the R Studio software, the model was formulated that described the relationship of these variables with water infiltration into

the soil. The amount of straw had a greater influence on the infiltration rate, compared to the other factors analyzed, while precipitation had less influence. So that if the amount of straw is guaranteed, even with high rainfall intensities, the infiltration of water into the soil will occur satisfactorily, if the structural conditions of the soil allow it. The adjusted model was of good quality, with all significant coefficients at 5%.

**Keywords:** Soil management; Porosity; Fertility.

### Resumen

El conocimiento de la tasa de infiltración del agua en el suelo es de fundamental importancia para el correcto uso y manejo del suelo, además de ayudar en la planificación de las técnicas de riego y drenaje. La modelación matemática se indica como una herramienta capaz de anticipar eventos y señalar alternativas que conduzcan al mantenimiento productivo del ambiente, y dada la dificultad de obtener datos de infiltración de agua en campo, una forma rápida de obtener datos es mediante el uso de simulacros. Lluvia que proporciona simulaciones en condiciones que no siempre se pueden representar en el campo. Así, este trabajo tiene como objetivo simular, en condiciones de laboratorio, el efecto de la precipitación, pendiente y cantidad de paja en el suelo, sobre la tasa de infiltración de agua en el suelo mediante un simulador de lluvia y desarrollar un modelo de predicción de infiltración. Los datos se analizaron estadísticamente mediante regresión múltiple y, con la ayuda del software R Studio, se formuló el modelo que describía la relación de estas variables con la infiltración de agua en el suelo. La cantidad de paja tuvo una mayor influencia en la tasa de infiltración, en comparación con los otros factores analizados, mientras que la precipitación tuvo una menor influencia. De modo que si se garantiza la cantidad de paja, incluso con grandes intensidades de lluvia, la infiltración de agua en el suelo se producirá satisfactoriamente, si las condiciones estructurales del suelo lo permiten. El modelo ajustado fue de buena calidad, con todos los coeficientes significativos al 5%.

**Palabras clave:** Manejo de suelos; Porosidad; Productividad.

## 1. Introdução

A infiltração de água de solo é fundamental para a determinação do escoamento superficial e suas consequências, a exemplo da erosão hídrica, que é a perda da água que não infiltra, nem fica armazenada de forma permanente ou temporária (Nery et al., 2017). Para determinar a infiltração é fundamental compreender a permeabilidade da água no solo, por ser uma das características mais sensíveis para detectar alterações no sistema de cultivo e manejo do solo, já que a infiltração da água é influenciada pelas condições de superfície do solo e pelos atributos relacionados com a estrutura do solo, como a porosidade, densidade e textura (Martins & Santos, 2017; Flash et al., 2020).

Furquim et al. (2020), evidenciaram que a textura e a estrutura são propriedades determinantes na movimentação de água no perfil do solo, uma vez que determinam a quantidade e disposição dos poros. Fatores relacionados ao relevo (declividade) afetam a dinâmica da infiltração já que áreas planas tendem a absorver a maior parte da água, e áreas inclinadas tendem a propiciar maior escoamento superficial da água e baixas taxas de infiltração (Garcia et al., 2020).

A intensidade e disponibilidade de chuva também influenciam na infiltração, pois quanto maior a disponibilidade de chuvas, maior a intensidade da precipitação, mais rapidamente o solo atingirá a condição saturada e passará a conduzir água em profundidade, fenômeno denominado condutividade hidráulica do solo (De Moraes, 2012; Zhao et al. 2018). A partir do momento em que o solo atinge sua capacidade de campo inicia-se o processo de escoamento (Vieira et al., 2020). Quando ocorre o escoamento superficial da água no solo, ocorre também o arraste de nutrientes. A água e nutrientes perdidos pelo escoamento não ficam mais disponível para as plantas, e além disso, podem causar o processo de erosão e também assorear rios (Oliveira et al., 2020). Para se evitar o processo de escoamento é necessário garantir, dentre outras ações, a presença de restos culturais, visto que a presença de palha contribui para aumentar a rugosidade do terreno e impedir a desagregação das partículas pelo contato direto com as gotas de chuvas (Klein & Klein, 2015).

Além disso, a partir de estudos sobre a infiltração de água no solo é possível estimar o volume total de água que ficará disponível no solo para o desenvolvimento das plantas (Zhao et al., 2018). Dito isso, o uso de modelos matemáticos é fundamental para planejamento e gestão da água potável na agricultura. Os modelos são principais fontes de informação para as estratégias de uso da terra e água na agricultura, sobretudo para evitar os efeitos nocivos da erosão hídrica e consequentemente garantir uma

infiltração de água no solo adequada (Mello et al., 2016).

Dabral e Pandey (2016), notaram que a modelagem via regressão pode estimar capacidades de campo em diferentes profundidades de solo, utilizando propriedades de solo facilmente medidas como porosidade, densidade, índice de vazios, matéria orgânica. Assim, os modelos estatísticos têm sido amplamente empregados para estimar o valor de algum atributo, ao invés de realizar a análise propriamente dita. Isto otimiza o processo de coleta e análise e os recursos materiais, humanos e econômicos.

No entanto, a avaliação da infiltração de água no solo à campo, é de difícil medição, sobretudo, quando se deseja controlar os fatores que nela influenciam. Segundo De Carvalho et al. (2012), o simulador de chuvas apresenta diversas vantagens como obtenção mais rápida de resultados da infiltração de água, padronização de chuvas, controle de preparação das parcelas, duração, intensidade e repetitividade das chuvas em tempo e espaço. A chuva artificial produzida com simuladores de chuva é uma alternativa adequada para obtenção de dados de erosão hídrica, visto que procura deduzir uma fórmula matemática do fenômeno da erosão da superfície do solo para descrever seu comportamento (Fawzy et al., 2020).

Com o uso do simulador de chuva é possível controlar tanto a intensidade quanto a duração da chuva, dessa forma pode-se controlar a quantidade de água que entra no sistema. Desse modo, por meio de um simulador de chuva objetiva-se realizar alterações propositalmente na intensidade da chuva, na declividade e disponibilidade de palha sobre o solo e assim avaliar seu efeito combinado sobre a taxa de infiltração de água no solo, além de estabelecer um modelo de regressão múltipla que relacione a infiltração de água no solo com as variáveis mencionadas.

## 2. Metodologia

O presente trabalho é uma pesquisa experimental de caráter quantitativo, os dados numéricos foram obtidos por coletas em laboratório (Pereira et al., 2018).

### 2.1 Simulador de Chuva

O simulador de chuva utilizado neste trabalho está alocado junto ao Laboratório de Física do Solo (LAFIS) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – campus Cascavel, sendo apresentado na Figura 1. Consiste de uma estrutura metálica totalmente desmontável com uma caixa de 1x1x0,3 m alocado ao centro, (A), contendo volume de solo. Essa caixa permite trazer o solo intacto do campo, ou preparado em laboratório. Escolheu-se um bico de cone cheio Quick FullJet, (B), para fazer a irrigação, por conter tamanho de gotas similar ao natural. Possui guinchos manuais (talha), (C), que permitem mudar a angulação da superfície por meio de duas direções para atingir a declividade desejada e duas calhas, fixadas em sua estrutura, (D), para o qual o solo e a água em excesso escoam.

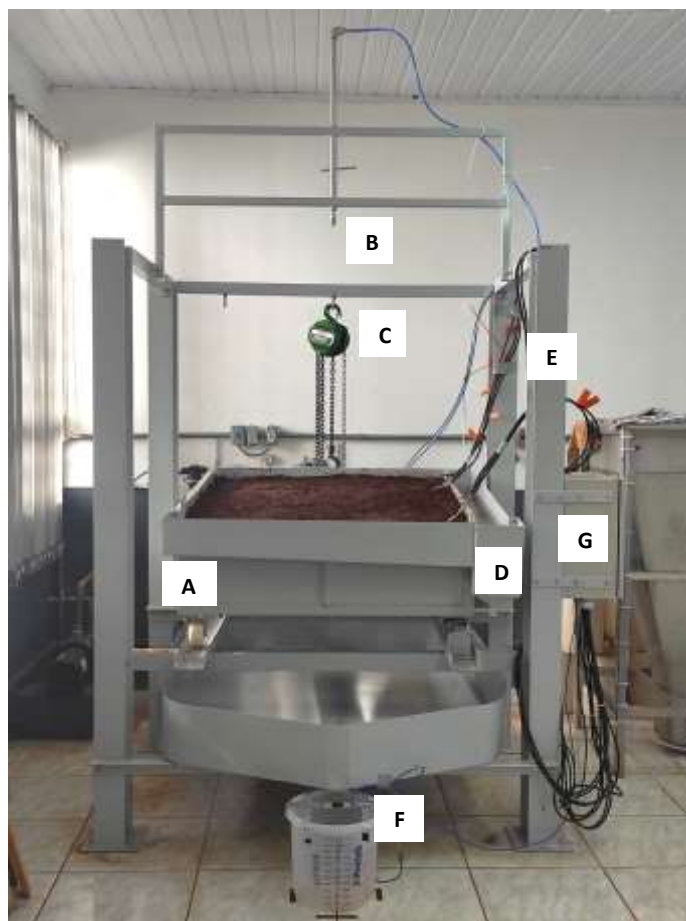
Foram inseridos nove sensores dentro do solo, (E), três em cada camada, para realizar análises de umidade. Possui um sensor ultrassônico, alocado ao balde, (F), que permite medir o volume de água percolada por meio da distância existente entre a água e o sensor. Todas essas informações foram registradas em *datalogger*, (G), localizados num gabinete alocado a lateral do simulador.

O solo contido no simulador de chuvas foi compactado manualmente com diferentes densidades a cada camada (0-0,1, 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m). Para melhor representar o solo de um campo agrícola, foi carregado o solo e palha do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR – polo regional de Santa Tereza do Oeste – Paraná, de coordenadas geográficas latitude 25° 03' 08" S, longitude 53° 37' 59" W. As densidades de solo para as camadas foram definidas usando a média das coletas de solo de dois anos dessa mesma área experimental.

Em relação a cobertura, escolheu-se a palha de soja e calculou-se a quantidade de palha necessária de acordo com a massa de palha seca estabelecida para o experimento de acordo com uma proporção da quantidade de palha de um hectare e as

dimensões da caixa de solo. As alterações na declividade foram controladas pela talha, (C), que está alocada ao simulador de chuva, variando em 3, 8 e 20%, de acordo com a classificação (plano, suave-ondulado e ondulado) e com sua susceptibilidade a erosão (Embrapa, 1979; Ramalho Filho & Beek, 1995). Todas essas alterações foram expostas à três intensidades de chuva controladas por meio de um manômetro. Utilizaram-se pressões de 10, 30 e 50 mca que culminaram nas intensidades de 38,60; 62,40 e 74,48 mm h<sup>-1</sup> respectivamente.

**Figura 1:** Simulador de chuva.



Fonte: Autores (2021).

Após cada uma das precipitações simuladas, nas diferentes condições de inclinação e de volume de palha, avaliou-se as perdas de água por escoamento superficial média de 4 repetições. Para quantificar as perdas médias do volume de água escoado na superfície, foi anotado o horário do início de escoamento, sendo perceptível quando a água começa a formar uma lâmina fina na superfície do solo em direção às calhas. Depois de esperar o conteúdo escoado percorrer toda a calha até o bocal de saída, começa-se a ligar o cronômetro e coletar o volume de escoamento com beckers.

O tempo coletado para cada becker foi estipulado de forma aleatória dependendo do volume de escoamento alcançado na primeira amostra, sempre acima de 5 mL. Depois de 4 repetições, de modo a quantificar as perdas de água. Desse modo, calculou-se a infiltração, obtida pela diferença entre a quantidade de precipitação e a taxa de escoamento resultante.

Após concluir as repetições do determinado tratamento, a medida em que foi sendo alterada a quantidade de palha e julgando necessário, foi usado um pente de metal para escarificar superficialmente o solo no sentido perpendicular ao declive,

para evitar a influência do selamento superficial entre as repetições. Finalizado as coletas, foi desligado todos os registros de água e feito o backup dos dados dos sensores pelo cartão do *datalogger*.

## 2.2 Análise estatística

O experimento consistiu em um esquema fatorial 3x3x3 em que o solo foi submetido à três declividades (3, 8 e 20%), três precipitações (38,60; 62,40 e 74,48 mm h<sup>-1</sup>) e três quantidades de palha (0, 5 e 10 Mg ha<sup>-1</sup>). Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento, portanto, foram 108 amostras.

Após a realização da coleta de dados, os mesmos foram tabulados e com o auxílio do software RStudio (Rstudio Team, 2020), realizou-se uma análise exploratória, geração de modelos de regressão e análise de resíduos.

A seguir, foi calculado o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, e como foi verificada a existência de correlação linear, foi obtido o modelo com a utilização do Software R Studio.

Na sequência, foi determinado o R<sup>2</sup> e realizado o Teste de falta de ajuste, uma vez que há múltiplas observações com valores idênticos de X.

## 3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva da infiltração da água no solo levando em consideração as 108 amostras. A amplitude dos dados, calculada pela diferença entre os valores máximo e mínimo, é alta, o que pode levar a acreditar que haja elevada dispersão dos dados. No entanto, por levar em consideração apenas estes dois valores, é importante uma avaliação das demais medidas avaliadas.

**Tabela 1:** Estatística descritiva da infiltração.

<b>Estatística</b>	<b>Infiltração (mm h<sup>-1</sup>)</b>
Mínimo	2,48
1º Quartil	20,48
Mediana	24,75
3º Quartil	32,47
Média	26,59
Máximo	55,28
Variância	97,85
Desvio Padrão	9,89
Coefficiente de Variação (%)	37,20
Assimetria	0,66
Curtose	0,57

Fonte: Autores (2021).

Observando a Tabela 1, percebe-se que o coeficiente de variação foi muito alto, de acordo com a classificação de Pimentel Gomes (1985), mostrando a heterogeneidade dos dados. O que já era esperado para o conjunto geral dos dados, já que as alterações nas variáveis independentes foram relevantes, ou seja, o alto coeficiente de variação pode ser explicado, visto que para a estatística descritiva foram levados em consideração todos os dados coletados. Assim, pode ocorrer em discrepância nos valores de infiltração de água uma vez que obtiveram alterações no volume coletado quando em precipitações mais elevadas.

A Tabela 2 apresenta o resultado do Teste Tukey dos desdobramentos da quantidade de palha *versus* declividade do terreno dentro de cada intensidade de chuva.

**Tabela 2:** Teste de Tukey do Planejamento Fatorial

Palha (Mg ha <sup>-1</sup> )	Intensidade 1 (38,60 mm h <sup>-1</sup> )			Intensidade 2 (62,40 mm h <sup>-1</sup> )			Intensidade 3 (74,48 mm h <sup>-1</sup> )		
	Declividade (%)			Declividade (%)			Declividade (%)		
	3	8	20	3	8	20	3	8	20
0	20,00Aa	24,38Aa	16,77Aa	22,80ABb	29,22Aa	16,77Ba	30,38Ab	11,66Bc	11,03Bbc
5	26,60Aa	20,60Aa	16,16Aa	31,57Aab	23,70ABab	16,16Ba	35,33Ab	27,23Bb	21,38Bb
10	25,05Aa	22,40Aa	18,95Aa	36,75Aa	31,50Aa	18,95Ba	52,58Aa	44,63ABa	36,38Ba
	DMS						11,08		
	Média Geral						26,59		
	CV(%)						24,75		

Tratamentos com médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo Teste Tukey a 5% de significância. CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa. Fonte: Autores (2021).

Percebe-se na Tabela 2, a influência da palha sobre a superfície a medida que a taxa da precipitação aumenta. Ou seja, na intensidade baixa não há diferença significativa do uso da palha ao contrário das intensidades elevadas, pois o aumento da quantidade de palha sobre o solo resulta em uma maior proteção contra o impacto direto das gotas da chuva. Como consequência dessa proteção, há menor selamento superficial e maior infiltração da água no solo (Spera et al., 2020; Santos & Pereira, 2013). Tais resultados corroboram com os de Martins Filho et al. (2009) que observaram taxas de infiltração maior em áreas com 50% e 100% da cobertura vegetal reduzindo, consequentemente, a erosão em até 68% e 89% em relação ao solo. Karami et al. (2012), ao avaliar os efeitos de quantidades de matéria orgânica (5, 15 e 25 Mg ha<sup>-1</sup>) observaram que, independentemente da quantidade aplicada, houve aumento na taxa de infiltração. Fabrizzi et al. (2005) e De Vita et al. (2007) relatam que a palha exerce ação na redução da evaporação e consequentemente condiciona aumento da umidade no solo em plantio direto.

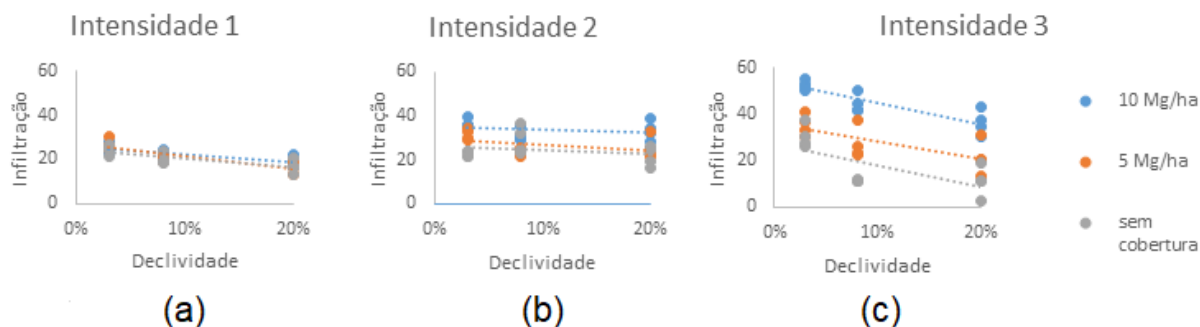
Observa-se ainda, na Tabela 2, em que a declividade do terreno passa a ter maior importância para chuvas de maiores intensidades e, por este motivo, sugere-se que em terrenos mais inclinados sejam utilizadas práticas conservacionistas como plantio em nível e uso de terraços (Fiorese et al., 2019; Xavier et al., 2021).

Pode-se analisar esses fatores em conjunto com a Figura 2, que apresenta o comportamento da infiltração, dentro de cada intensidade de chuva, considerando as três declividades e três quantidades de palha. Verifica-se que, quanto maior a quantidade de palha, o efeito da precipitação fica mais evidente. Ou seja, quando ocorrem chuvas de menor intensidade (Figura 2(a)), o efeito da palha é quase nulo (os gráficos parecem sobrescritos), já, quando a chuva é mais intensa (Figura 2(c)), a taxa de infiltração aumenta significativamente, à medida que a palha aumenta. Por este motivo, pode-se afirmar que, se a quantidade de palha for garantida por meio de rotação de culturas, principalmente com o uso de espécies de cobertura nas entre safras, e mesmo com grandes intensidades de chuva, a infiltração de água no solo ocorrerá de forma satisfatória, se as condições estruturais do solo permitir, especialmente na ausência de camadas compactadas.

Os resultados corroboram com os de Jennings et al. (1988), Silva e Kato (1997) e Barcelos et al. (1999), que compararam os comportamentos das curvas da taxa de infiltração dos ensaios realizados em solo com e sem cobertura vegetal e observaram que nos ensaios sem cobertura a taxa de infiltração é muito menor. Silva, Andrade e Silva (2006) explicam que esse comportamento ocorre pelo fato de a condição superficial do solo ser um fator limitante para a infiltração, principalmente quando a superfície do solo se encontra descoberta, propícia à formação de encrostamento superficial.

Le Bissonnais et al. (2005), afirmam que em solos sem cobertura vegetal o encrostamento superficial tem influência muito forte nas propriedades hidráulicas do solo, como a taxa de infiltração. Brandão et al. (2006), mencionam reduções de até 85% na taxa de infiltração em função da formação de encrostamento superficial.

**Figura 2:** Comparação da relação declividade x infiltração nas intensidades de chuva.

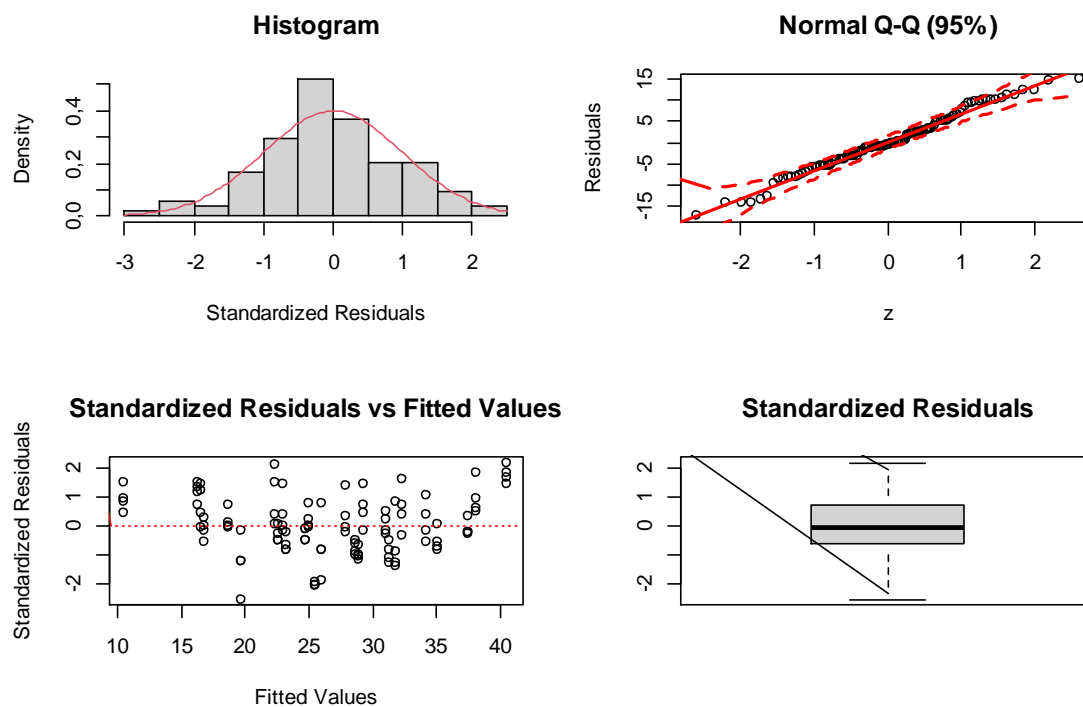


Nota: intensidade 1: 38,60 mm h<sup>-1</sup>; intensidade 2: 62,40 mm h<sup>-1</sup>; intensidade 3: 74,48 mm h<sup>-1</sup>. Fonte: Autores (2021).

Assim, vislumbra-se a importância do uso da cobertura vegetal do solo em relação à sua proteção e prevenção de selamentos superficiais em precipitações elevadas garantindo uma infiltração adequada e reduzindo as perdas de água e solo por escoamento superficial.

Em relação a normalidade, os dados apresentam homogeneidade na variância. Isso pode ser observado no gráfico de resíduos, Figura 3, visto que os resíduos apresentam um padrão muito próximo da normalidade. Pode-se chegar a mesma conclusão observando o histograma dos resíduos.

**Figura 3:** Análise dos resíduos da regressão linear múltipla.



Fonte: Autores (2021).

Diante das constatações acima, verifica-se que são cumpridas as suposições do modelo. Portanto, a análise de variância pode ser utilizada para verificar a qualidade do modelo ajustado. Denota-se a variância na Tabela 3.

**Tabela 3:** Análise de variância (ANOVA) da regressão.

	<b>Df</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
X1	1	2872,82	2872,82	62,72836	2,75E-12
X2	1	1273,74	1273,74	27,81224	7,31E-07
X3	1	1560,61	1560,61	34,07621	6,08E-08
Resíduos	104	4762,97	45,7978		

Df: Graus de Liberdade; SQ: Soma de quadrados; QM: Quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr(>F): probabilidade de ser maior que o F tabelado; X1: Quantidade de palha; X2: Declividade; X3: Intensidade de chuva. Fonte: Autores (2021).

Como  $Pr < 0,05$  existe diferença entre os tratamentos, ou seja, existe efeito significativo das variáveis explicativas sobre a variável resposta. Isto significa que, existe efeito significativo da quantidade de palha, da declividade e da intensidade de chuva sobre a infiltração de água no solo.

Por meio dos coeficientes do modelo na Tabela 4, o modelo matemático de predição da infiltração é dado pela Equação (1), chegando a explicar 97% da variabilidade presente nos dados. Consideramos X1: quantidade de palha, X2: declividade e X3: intensidade de chuva.

$$I = 1,26X1 - 0,4814X2 + 0,26X3 + 10,33 \quad (1)$$

**Tabela 4:** Coeficientes do modelo de regressão múltipla da infiltração.

	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor t</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercepto)	10,33322	2,911992	3,548507	0,000583
X1	1,263333	0,159509	7,920124	2,75E-12
X2	-0,481412	0,0912848	-5,27373	7,31E-07
X3	0,255017	0,043686	5,837483	6,08E-08

X1: Quantidade de palha; X2: Declividade; X3: Intensidade de chuva. Fonte: Autores (2021).

Como houve repetições no experimento, se faz necessário o teste da falta de ajuste. Desse modo, obtém-se a Tabela 5, como  $Pr > 0,05$  vislumbra-se que o modelo se ajusta bem aos dados com 5% de significância e apresenta uma boa qualidade.

**Tabela 5:** Teste da falta de ajuste;

	<b>Res.Df</b>	<b>RSS</b>	<b>Df</b>	<b>SQ</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
1	104	4762,97				
2	101	4495,31	2	267,66	2	0,12

Res.Df: Grau de liberdade dos resíduos; RSS: Soma residual dos quadrados; Df: grau de liberdade; SQ: Soma dos quadrados; F: valor de F calculado; Pr(>F): probabilidade de ser maior que o F tabelado. Fonte: Autores (2021).

#### 4. Considerações Finais

A quantidade de palha teve maior influência sobre a taxa de infiltração, comparada a precipitação e declividade do terreno, ao passo que a precipitação teve menor influência. De modo que, foi perceptível a influência da palha sobre a superfície a medida que a taxa da precipitação aumenta, pois em precipitações de menor intensidade o efeito da palha foi praticamente nulo e em intensidades elevadas a taxa de infiltração aumentou significativamente, à medida que o volume de palha aumenta. Portanto, pode-se afirmar, que se a quantidade de palha for garantida, mesmo com grandes intensidades de chuva, a infiltração de água no solo ocorrerá de forma satisfatória, se as condições estruturais do solo permitir, prevenindo selamentos superficiais e reduzindo as perdas de água e solo por escoamento superficial. O modelo ajustado apresentou boa qualidade, com todos os coeficientes significativos a 5%. Uma sugestão para trabalhos futuros é de se utilizar a Análise de Componentes Principais para vislumbrar



a correlação das variáveis na infiltração de água no solo.

## Referências

- Barcelos, A. A., Cassol, E. A. & Denardin, J. E. (1999). Infiltração de água em um Latossolo Vermelho-Escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23(1), 35-4.
- Bertol, I., Bertol, C. & Barbosa, F. T. (2012). Simulador de chuva tipo empuxo com braços movidos hidráulicamente: fabricação e calibração. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 36(6), 1905-1910.
- Brandão, V. S., Silva, D. D., Ruiz, H. A., Pruski, F. F., Schaefer, C. E. G. R., Martinez, M. A. & Menezes, S. J. M. C. (2006). Resistência hidráulica da crosta formada em solos submetidos a chuvas simuladas. *R. Bras. Ci. Solo*, 30(1), 13-21.
- Dabral, P. P. & Pandey, P. K. (2016). Models to estimate soil moisture retention limits and saturated hydraulic conductivity. *J. Indian Water Resour. Soc.*, 36(1), 50-55.
- De Carvalho, D. F., Souza, W. S., Pinto, M. F., Oliveira, J. R. & Guerra, J. G. M. (2012). Perdas de água e solo sob diferentes padrões de chuva simulada e condições de cobertura de solo. *Engenharia Agrícola*, 32(4), 708-717.
- De Moraes, F. (2012). Infiltração – uma variável geomorfológica. *Cadernos de Geografia, Belo Horizonte*, 22(38), 73-87.
- De Vita, P., Paolo, E. D., Fecondo, G., Fonzo, N. D. & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil & Tillage Research*, 92(1), 69-78.
- Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – Embrapa. (1979). *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos*. In: Reunião técnica de levantamento de solos, 10, 1979, Rio de Janeiro. Súmula...Rio de Janeiro, 83p.
- Fabrizzi, K. P., García, F. O., Costa, J. L. & Picone, L. I. (2005). Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. *Soil & Tillage Research*, 81(1), 57-69.
- Fawzy, H. E., Basha, A. M. & Botross, M. N. (2020). Estimating a mathematical formula of soil erosion under the effect of rainfall simulation by digital close range photogrammetry technique. *Alexandria Engineering Journal*, New York.
- Fiorese, C. H. U., Carvalho, J. A., Batista, A. M. S. & Torres, J. G. H. (2019). Levantamento da perda de solo atual por erosão hídrica do município de cachoeiro de Itapemirim (ES). *Cadernos Camilliani*, 16(3), 1525-1546.
- Flash, C. W., Alves, E. A. C. & Meurer, M. (2020). Taxa de infiltração da água e resistência mecânica à penetração em solos submetidos a diferentes usos na região da serra de sudeste/RS. *Revista Caminhos de Geografia*, 21(73), 223-242.
- Furquim, L. C., Souza, E. J., Silva, N. F., Nuñez, D. N. C., Cabral, J. S. R., Santini, J. M. K., Leão, B. C. S. & Stone, L. F. (2020). Infiltração de água e resistência do solo à penetração em sistemas de cultivo integrados em área de pastagem degradada. *Colloquium Agrariae*, 16(5), 82-95.
- Garcia, Y. M., Campos, S., Tagliarini, F. S. N., Campos, M. & Rodrigues, B. T. (2020). Declividade e potencial para mecanização agrícola da bacia hidrográfica do Ribeirão Pederneiras - Pederneiras/SP. *Bioeng - Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 14(1), 62-72.
- Jennings, G. O., Jarret, A. R. & Hoover, J. R. (1988). Evaluating the effect of puddling on infiltration using the Green Ampt equation. *Trans. ASAE*, 31(1), 761-768.
- Júnior, M. C. D. A., Castro, P. A. L. & Santos, G. O. (2020). Taxa de infiltração de água no solo em diferentes usos do solo. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 8(2), 115-121.
- Karami, A., Homae, M., Afzalnia, S., Ruhipour, H. & Basirat, S. (2012). Organic resource management: Impacts on soil aggregate stability and other soil physico-chemical properties. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 148(1), 22-28.
- Klein, C. & Klein, V. A. (2015). Influência do manejo do solo na infiltração da água. *Revista Monografias Ambientais*, Santa Maria, 3(5), 3915-3925.
- Le Bissonnais, Y., Cerdan, O., Lecomte, V., Benkhadra, H., Souchere, V. & Martin, P. (2005). Variability of soil surface characteristics influencing runoff and interrill erosion. *Catena*, 62(1), 111-124.
- Martins, F. P. & Santos, E. L. (2017). Taxa de infiltração da água e a resistência do solo a penetração sob sistemas de uso e manejo. *Acta Iguazu*, 6(4), 28-40.
- Martins Filho, M. V., Licciotti, T. T., Pereira, G. T., Júnior, J. M. & Sanchez, R. B. (2009). Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. *Eng. Agrícola*, 29(1), 8-18.
- Martins, M. E. G. (2018). Coeficiente de determinação. *Revista Ciência Elementar*, 6(1), 24.
- Mello, C. R. De, Norton, L. D., Pinto, L. C., Beskow, S. & Curi, N. (2016). Agricultural watershed modeling: a review for hydrology and soil erosion processes. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(1), 7-25.
- Mendes, T. A., Junior, G. F. N. G., Rebolledo, J. F. R., Vaz, E. F. & Luz, M. P. (2020). Numerical evaluation of laboratory apparatuses for the study of infiltration and runoff. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(37), 1-16.

- Nery, A. R., Rodrigues, L. N., Sousa, A. G., Santos, F. F. C. & Nere, D. E. R. (2017). Infiltração de água nos solos cultivados com palma forrageira e pastagem no IFCE campus Crato. *Acta Kariri Pesq. e Des.*, 2(1), 56-61.
- Oliveira, A. H., Silva, M. L. N. & Neto, G. K. (2020). escoamento superficial e perdas de solo em sub-bacia florestal, município de Eldorado do Sul, RS. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 58111-58132.
- Ortiz, P. F. S., Rolim, M. M., Silva, J. L. B., Tavares, U. E. & Cavalcanti, R. Q. (2020). Infiltração de água em Ultisol com diferentes tempos de produção de cana-de-açúcar no semiárido brasileiro. *Agropecuária Científica no -Semiárido*, Patos – PB, 16(2), 107-113.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.
- Pimentel Gomes, F. (1985). *Curso de Estatística Experimental*. Nobel. 467 p.
- Ramalho-filho, A. & Beek, K. J. (1995). *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. EMBRAPA-CNPQ. 65 p.
- Rstudio. (2020). Integrated Development for R. RStudio, PBC. <http://www.rstudio.com/>.
- Santos, J. N. & Pereira, E. D. (2013). Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do Rio Maracanã-MA. *Cadernos de Pesquisa*, 20, 63-71.
- Silva, J. C. A., Andrade, A. P. & Silva, I. F. (2006). Avaliação da infiltração da água no solo como indicador de modificações edáficas em três sistemas de manejo. *Agropec. Téc.*, 27(1), 85- 91.
- Silva, C. L. & Kato, E. (1997). Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32(1), 213-220.
- Souza, A. G. V., Faria, L. O., Jesus, T. F. & Matos, E. R. (2020). Degradação dos solos de agricultura intensiva, diagnóstico e métodos de recuperação. *Revista Agrotecnologia*, 11(1), 23-29.
- Spera, S., Santos, H. P., Fontaneli, R. S. & Tomm, G. O. (2010). Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(1), 37-44.
- Spohr, R. B., Corcini, A. L. M., Pellegrin, J., Bonfanti, J. B, Soto, M. F. & Cardoso, T. (2015). Desenvolvimento e validação de um simulador de chuvas portátil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20(2), 411-417.
- Vieira, Z. C., Almeida, K. S. & Albuquerque, E. F. (2020). Influência de telhados verdes pré-moldados na redução e retardo do escoamento em precipitações intensas. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(3), 1986-1998.
- Xavier, M. V. B., Santos, L. L., Fonseca, A. P. M., Almeida, L. V. O., Aguiar, R. M. A. S., Moreira, C. D. D., Semensato, B. D., Ferreira, J. M. & Oliveira, P. V. A. (2021). Capacidade de uso e manejo conservacionista do solo de um fragmento de cerrado sensu stricto, Montes Claros-MG. *Research, Society and Development*, 10(7), 1-10.
- Zhao, L., Hou, R., Wu, F. & Keestra, S. (2018). Effect of soil surface roughness on infiltration water, ponding and runoff on tilled soils under rainfall simulation experiments. *Soil and Tillage Research*, St Louis, 179, 47-53.