



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

*Northeast Geosciences Journal*

v. 9, nº 2 (2023)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2023v9n2ID30108>



## Determinação das propriedades físicas do solo em função do uso e ocupação em Caçapava do Sul - RS

### *Determination of physical soil properties by use and occupation in Caçapava do Sul – RS*

Randolfo Pereira Filho<sup>1</sup>; Gabriel D'Avila Fernandes<sup>2</sup>; Rafael Matias Feltrin<sup>3</sup>, Douglas Bitencourt Vidal<sup>4</sup>, Pedro Daniel da Cunha Kemerich<sup>5</sup>

- <sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa, Campus de Caçapava do Sul, Caçapava do Sul/RS, Brasil. Email: eng.randolfo@gmail.com  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0002-7519-2644>
- <sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (UFSM/PPGEC), Santa Maria/RS, Brasil. Email: enggabrielfernandes@gmail.com  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1106-3838>
- <sup>3</sup> Universidade Federal do Pampa, Campus de Caçapava do Sul, Caçapava do Sul/RS, Brasil. Email: rafaelfeltrin@unipampa.edu.br  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8385-0056>
- <sup>4</sup> Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica/Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Salvador/BA Brasil. Email: bitencourt\_douglas@hotmail.com  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7150-1895>
- <sup>5</sup> Universidade Federal do Pampa, Campus de Caçapava do Sul, Caçapava do Sul/RS, Brasil. Email: eng.kemerich@yahoo.com.br  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9369-769X>

**Resumo:** A preocupação com a qualidade do solo aumentou significativamente, pois seu uso e mobilização intensa reduzem a capacidade de manter boa produção. Sistemas de manejo com remoção de vegetação, exposição do solo, uso de químicos, tráfego de máquinas e pisoteio de animais alteram a estrutura do solo, diminuindo a qualidade física. Este trabalho teve como objetivo determinar a qualidade do solo no município de Caçapava do Sul - RS, pela caracterização de atributos físicos, realizando análise comparativa em diferentes usos: cultivo de soja e pecuária (campo nativo). Os atributos físicos determinados foram: densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e condutividade hidráulica. As análises foram realizadas em quatro repetições realizadas em quadruplicata e os resultados analisados pelo software Statística 7.0. Na área de plantio da soja, na camada entre 0,25 e 0,35 m, a densidade do solo apresentou valores maiores e a porosidade menores, evidenciando o efeito da compactação do solo resultante do trânsito de maquinário. Em relação à densidade de partículas, a área do campo nativo apresentou o menor valor na camada superficial. Na condutividade hidráulica, ambos apresentaram resultados negativos. Os resultados encontrados demonstram que os solos estudados se comportaram de forma semelhante em relação aos parâmetros avaliados.

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

**Abstract:** Concern about soil quality has increased significantly, as its use and intensive mobilization reduce the ability to maintain good production. Management systems with vegetation removal, soil exposure, use of chemicals, machine traffic and animal trampling alter the soil structure, decreasing physical quality. This study aimed to determine the soil quality in the municipality of Caçapava do Sul - RS, through the characterization of physical attributes, performing a comparative analysis in different uses: soybean cultivation and livestock (native field). The physical attributes determined were: soil density, particle density, total porosity and hydraulic conductivity. The analyzes were performed in four replications performed in quadruplicate and the results analyzed by the Statística 7.0 software. In the soybean planting area, in the layer between 0.25 and 0.35 m, the soil density showed higher values and lower porosity, evidencing the effect of soil compaction resulting from the transit of machinery. Regarding the particle density, the native field area had the lowest value in the surface layer. In hydraulic conductivity, both presented negative results. The results found demonstrate that the studied soils behaved in a similar way in relation to the evaluated parameters.

**Keywords:** Soil Density; Soil Management; Soil Porosity.

Recebido: 25/08/2022; Aceito: 02/10/2023; Publicado: 13/11/2023.

## 1. Introdução

O desenvolvimento das plantas requer condições físicas adequadas do solo, e essas propriedades estão relacionadas ao fluxo de água, calor e gás, que por sua vez afeta diretamente o crescimento e a produtividade das culturas (LOPES; GUILHERME, 2007). Atualmente, a preocupação com a qualidade do solo aumentou significativamente, pois seu uso e intensa mobilização podem levar a um declínio em sua capacidade de sustentar a produção em larga escala (COLLARES et al., 2006; CARVALHO et al., 2004).

A qualidade do solo refere-se à sua capacidade de funcionar dentro dos limites do ecossistema, apoiar o desempenho biológico, manter a qualidade ambiental e promover o bem-estar de plantas e animais. Essa característica pode ser verificada através do monitoramento de características físicas, químicas e biológicas (DE OLIVEIRA SILVA, 2021). Os atributos do solo que têm sido comumente utilizados como indicadores de qualidade física são densidade, porosidade, condutividade hidráulica, resistência mecânica à penetração vegetal e taxa de infiltração, sendo estes utilizados pela sua relativa facilidade de determinação e pelo baixo custo de obtenção das medidas (SANTANA; BAHIA FILHO, 1998; MARCHÃO et al., 2007; BALBINOT JUNIOR et al., 2009). O desgaste da qualidade física do solo se manifesta pela baixa porosidade, grande resistência à penetração das raízes e reduzida capacidade de retenção de água, o que afeta diretamente o processo básico do correto funcionamento do solo (AGUIAR, 2008).

A implantação de sistemas agrícolas pode levar a alterações nas propriedades físicas do solo, reduzindo sua qualidade e muitas vezes dificultando a recuperação. O que ocorre é a modificação do equilíbrio de um ambiente natural, visto que seguidamente acontece a retirada da vegetação, exposição do solo, aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas, tráfego de máquinas e alteração do regime hídrico nas bacias hidrográficas (ARCOVERDE, 2013).

O processo de compactação do solo causado pelo pisoteio animal também é bastante citado como causador da diminuição na qualidade do solo pois aumenta a resistência deste para o crescimento radicular (GURGEL, 2020). Em solo compactado nota-se também que o sistema radicular se concentra próximo à superfície o que diminui a capacidade das plantas de absorverem nutrientes e água das camadas subsuperficiais (LANZANOVA, et al., 2007).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo determinar as propriedades físicas do solo em função de diferentes tipos de uso e ocupação (pecuária e plantio de soja) em uma área do município de Caçapava do Sul, RS.

## 2. Metodologia

### 2.1. Localização e descrição das áreas de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em propriedades utilizadas para as finalidades de pecuária e agricultura, situadas na área rural do município de Caçapava do Sul (localidades de Passo do Souza e Dorasnal, respectivamente), localizado no Sudeste rio-grandense (Figura 1). Os pontos analisados em cada área, bem como suas respectivas coordenadas também estão expressas na figura.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região pode ser classificado como subtropical úmido (Cfa), caracterizado por uma boa disponibilidade hídrica e com uma distribuição uniforme das chuvas durante o ano, sem uma estação seca bem definida (ROSSATO, 2020). Caçapava do Sul apresenta um total anual de precipitação pluviométrica de 1727,4 mm, sendo abril o mês que apresenta maior índice pluviométrico médio (177,6 mm) e agosto o mês com menor índice pluviométrico (104,3 mm) (WREGGE et al., 2012). Na localidade de Passo do Souza foi desenvolvido estudo em uma área destinada à pecuária de gado de corte (campo nativo), em que toda a sua dimensão mede aproximadamente 100 hectares. A lotação na época do experimento foi de 80 animais com cria, em uma área que estava sendo destinada exclusivamente às atividades de pastagem há aproximadamente 30 anos.

A segunda localidade, conhecida como Dorasnal, corresponde à cultura de Soja (plantio de verão), área que durante o inverno é utilizada para o plantio de azevém. Visando a correção do solo, esta área é tratada com 3 toneladas de calcário por hectare.



Figura 1 – Esquema de localização incluindo mapas das áreas de estudo (repetições realizadas no campo nativo e campo com soja e suas respectivas coordenadas).

Fonte: Autores (2022).

## 2.2. Amostragem do solo

Para caracterização dos atributos físicos e consequente avaliação da qualidade do solo foram coletadas amostras de solo em cada sistema de uso (soja e pecuária). Em cada uma dessas áreas foi delimitado de forma aleatória quatro subáreas (consideradas repetições) de aproximadamente 30 m<sup>2</sup>. Para as análises de densidade (Ds) e densidade de partículas (Dp) foram consideradas três diferentes profundidades, denominadas Pontos 1, 2 e 3 (0,15 cm a 0,25 cm; 0,25 cm a 0,35 cm e 0,35 cm a 0,45 cm, respectivamente), seguindo metodologia proposta por Aguiar (2008) com modificações. Em seguida, as amostras foram destinadas as respectivas análises laboratoriais.

## 2.3. Determinação dos atributos físicos

### Densidade do solo (Ds) e Densidade de partícula (Dp)

Para a determinação da densidade do solo (Ds) foi utilizado o método do anel volumétrico e para determinar a densidade de partícula (Dp) o método fez uso do balão volumétrico e álcool como líquido penetrante. Ambas as metodologias estão descritas no Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA, 2017).

### Porosidade total (Pt)

A porosidade total (Pt) foi determinada pela relação entre densidade do solo (Ds) e densidade de partículas do solo (Dp) conforme Equação 1 (AGUIAR, 2001):

$$Pt(\%) = \frac{(D_p - D_s)}{D_p} (X100) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

Pt – porosidade total;

Dp – densidade de partículas sólidas do solo;

Ds – densidade do solo.

### Condutividade hidráulica (K)

A determinação da condutividade hidráulica (K) contou com a utilização do Permeômetro de Guelph, utilizando-se duas cargas de pressão (H1=5cm e H2=10cm), conforme descrito por Aguiar (2001). Para tal, os seguintes passos foram realizados: fez-se o furo e mediu-se a profundidade atingida com o auxílio de uma régua, sendo necessário nivelar a base e regularizar as paredes do furo. Montou-se o Permeômetro de Guelph, ligando o tubo acrílico à garrafa de Mariotte através de mangueiras plásticas maleáveis. O Permeômetro foi colocado sobre o furo ajustando-se as pernas do tripé para que o aparelho ficasse nivelado. Foi colocada a solução dentro do tubo acrílico, deixando que a água enchesse completamente as mangueiras. O tubo de Mariotte foi regulado através da régua graduada para estabelecer a altura de pressão mantida no interior do furo. Assim, as leituras começaram a serem feitas em intervalos constantes de tempo, através da régua graduada do tubo de acrílico. Quando as diferenças das medidas entre as leituras tornaram-se constantes, o ensaio foi parado.

O cálculo da condutividade hidráulica (K) foi obtido através do conhecimento do valor da taxa de infiltração e da associação desta com as dimensões do furo e da altura da coluna d'água em seu interior, utilizando a seguinte equação (CELLIGOI et al., 2006):

$$K = [(0,0041)(X)(R_2) - (0,0054)(X)(R_1)] \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

K: Condutividade hidráulica (cm/s);

R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>: Taxas de infiltração estabilizadas correspondentes a H1 (5 cm) e H2 (10 cm) respectivamente, (cm/s);

X: constante correspondente a área do tubo utilizado (neste caso 35,36 cm<sup>2</sup>).

## Análises estatísticas

As análises foram realizadas em quatro repetições, sendo estas conduzidas em quadruplicata. Os resultados estão expressos como média  $\pm$  desvio-padrão e submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas entre si através do teste de Tukey, considerando o nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ). Os resultados foram analisados através do *software Statistica 7.0*.

## 3. Resultados e discussão

### 3.1. Densidade do solo

De acordo com Aguiar (2001) a densidade do solo é influenciada pela estrutura, grau de compactação e pelas características de expansão e contração do solo. Reichert e Reinert (2006) descrevem que havendo modificação do espaço poroso haverá por consequência alteração da densidade do solo, sendo seu uso principal, como indicador da compactação. Os resultados de densidade do solo (Ds) encontrados neste estudo podem ser visualizados na Figura 2, apresentada a seguir:

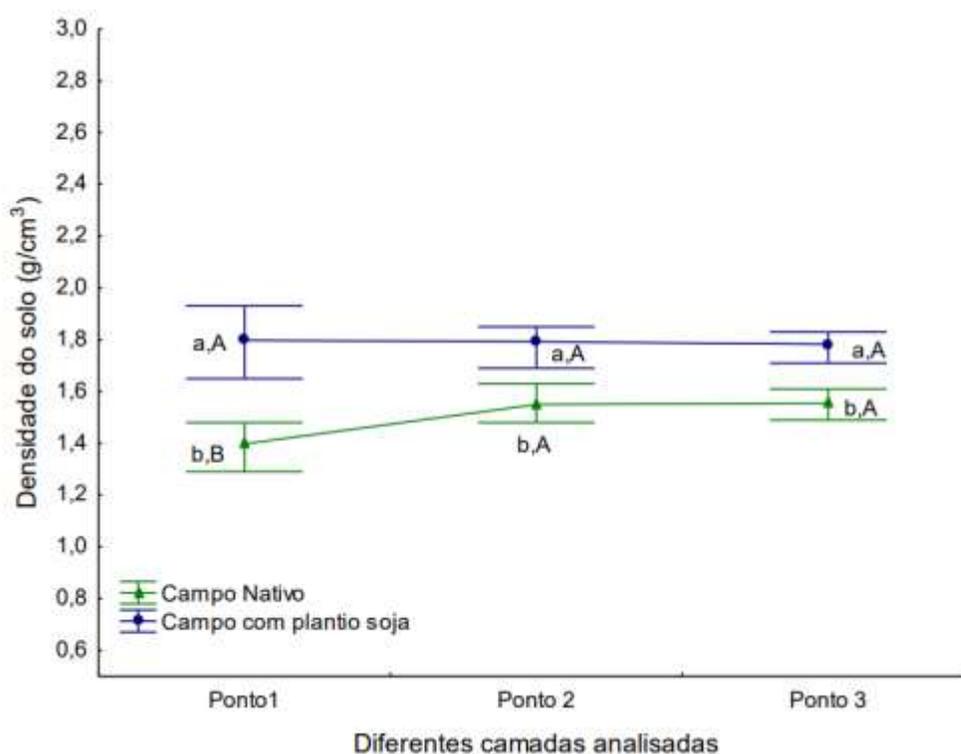


Figura 2 – Valores médios de densidade do solo (Ds), expressos em  $g/cm^3$ , encontrados para o campo Nativo e para a área utilizada para plantio de soja, considerando as três profundidades analisadas.

Fonte: Autores (2022).

O Ponto 1 abrange as profundidades de 0,15 a 0,25m, o Ponto 2 de 0,25 a 0,35m e o Ponto 3 de 0,35 a 0,45m. Os valores apresentam-se como média de quatro repetições, médias seguidas de letras minúsculas comparam níveis de densidade nos diferentes solos analisados, enquanto letras maiúsculas comparam valores encontrados para as diferentes camadas em um mesmo solo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A partir dos resultados apresentados na Figura 2 pode-se perceber que para as três profundidades analisadas, a área utilizada para plantio de soja apresentou valores de densidade significativamente maiores ( $P < 0,05$ ) quando comparado ao campo nativo, utilizado para pecuária. Resultados semelhantes foram encontrados por Seron et al. (2013) ao avaliarem a

densidade do solo de sistemas de pecuária e lavoura na profundidade de 0 a 0,20m. Os autores afirmam que mesmo não havendo diferença significativa entre os tratamentos, há evidências de maiores valores no sistema de lavoura e justificam este comportamento pelo maior tráfego de máquinas e implementos que ocorre no sistema de lavoura quando comparado a pastagem. Entretanto, os resultados apresentados não condizem com a teoria citada por Kunz et al. (2013), que relata que a pressão exercida pelos animais sobre o solo é superior à pressão exercida por tratores. Os autores apontam que a elevada pressão exercida pelos animais se deve ao fato de o seu peso se concentrar em uma pequena área – a do casco, enquanto as máquinas agrícolas, apesar de terem peso maior, exercem pressão menor sobre a superfície do solo, uma vez que o seu peso é distribuído em uma área maior (pneus), causando menor compactação e por consequência diminuição da densidade.

Com relação às três diferentes camadas analisadas, a área utilizada para plantio de soja não apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ), ou seja, a profundidade da amostragem não influenciou a densidade do solo estudado. Entretanto, para o campo nativo, a camada mais superficial (Ponto 1), que engloba a profundidade de 0,15 a 0,25 m, apresentou resultado significativamente menor quando comparada as outras camadas analisadas. Azevedo e Dalmolin (2004) encontraram resultados análogos, com valores de densidade do solo entre 0,95 e 1,80 g/cm<sup>3</sup>, ocorrendo incremento nesses resultados com o aumento da profundidade. Segundo os autores, isso ocorre naturalmente em função do peso exercido pelos horizontes superiores.

De acordo com Silva (2008) e Pequeno (2011), o estudo da densidade do solo mostra-se importante, pois esse parâmetro é reconhecidamente um fator fundamental no que tange as características relacionadas aos usos do solo. Solos com alto grau de compactação (alta densidade) são marcados pela resistência à penetração das raízes, dificultando de forma significativa a absorção de água e nutrientes por parte das plantas, devido a limitação da área explorada pelas raízes.

### 3.2. Densidade de partícula (Dp)

A densidade de partículas, também chamada densidade real, é a relação entre a massa e o volume dos sólidos de um solo, não se levando em conta a porosidade (GUBIANI; REINERT; REICHERT, 2006). Os resultados de densidade de partículas encontrados neste estudo estão expostos na Tabela 1.

*Tabela 1 – Valores médios de densidade de partícula (Dp), expressos em g/cm<sup>3</sup>, encontrados para o campo Nativo e para o campo utilizado para plantio de soja, para as três profundidades analisadas.*

Densidade de partícula (Dp)		
	Campo Nativo	Campo de Soja
Ponto 1	2,28±0,14 <sup>a.A</sup>	2,53±0,24 <sup>a.A</sup>
Ponto 2	2,45±0,01 <sup>a.A</sup>	2,60±0,24 <sup>a.A</sup>
Ponto 3	2,45±0,22 <sup>a.A</sup>	2,59±0,24 <sup>a.A</sup>

*Fonte: Autores (2022).*

Os valores apresentam-se como média ± desvio-padrão. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Através dos resultados expostos na Tabela 3 pode-se perceber que, levando em consideração as diferentes camadas estudadas, não houve diferença significativa entre os dois solos avaliados, bem como a diferença de profundidade durante a amostragem também não influenciou o resultado da análise para cada tratamento em particular ( $p < 0,05$ ). A densidade de partículas do solo é uma qualidade original que dificilmente é alterada pela forma como o solo é tratado. Portanto, o resultado obtido já era esperado.

Segundo Gubiani; Reinert e Reichert (2006), a determinação da densidade de partículas do solo (Dp) apresenta renomada importância como indicativo da composição mineralógica, podendo ser utilizada para o cálculo da velocidade de sedimentação das partículas em líquidos e também para determinação indireta da porosidade. Estudos desenvolvidos por Kiehl (1979), Mello (2002) e Scherer et al., (2013) apontam que a densidade de partículas pode ser influenciada pela densidade dos minerais presentes no solo e pela quantidade de matéria orgânica, que tem a capacidade de aumentar ou reduzir esse parâmetro conforme aumenta ou reduz o teor de carbono. Seguindo nesse contexto, Kiehl (1979) ainda apresentou em seus estudos valores de densidade de partículas que indicam a presença de alguns minerais no solo. Dentre os minerais apontados pelo autor, aqueles que apresentam valores próximos aos resultados encontrados neste estudo são montmorilonita ( $2,20 < Dp < 2,70$ ) para o campo nativo e ortoclásio ( $2,50 < Dp < 2,60$ ), haloisita ( $2,55 < Dp < 2,56$ ) e

microclina ( $2,54 < Dp < 2,57$ ) para a área com soja. Desta forma, pode-se induzir a presença destes minerais nos respectivos solos e talvez ainda corroborar a influência destes sobre os resultados encontrados para este parâmetro.

### 3.3. Porosidade Total

De acordo com Aguiar (2001), a porosidade do solo é a relação entre o volume de vazios e o volume total do solo. Lorenzo (2010) afirma que a porosidade total é refletida pelo estado de densidade do solo, sendo estas características mutáveis em função do manejo utilizado. A Tabela 2 expõe os valores médios de porosidade total encontrados neste estudo para os dois tipos de solo analisados.

*Tabela 2 – Valores médios de porosidade expressos em percentual, encontrados para o campo Nativo e para o campo utilizado para plantio de soja, para as três profundidades analisadas.*

<b>Densidade de partícula (Dp)</b>		
	<b>Campo Nativo</b>	<b>Campo de Soja</b>
Ponto 1	38,59±2,41 <sup>a,A</sup>	37,74±1,74 <sup>a,A</sup>
Ponto 2	36,72±2,87 <sup>a,A</sup>	34,55±2,49 <sup>a,A</sup>
Ponto 3	36,27±3,26 <sup>a,A</sup>	34,98±1,51 <sup>a,A</sup>

*Fonte: Autores (2022).*

Os valores apresentam-se como média ± desvio-padrão. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Através dos valores médios expressos na tabela 4 pode-se perceber que as diferentes camadas de amostragem não influenciaram os resultados da análise, já que tanto para o campo nativo como para a área com plantio de soja, não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) quando se levou em consideração as três camadas analisadas (ponto 1, ponto 2 e ponto 3), o que já esperava-se, visto que a porosidade é fortemente influenciada pela densidade do solo, e neste parâmetro a grande maioria dos resultados, que levaram em consideração a diferença de amostragem em um mesmo solo, não diferiram estatisticamente entre si (item 6.1). Resultados semelhantes foram encontrados por Wendling et al., (2012) quando analisaram a porosidade do solo em plantio direto em duas profundidades diferentes (0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m) e por Pignataro Netto et al., (2009) quando estudaram pastagens sobre diferentes históricos de uso, também não observaram diferenças nos valores de porosidade total quanto à profundidade de amostragem.

Apesar de não apresentar diferença estatística frente ao teste de Tukey, a área utilizada para plantio de soja mostrou valores médios menores de porosidade total quando comparado ao campo nativo nas três camadas estudadas, sendo a camada de 0,25 a 0,35 m (ponto 2) a que apresentou menor valor. Tal resultado pode evidenciar o fenômeno conhecido como “pé de arado” ou “pé de grade”, relacionado a formação de compactação subsuperficial do solo logo abaixo da camada revolvida do solo pelos implementos, associado a utilização de maquinário agrícola por diversos anos consecutivos para o preparo do solo (LANÇAS, 2002). De acordo com Andreolla (2010), para um mesmo solo, quanto maior for a sua densidade, maior será a resistência à penetração e menor será a porosidade, o que confirma o resultado encontrado já que na análise de densidade do solo (Ds) o campo com plantio de soja apresentou maiores valores.

De acordo com Pauletto et al., (2005) e Camargo e Alleoni (1997), um solo ideal deve apresentar 50% de volume de poros totais que, na capacidade de campo, teria 33,5% ocupado pela água e 16,5% ocupado pelo ar. Logo, de uma maneira geral, pode-se afirmar que para todos os tratamentos, foram encontrados baixos valores de porosidade total quando comparado aos valores ideais citados na literatura (Tabela 4), ou seja, valores abaixo de 40%.

### 3.4. Condutividade hidráulica (K)

De acordo com Carvalho (2002), a condutividade hidráulica do solo é um parâmetro que traduz a facilidade com que a água se movimenta ao longo do perfil do solo e sua determinação, principalmente no campo, torna-se imprescindível, visto que o movimento da água no solo está diretamente relacionado à produção das culturas agrícolas. Os resultados encontrados para condutividade hidráulica (K) estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios de condutividade hidráulica (K), encontrados para o campo Nativo e para o campo utilizado para plantio de soja.

Condutividade hidráulica (K)	
Campo Nativo	$-4,0 \times 10^{-4} \pm 0,0000187^a$
Campo de Soja	$-3,7 \times 10^{-4} \pm 0,0000345^a$

Fonte: Autores (2022).

Os valores apresentam-se como média  $\pm$  desvio-padrão. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Pode-se perceber através dos resultados expostos na Tabela 5 que, tanto para o campo nativo (pecuária) como para a área utilizada para plantio de soja, os resultados da análise de condutividade hidráulica originaram valores negativos. Estudos desenvolvidos por Sousa e Celligoi (2011) apresentaram resultados semelhantes ao avaliarem a condutividade hidráulica em área agrícola e florestada na cidade de Londrina – PR utilizando o permeâmetro de Guelph e a técnica de duas alturas de carga, mesmo método utilizado neste trabalho.

Estudos desenvolvidos por Reynolds et al., (1985) justificam a ocorrência de resultados negativos na determinação da condutividade hidráulica através da técnica de duas alturas de carga pelos seguintes fatores: presença de ar preso no solo, erros de medição das vazões devido a presença de bolhas de ar, pequena variação espacial em escala das propriedades hidráulicas do solo ou devido à perturbação das características do solo, ocasionando condições de medição diferentes.

Apesar dos resultados apresentarem-se negativos, pode-se perceber que não houve diferença significativa entre os valores encontrados para os dois usos do solo analisados, o que já era esperado, uma vez que, segundo Mesquita e Moraes (2004), a condutividade hidráulica é fortemente dependente de atributos como porosidade total, tamanho e distribuição das partículas do solo. Vale ressaltar que neste estudo em questão, o parâmetro porosidade não apresentou resultados que diferissem estatisticamente quando comparado os diferentes usos dos solos (item 6.3).

A condutividade hidráulica do solo (K) é uma propriedade que expressa a facilidade com que a água nele se movimenta, sendo importante sua determinação para o manejo do solo, para a produção das culturas e para a preservação do solo e do ambiente (GONÇALVES; LIBARDI, 2013).

#### 4. Considerações finais

A área utilizada para o plantio de soja apresentou maiores valores de densidade do solo (Ds) quando comparado ao campo nativo, utilizado para pecuária. Para área com plantio de soja a diferença de profundidade na amostragem não influenciou a densidade, e para o campo nativo somente a camada mais superficial (0,10 a 0,25 m) apresentou menor valor.

Com relação à densidade de partículas, tanto os dois solos analisados como as diferentes camadas amostradas não influenciaram significativamente este parâmetro. Apesar de não apresentarem diferença estatística, o campo nativo apresentou menor valor na camada mais superficial (0,10 a 0,25 m) enquanto o campo com soja obteve na camada intermediária (0,25 a 0,35 m) o maior resultado.

Levando em consideração a porosidade total, todos os tratamentos apresentaram baixos valores quando comparados a valores mencionados na literatura para solos ideais. Os diferentes tipos de solo avaliados, bem como as diferentes camadas analisadas não mostraram diferença estatística frente a este parâmetro, apesar disso, o campo com soja apresentou menor resultado na camada de 0,25 a 0,35 m (Ponto 2).

A condutividade hidráulica (K), que representa o nível de permeabilidade do solo, também não foi diferente para o campo nativo e para o campo com soja, os quais apresentaram resultados negativos para esse fator, mostrando que a técnica utilizada não foi compatível para esta determinação.

De acordo com os resultados encontrados, é possível afirmar que os dois diferentes usos do solo (campo nativo e área com plantio de soja) analisados comportaram-se de forma similar com relação aos parâmetros avaliados, sendo para a determinação da condutividade hidráulica, necessário à utilização de outras técnicas que possivelmente respondam melhor à determinação. Logo, o trabalho desenvolvido poderá contribuir para a elaboração e execução de outras pesquisas acadêmicas que visem a avaliação do solo frente a diferentes usos.

---

## Referências

- AGUIAR, Adriana Briggs. *O emprego do permeâmetro de guelph na determinação da permeabilidade do solo, de camadas de lixo e sua cobertura*. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.
- AGUIAR, Maria Ivanilda. *Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais*. 2008. 79p. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- ANDREOLLA, Veruschka Rocha Medeiros. *Integração lavoura-pecuária: atributos físicos do solo e produtividade das culturas do feijão e milho*. 2010. 120p. TESE (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, 2010.
- ARCOVERDE, Sálvio Napoleão de Soares. *Qualidade de solos sob diferentes usos agrícolas na região do entorno do lago de Sobradinho – BA*. 2013. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2013.
- AZEVEDO, Antônio Carlos. De; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz. *Solos e ambiente: uma introdução*. Santa Maria: Editora Palotti, 100 p. 2004.
- BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 6, p.192-193, março 2009.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. São Paulo: Divisão de biblioteca e documentação - ESALQ/USP. 132 p. 1997.
- CARVALHO, Laercio Alves. *Condutividade hidráulica do solo no campo: As simplificações do método do perfil instantâneo*. 2002. 86p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Agronomia) – Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, 2002.
- CARVALHO, Rodrigo; GOEDERT, Wenceslau; ARMANDO, Marcio Silveira. Notas Científicas Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília*, v.39, n.11, p.1153-1155, nov. 2004.
- CELLIGOI, André. et al. Utilização do permeâmetro Guelph na determinação da condutividade hidráulica da zona não-saturada do aquífero freático nas imediações do lixão de Londrina – Pr. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de águas subterrâneas*, 2006.
- COLLARES, Gilberto Loguércio et al. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.41, n.11, p.1663-1674, nov. 2006.
- DE OLIVEIRA SILVA, Michelangelo et al. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos ( Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. edição. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.
- GONÇALVES, Adriano Dicesar Martins de Araújo; LIBARDI, Paulo Leonel. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 1174-1184, 2013.
- GUBIANI, Paulo Ivonir; REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo: exatidão, precisão e tempo de processamento. *Ciência Rural*, v. 36, p. 664-668, 2006.
- GURGEL, Antonio Leandro Chaves et al. Compactação do solo: Efeitos na nutrição mineral e produtividade de plantas forrageiras. *Revista Científica Rural*, v. 22, n. 1, p. 13-29, 2020.
- KIEHL, E.J. *Manual de edafologia: Relações solo-planta*. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

- 
- KUNZ, Marcelo. et al. Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo argiloso com semeadura direta e escarificação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.1699-1708, 2013.
- LANÇAS, K.P. *Subsolagem ou escarificação*. Revista Cultivar Máquinas. Setembro-Outubro, 2002, p. 34-37.
- LANZANOVA, Mastrângello Enívar et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 31, p. 1131-1140, 2007.
- LOPES, Alfredo Scheide; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. *Fertilidade do solo*, p. 2-64, 2007.
- LORENZO, Mariana. *PEDOLOGIA – Morfologia: Densidade do Solo*. Disponível em: <<https://marianaplorenzo.com/2010/10/18/pedologia-morfologia-densidade-do-solo>>. Acesso em 23 mai. 2016.
- MARCHÃO, R. L. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.42, n.6, p.873-882, jun. 2007
- MELLO, N. A. Degradação física dos solos sob integração lavoura pecuária. In: ENCONTRO DE INTEGRACAO LAVOURA PECUARIA NO SUL DO BRASIL, 2002, Pato Branco. Anais. Pato Branco: CEFET – PR, p.43-60, 2002.
- MESQUITA, M. G. B. F; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. *Revista Ciência Rural*, v.34, n.3, p. 963-969, 2004.
- PAULETTO, Eloy A. et al. Avaliação da densidade e da porosidade de um gleissolo submetido a diferentes sistemas de cultivo e diferentes culturas. *Revista Brasileira de Agrociências*. V.11, n.2, p. 207-210, 2005.
- PEQUENO, Petrus Luiz de Luna, et al. Avaliação da densidade do solo em áreas com cafeeiro robusta arborizado em Rondônia. *Anais. XXXIII congresso brasileiro de ciência do solo*, 2011.
- PIGNATARO, Netto, et al. Atributos físicos e químicos de um latossolo Vermelho- amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 3, p. 1441-1448, 2009.
- REICHERT, José Miguel; REINERT, José Dalvan. *Manual das propriedades físicas do solo*. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, maio 2006.
- REYNOLDS, W. D. et al. The constand head well permeameter: effects of unsaturated flow. *Soil Science*, v.139, n.2, p.172-180, 1985.
- ROSSATO, Maíra Suertegaray. Os climas do Rio Grande do Sul: uma proposta de classificação climática. *Revista Entre-Lugar*, v. 11, n. 22, p. 57-85, 2020.
- SANTANA, Derli Prudente; BAHIA FILHO, Antonio. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16. 1998, Montpellier. Anais. Montpellier: ISSS, 1998. CD-ROM.
- SCHERER, Vinícius Saldanha, et al. Densidade de partículas de sedimentos depositados no arroio pelotas e relação com textura e mineralogia. *Anais. XXI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas*. 2013.
- SERON, Cássio de Castro et al. Densidade e porosidade do solo em área de implantação do sistema integração lavoura-pecuária. *Anais do VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar*, UNICESUMAR – Centro Universitário Cesumar Editora CESUMAR Maringá – Paraná – Brasil, 2013.
- SILVA, D. I. *Influência de forrageiras e leguminosas na densidade e porosidade do solo na região de Rolim De Moura – RO*. Rolim de Moura, 2008. 35 p. Trabalho de Conclusão do Curso de Agronomia – Departamento de Agronomia. Unir - Campus de Rolim de Moura, 2008.

---

SOUSA, Rodrigo Vitor Barbosa; CELLIGOI, André. Avaliação da condutividade hidráulica do solo em área agrícola e florestada na cidade de Londrina (pr) através do permeâmetro Guelph. *Boletim de geografia*, Maringá, v.29, n.2, p. 123-133, 2011.

WENDLING, Beno. et al. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Journal Biosci.* V.28, n.1, p.256-265, 2012.

WREGE, Marcos Silveira et al. *Atlas climático da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 333 p.