

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

RANDOLFO DA ROZA PEREIRA FILHO

**DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM
FUNÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO EM CAÇAPAVA DO SUL - RS**

**Caçapava do Sul
2016**

RANDOLFO DA ROZA PEREIRA FILHO

**DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM
FUNÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO EM CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich

**Caçapava do Sul
2016**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

P436d Pereira Filho, Randolpho
Determinação das Propriedades Físicas do Solo em Função do
uso e Ocupação em Caçapava do Sul / Randolpho Pereira Filho.
43 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2016.
"Orientação: Pedro Kemerich".

1. análises física de solo. I. Título.

RANDOLFO DA ROZA PEREIRA FILHO

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

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Trabalho defendido e aprovado em 13 de dezembro de 2016.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich
Orientador
Unipampa

Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin
Unipampa

Prof. Dr. Vicente Guilherme Lopes
Unipampa

Dedico este trabalho ao meu pai Randolfo da
Roza Pereira (*In memoriam*) e meu tio
Ruben Reni da Roza Pereira – Bibi (*In
memoriam*), grandes guerreiros que sempre
estiveram ao meu lado e com certeza
continuam me guiando até agora.

AGRADECIMENTOS

Á Deus, por estar sempre comigo, me iluminando e me dando o dom da sabedoria na hora de tomar decisões.

Á minha esposa, Katira, que traz em seu ventre a prova mais bonita do nosso amor, agradeço por estar ao meu lado nessa caminhada sem medir esforços, agradeço pela compreensão, carinho, paciência e por me incentivar a seguir em frente quando penso em desistir.

Á minha mãe Cleuza, meu pai Randolpho (*In memoriam*) e meu tio Bibi (*In memoriam*), que sempre estiveram ao meu lado me mostrando o caminho a seguir, agradeço pelo apoio e incentivo, agradeço pelos esforços que fizeram e a grande parcela que tiveram para que eu me tornasse um homem de caráter e bons princípios.

Ao meu orientador Professor Dr Pedro Daniel da Cunha Kemerich, pela orientação, dedicação, paciência e principalmente pela confiança e disponibilidade durante todo o processo. Aos professores Drs Rafael Matias Feltrin e Vicente Guilherme Lopes, agradeço pela valiosa atenção e disponibilidade, com certeza suas contribuições e sugestões enriqueceram de forma grandiosa este trabalho.

Aos funcionários Guilherme e Nair, os quais desempenharam suas funções da melhor forma possível, me auxiliando sempre que precisei, mais do que profissionais, foram amigos.

Aos amigos e colegas de todas as horas, agradeço por todos os momentos em que deixaram suas coisas de lado para me auxiliarem, por todos os conselhos e opiniões que foram de grande valia para a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos aqueles que me auxiliaram e que de uma forma ou de outra contribuíram para este trabalho. Agradeço ao incentivo, ao auxílio didático, a paciência, a palavra amiga e as críticas que me ajudaram a crescer, a todos o meu muito obrigado!

RESUMO

O solo deve apresentar condições físicas adequadas para favorecer o desenvolvimento das plantas. Atualmente, a preocupação com a qualidade do solo tem aumentado de forma expressiva, visto que seu uso e mobilização intensa pode resultar na redução de sua capacidade em manter uma produção significativa. Sistemas de manejo que propiciem a retirada da vegetação, exposição do solo, uso de fertilizantes e defensivos, tráfego de máquinas e pisoteio animal alteram a estrutura do solo e são muito citados como causas da diminuição da qualidade física. Este estudo teve como objetivo determinar a qualidade do solo no município de Caçapava do Sul a partir da caracterização de atributos físicos, realizando uma análise comparativa do mesmo sob diferentes usos, sendo eles: cultura de soja e pecuária (campo nativo). Os atributos físicos determinados foram densidade do solo (D_s), densidade de partícula (D_p), porosidade total e condutividade hidráulica (k). As análises foram realizadas em quatro repetições, sendo estas conduzidas em quadriplicata, os resultados foram analisados através do programa Statistica versão 7.0. A área utilizada para o plantio de soja apresentou maiores valores de densidade do solo, com relação a densidade de partículas o campo nativo apresentou menor valor na camada mais superficial, já o campo com soja apresentou menor resultado de porosidade na camada de 0,25 a 0,35m, apesar de não apresentar diferença estatística. Com relação à condutividade hidráulica (K) todos os tratamentos apresentaram resultados negativos. Os resultados encontrados neste estudo permitem afirmar que os dois tipos de solo analisados comportaram-se de forma similar com relação aos parâmetros avaliados.

Palavras-chaves: Densidade do solo, Manejo do solo, Porosidade do solo.

ABSTRACT

The soil must have adequate physical conditions to favor the development of the plants. Concern about soil quality has increased significantly since its use and intense mobilization may result in a reduction in its capacity to maintain a significant production. Management systems that favor vegetation removal, soil exposure, fertilizer and pesticide use, machine traffic and animal trampling alter soil structure and are often cited as causes of physical quality decrease. The objective of this study was to determine the soil quality in the city of Caçapava do Sul, based on the characterization of physical attributes, making a comparative analysis of the same under different uses, such as: soybean and livestock culture (native field). The physical attributes determined were soil density (Ds), particle density (Dp), total porosity and hydraulic conductivity (k). The analyzes were carried out in four replicates, which were conducted in quadruplicate, the results were analyzed through the program Statistica version 7.0. The area used for soybean planting had higher values of soil density, in relation to the density of particles, the native field presented lower value in the more superficial layer, while the field with soybean showed lower result of porosity in the layer of 0.25 a 0.35m, although it did not present statistical difference. Regarding hydraulic conductivity (K), all treatments presented negative results. The results found in this study allow to affirm that the two types of soil analyzed behaved in a similar way in relation to the evaluated parameters.

Key-words: Soil Density, Soil Management, Soil Porosity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Demonstração da análise de densidade (anel volumétrico).....	19
Figura 2: Representação de solo arenoso e argiloso quanto a porosidade	21
Figura 3: Esquema de funcionamento do permeâmetro de Guelph.	23
Figura 4: Esquema de localização incluindo mapas das áreas de estudo (repetições realizadas no campo nativo e campo com soja e suas respectivas coordenadas)	26
Figura 5: 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.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas principais relações com a qualidade do solo.	16
Tabela 2: Variação de Densidades de Partículas encontradas para diferentes solos (considerando Horizontes A e B).	20
Tabela 3: Valores médios de densidade de partícula (D_p), expressos em g/cm^3 , encontrados para o campo Nativo e para o campo utilizado para plantio de soja, para as três profundidades analisadas.	32
Tabela 4: 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.	34
Tabela 5: Valores médios de condutividade hidráulica (K), encontrados para o campo Nativo e para o campo utilizado para plantio de soja.	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	JUSTIFICATIVA.....	14
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1	Qualidade do solo.....	15
4.1.1	Indicadores da qualidade física do Solo	17
4.2	Influencia de diferentes sistemas de uso e manejo na qualidade do solo	23
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
5.1	Localização e descrição das áreas de estudo	25
5.2	Amostragem do solo.....	27
5.3	Determinação dos atributos físicos.....	27
5.3.1	Densidade do Solo (Ds) e Densidade de partícula (Dp)	27
5.3.2	Porosidade total (Pt)	27
5.3.3	Condutividade hidráulica (K).....	28
5.4	Análises estatísticas	29
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
6.1	Densidade do solo	30
6.2	Densidade de partículas (Dp)	32
6.3	Porosidade total.....	33
6.4	Condutividade hidráulica (K).....	35
7	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

As plantas necessitam de condições físicas adequadas do solo para o seu desenvolvimento, estas características estão ligadas aos fluxos de água, calor e gases, que por sua vez influenciam diretamente o crescimento e produtividade dos cultivos. Atualmente, a preocupação com a qualidade do solo tem aumentado de forma expressiva, visto que seu uso e mobilização intensa pode resultar na redução de sua capacidade em manter uma produção significativa (COLLARES et al., 2006; CARVALHO et al., 2004).

A qualidade do solo faz referência a capacidade do mesmo de atuar dentro das fronteiras de um ecossistema, amparando o rendimento biológico, sustentando a qualidade do ambiente e conduzindo o bem-estar de plantas e animais. Essa característica pode ser verificada através do monitoramento de características físicas, químicas e biológicas. 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, estes são utilizados pela 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 pode ser indicado por baixa porosidade, maior resistência à penetração de raízes e redução na capacidade de retenção de umidade, o que influencia de forma direta processos fundamentais para que o solo exerça de forma correta suas funções (AGUIAR, 2008).

A implementação de sistemas agrícolas acarreta alterações nas propriedades físicas do solo reduzindo a qualidade do mesmo, por 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. 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 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 Caçapava do Sul.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Esta pesquisa teve como objetivo geral determinar as propriedades físicas do solo em função de diferentes tipos de uso e ocupação (pecuária e plantio de soja) em Caçapava do Sul.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- Determinar a densidade do solo (D_s) e a densidade de partículas (D_p), bem como a porosidade do solo (P_s) utilizado para o plantio de soja e campo nativo;
- Determinar a condutividade hidráulica (K) no solo para os diferentes usos;
- Realizar uma análise comparativa da qualidade do solo através da avaliação dos atributos físicos encontrados nos diferentes sistemas.

3 JUSTIFICATIVA

O uso contínuo do solo seguido de práticas de manejo inadequadas, tanto para o cultivo de lavouras como para a elaboração de pastagens, contribui de forma significativa para a escassez de terras férteis, visto que as práticas agrícolas são responsáveis em grande parte pela perda de solo e baixa produtividade das culturas. De forma inquestionável o solo é considerado um recurso natural precioso, já que por meio dele se faz possível a produção de alimentos para suprir as necessidades da população mundial, logo sua escassez gera desafios não só para a saúde humana, mas também para a manutenção do ecossistema.

Desta forma, a avaliação da qualidade física do solo se torna imprescindível, visto que uma correta utilização dos parâmetros associados, juntamente com outras informações, possibilita o auxílio ao produtor rural, melhorando a produtividade e a lucratividade da exploração agrícola.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Qualidade do solo

Atualmente o que se entende sobre qualidade do solo engloba o equilíbrio entre vários fatores, entre eles podem ser citados os físicos, químicos, geológicos e biológicos. Pode-se dizer que as características que se referem ao estado do solo estão ligadas a funcionalidade do mesmo dentro dos ecossistemas naturais ou manejados. O solo desempenha algumas funções substanciais, estas estão diretamente relacionadas com a capacidade de sustentar a atividade biológica, bem como promover o crescimento e manutenção das plantas e manter a qualidade ambiental (AGUIAR, 2008; ZILLI, et al., 2003).

Entretanto, devido ao crescimento populacional e a crescente demanda de alimentos no mundo, a utilização de métodos não sustentáveis como manejo intensivo do solo, monocultura e uso frequente de pesticidas e fertilizantes pode ocasionar perda de matéria orgânica, erosão, assim como a contaminação de águas subterrâneas, contribuindo para a considerável diminuição da qualidade do solo, podendo em alguns casos não haver reversão (COSTA, 2003; NUNES, 2003; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). A qualidade do solo pode ser avaliada através de indicadores que demonstram o nível, status ou condição do ecossistema. Os indicadores de qualidade podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos (Tabela 1). O modo como se apresentam esses atributos propicia ou não condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e manutenção da diversidade de organismos que habitam o solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Tabela 1: Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas principais relações com a qualidade do solo.

Indicadores	Relação com a qualidade do solo
Físicos	
Estrutura do Solo	Transporte de água e nutrientes
Infiltração e densidade do solo	Movimento de água e porosidade do solo
Retenção de Umidade	Armazenamento e disponibilidade de água
Químicos	
Ph	Ativ. Biológica e nutrientes disponíveis
Condutividade elétrica	Crescimento vegetal e atividade microbiana
Conteúdo de N, P, K	Disponibilidade de nutrientes para plantas
Biológicos	
Biomassa microbiana	Ativ. microbiana e reposição de nutrientes
Mineralização de nutrientes	Potencial de suprimento de nutrientes
Respiração do solo	Atividade microbiana
Fixação biológica de N ₂	Potencial de suprimento de N para plantas
Atividade enzimática do solo	Atividade microbiana e catalítica do solo

Fonte: ARAUJO & MONTEIRO, (2007), com modificações.

Os indicadores biológicos incluem medições de micro e macroorganismos, assim como suas atividades e subprodutos, por exemplo, taxas de respiração podem ser usadas para medir a atividade microbiológica, especialmente a decomposição de matéria orgânica no solo. Os estudos sobre bioindicadores mostram que os microrganismos do solo, por suas características tais como a abundância e atividade bioquímica e metabólica, além de proporcionar respostas mais rápidas a mudanças no ambiente, apresentam um alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo. Os indicadores químicos por sua vez, incluem medições de pH, salinidade, matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca de cátions e concentração de elementos que sejam contaminantes ou essenciais para a saúde e crescimento das plantas. As condições químicas do solo influenciam de forma direta entre outros fatores, a relação solo-planta, a qualidade da água, a capacidade tamponante, bem como a disponibilidade de nutrientes e água para que haja boas condições de cultivo. De forma geral esses indicadores agrupam-se em quatro classes, são elas: a) indicam processos de solo ou comportamento (pH, carbono orgânico); b)

capacidade do solo de resistir à troca de cátions (argila, CTC, CTA, óxidos de ferro e alumínio); c) indicam necessidade nutricionais das plantas (N, P, K Ca, Mg e elementos traços); d) indicam contaminação e poluição (metais pesados, nitrato, fosfato e agrotóxicos) (SANTANA; FILHO, 1999; EMBRAPA, 2006; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Os indicadores físicos são relacionados ao arranjo das partículas sólidas e dos poros, incluindo como alguns exemplos, densidade global, porosidade, estabilidade de agregados, textura, encrostamento e compactação. Estas características físicas refletem de modo primário limitações para desenvolvimento radicular, emergência de plântulas, infiltração ou movimento de água (SANTANA; FILHO, 1999). De acordo com Reichert, et al., (2003), a qualidade física do solo permite descrever características de infiltração, retenção e disponibilidade de água, como o solo corresponde ao manejo e se é resistente à degradação, se permite trocas de calor e gases e crescimento das raízes, logo, a consideração dos indicadores físicos se torna realmente importante na avaliação da qualidade do solo.

4.1.1 Indicadores da qualidade física do Solo

A qualidade do solo é estimada pela observação ou avaliação de diferentes propriedades ou processos. Nenhuma propriedade pode ser utilizada isoladamente como um índice de qualidade do solo. Os tipos de indicadores que são mais úteis dependem da função do solo para a qual está sendo avaliado, porém do ponto de vista das atividades agrícolas, os indicadores físicos assumem grande valor por apresentarem relações indispensáveis com os processos hidrológicos, como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Também apresentam função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo. Entre os principais indicadores físicos que podem ser citados, encontram-se a textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão da água e sistema de cultivo (SANTANA; FILHO, 1999; EMBRAPA, 2006).

Especificamente, a estrutura do solo não é um fator de crescimento das plantas ou indicativo direto da qualidade ambiental. Porém, está relacionada indiretamente com praticamente todos os fatores que agem sobre eles. Fatores como o suprimento de água, a aeração, a disponibilidade de nutrientes, a atividade microbiana, a penetração de raízes, a compactação, o encrostamento e a erosão são afetados pela estrutura dos solos, desta forma esta característica apresenta relativa importância. Esta pode ser avaliada de forma quantitativa por análises de fácil mensuração, com respostas rápidas e precisas, entre elas, podemos citar densidade do solo, estabilidade de agregados, porosidades, resistência à penetração, condutividade hidráulica e infiltração da água no solo, essa avaliação é bastante usada para medir-se a evolução ou comparar a estrutura de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo (CAMPOS et al., 1995; DORAN, 1997; REICHERT ; REINERT, 2006).

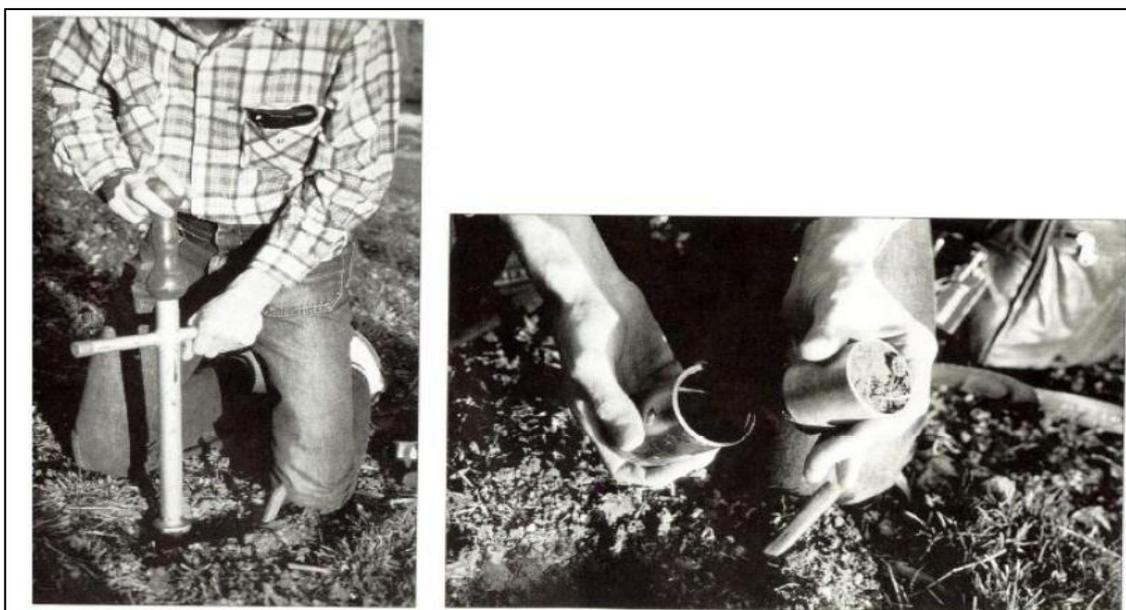
4.1.1.1 Densidade do Solo

A densidade é um importante atributo físico dos solos, também conhecida como densidade aparente, tem relação com a estrutura, uma vez que esta é função do arranjo e orientação das partículas do solo, assim como da quantidade e geometria dos espaços porosos. Altas densidades no solo prejudicam o desenvolvimento de plantas, contribuindo para o aumento da resistência mecânica à penetração de raízes, influenciando na movimentação da água, nutrientes e gases (SANCHEZ, 2012; AGUIAR, 2008).

A densidade demonstra a relação entre a massa de solo seco por unidade de volume do solo. O principal uso do fator densidade baseia-se na indicação do nível de compactação, assim como medir alterações da estrutura e porosidade do solo. A determinação da densidade é geralmente simples e baseia-se na coleta de uma amostra de solos de volume conhecido, incluindo coleta de solo em cilindros, anéis volumétricos, torrão ou feito diretamente no campo por escavação. Em todos necessita-se medir o volume da amostra e quantificar quanto de solo seco tem-se no volume coletado (Figura 1). A densidade do solo é dependente do espaço poroso, portanto, solos com maior porosidade têm menor densidade, e dessa maneira, todos os fatores que interferem no espaço poroso irão interferir na

densidade do solo. De maneira geral, pode-se afirmar que, quanto mais elevada for a densidade do solo, maior será sua compactação e a estrutura degradada, menor sua porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento do sistema radicular e desenvolvimento das plantas (REICHERT; REINERT, 2006; MACHADO; FAVARETTO, 2006; COOPER; MAZZA, 2016).

Figura 1: Demonstração da análise de densidade (anel volumétrico).



Fonte: COOPER; MAZZA, (2016).

4.1.1.2 Densidade de partículas

A densidade de partículas diz respeito apenas à fração sólida de uma determinada amostra (não incluindo a porosidade), desta forma, não varia com o manejo do solo. Em geral, pode-se entender como densidade das partículas a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume de sólido do solo, depende da composição química e composição mineralógica (REINERT; REICHERT, 2006; COOPER; MAZZA, 2016).

A densidade de partículas é uma propriedade que sofre influência da composição das partículas e não do seu tamanho, logo, em um solo onde há predominância de minerais pesados, a densidade de partículas também será alta.

Entretanto, quando analisarmos um solo onde há altos teores de matéria orgânica, a densidade de partículas será mais baixa, logo em horizontes superficiais a média encontrada é menor do que a média para horizontes subjacentes (LORENZO, 2010). A tabela a seguir mostra a variação das densidades de partículas (g/cm^3) para diferentes tipos de solo, considerando um horizonte superficial (A) e um subjacente (B), encontradas por KIEHL, (1979).

Tabela 2: Variação de Densidades de Partículas encontradas para diferentes solos (considerando Horizontes A e B).

Solos	Densidade de partículas	Densidade de partículas
	(g/cm^3) (Horizonte A)	(g/cm^3) (Horizonte B)
Argissolo	2,50 – 2,63	2,65 – 2,70
Nitossolo	2,76 – 2,98	2,82 – 2,98
Latossolo roxo	2,80 – 3,10	2,92 – 3,16
Latossolo vermelho amarelo escuro	2,50 – 2,70	2,50 – 2,70
Latossolo vermelho amarelo	2,49 – 2,59	2,64 – 2,70

Fonte: KIEHL, (1979) com modificações.

A escolha do método para se determinar a densidade de partículas, deve levar em consideração alguns fatores, como por exemplo, quantidade de amostra, equipamentos disponíveis, praticidade e exatidão dos resultados. Um dos métodos mais utilizados para a determinação desse fator baseia-se no deslocamento de um volume líquido ou ar por uma amostra de solo de massa conhecida (GUBIANI, et al., 2006).

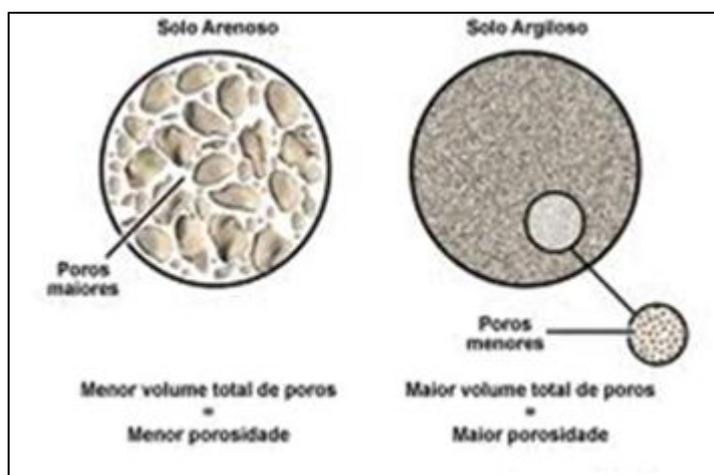
4.1.1.3 Porosidade

As partículas do solo se arranjam de modo a formar vários tipos de agregados, logo, formam a estrutura do solo, e este por sua vez apresenta porosidade. De acordo com AGUIAR, (2008), a porosidade do solo é reflexo direto da estrutura e textura do solo, sendo os poros determinados pelo arranjo e

geometria das partículas, diferindo quanto à forma, comprimento, largura e tortuosidade. SANCHEZ, (2012) descreve em seu estudo que a porosidade do solo diz respeito ao volume do solo que não é ocupado por sólidos, ou seja, todo o espaço ocupado por ar e água (espaço poroso), este volume dividido em macro e microporos. Os microporos após serem saturados em água apresentam capacidade de retê-la, já os macroporos não retêm a água ou são esvaziados em função da gravidade. A funcionalidade dos mesmos baseia-se na retenção e armazenamento de água pelos microporos enquanto a aeração e maior infiltração de água no solo deve-se aos macroporos (REINERT; REICHERT, 2006).

A porosidade está diretamente ligada à textura e estrutura dos solos. Características como capacidade de drenagem interna, retenção de água de um perfil e condições de aeração são influenciadas por esse fator. Solos mais arenosos, por apresentarem poros maiores, apresentam menor capacidade de retenção de água, solos mais argilosos, por apresentarem maior microporosidade, se mostram com maior capacidade de adsorção de água – água capilar (Figura 2) (LORENZO, 2010).

Figura 2: Representação de solo arenoso e argiloso quanto a porosidade



Fonte: (LORENZO, 2010).

A porosidade do solo se torna de extrema importância, visto que é responsável por muitos fenômenos além de desenvolver uma série de mecanismos no solo. Se analisada de forma conjunta à matriz do solo, obtém

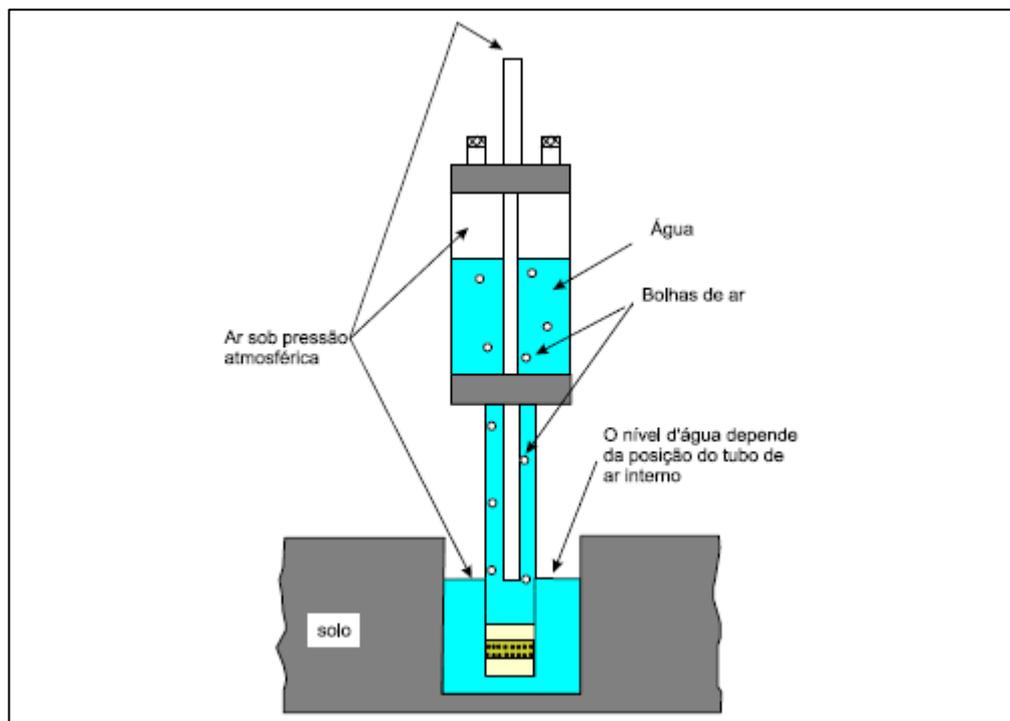
como respostas um grupo de outras propriedades físicas associadas às relações de massa e volume das fases do sistema solo (REINERT; REICHERT, 2006).

4.1.1.4 Condutividade hidráulica (K)

A condutividade hidráulica do solo (K) é uma propriedade que expressa a facilidade com que a água nele se movimenta, sendo de extrema importância ao uso agrícola e, conseqüentemente, à produção das culturas e à preservação do solo e do ambiente (GONÇALVES; LIBARDI, 2013). Entre os atributos que influenciam no processo de condutividade hidráulica, a textura é uma das características mais importantes, devido a sua grande correlação com outros atributos ou com fenômenos que ocorrem no solo. As taxas de infiltração da água no solo, a capacidade de retenção de água e de nutrientes, são amplamente influenciadas pela composição granulométrica dos solos (CARVALHO, 2002).

Por representar um parâmetro chave para o deslocamento da água no solo, existe uma grande variedade de métodos para a determinação da condutividade hidráulica, com diferentes níveis de precisão; alguns aplicáveis apenas em determinadas condições ou com certos objetivos, os quais, de modo geral, podem ser agrupados em métodos indiretos ou diretos. Os métodos indiretos relacionam a condutividade hidráulica com propriedades do solo (distribuição do tamanho dos poros, textura, porosidade drenável, densidade do solo, etc.), já nos métodos diretos, a K pode ser determinada em condições de laboratório e campo (MARQUES, et al., 2008). O permeâmetro de Guelph é muito utilizado nesta determinação, este instrumento permite a quantificação da condutividade hidráulica *in situ* através de carga constante dispensando métodos geofísicos tradicionais. A principal característica deste aparelho é que, diferentemente dos métodos empregados para achar a condutividade hidráulica (K), onde a carga da coluna d'água varia com o tempo, o permeâmetro Guelph trabalha com carga constante, a figura 3 mostra o esquema de funcionamento do equipamento (CELLIGOI, et al., 2006).

Figura 3: Esquema de funcionamento do permeâmetro de Guelph.



Fonte: (CELLIGOI, et al., 2006)

4.2 Influencia do tipo de uso do solo (pecuária e lavoura) na qualidade do solo

O uso racional do solo tem sido objeto de estudo e discussões em função da busca de alternativas tecnológicas que possibilitem o manejo correto e, conseqüentemente, uma agricultura sustentável. Dos componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais exerce influência nos atributos indicadores da qualidade física, pois atua diretamente na sua estrutura (STEFANOSKI, et al., 2013).

Atualmente, estima-se que entre 70 e 80% das pastagens cultivadas encontram-se em algum estágio de degradação. Nessas pastagens, devido ao manejo inadequado, observa-se redução na porosidade total das camadas superficiais do solo que afetam a reserva de água disponível, especialmente à medida que a microporosidade do solo se reduz (BALBINO et al., 2001). Nesse contexto, a compactação causada pelo pisoteio dos animais concorre para a

redução da produtividade e longevidade das pastagens. De acordo com IMHOFF, et al., (2000) a compactação ocorre pela redução de volume do solo quando uma pressão externa é aplicada, no caso das pastagens a alta pressão se dá pelo pisoteio de animais, contribuindo para o aumento da densidade e diminuição da porosidade do solo, criando ambiente desfavorável para o crescimento das plantas.

Durante o plantio de lavouras também podem ocorrer alterações na estrutura do solo que venham a diminuir a produtividade das culturas, por exemplo, a ausência de revolvimento do solo, associada à maior intensidade do uso da terra, expõe o solo a intenso tráfego de máquinas, contribuindo para alterar a qualidade estrutural do solo, acarretando o aumento da compactação em muitas áreas manejadas sob esse sistema. Já quando se utiliza o método de plantio direto, o solo é minimamente revolvido e o aporte de resíduos na superfície induz aumento da matéria orgânica a qual, associada a raízes em decomposição, proporciona recuperação da estrutura do solo e maior distribuição e continuidade dos poros, método positivo quando considera-se as alterações na qualidade física (COLLARES, et al., 2006). A adoção de sistemas de manejo de culturas e de pastagem que levem à um maior aporte de material orgânico ao solo e conseqüentemente a melhorias dos atributos do solo e ao maior estoque de carbono tornam-se fundamentais para sustentabilidade dos agrossistemas (COSTA, et al., 2016).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

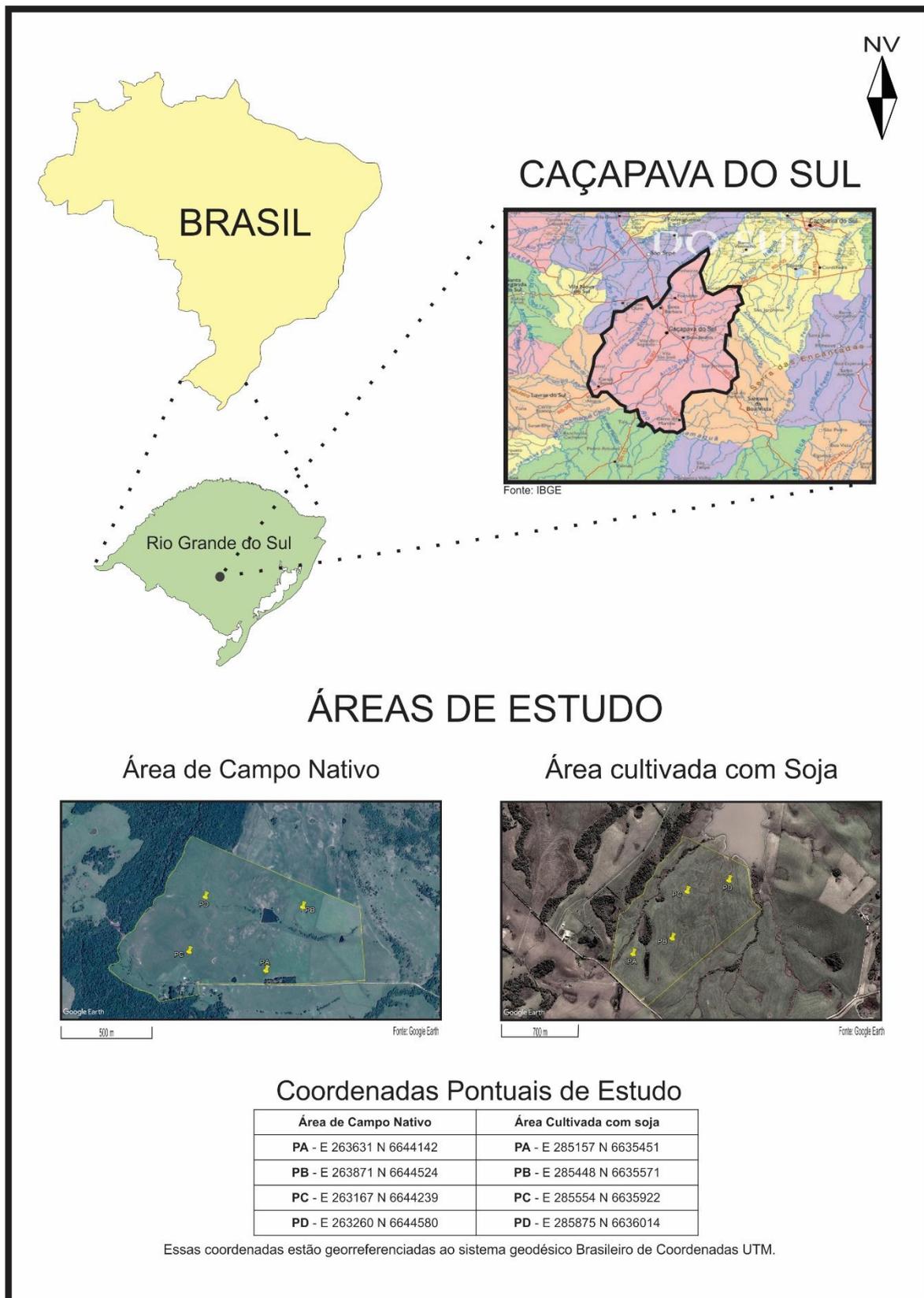
5.1 Localização e descrição das áreas de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em propriedades utilizadas para as finalidades de pecuária e agricultura , localizadas na área rural do município de Caçapava do Sul (Passo do Souza e Dorasnal, respectivamente), localizado no sudeste riograndense (Figura 4), as repetições realizadas em cada solo, bem como suas respectivas coordenadas também estão expressas na figura. temperatura média da região é de 17,5°C, a precipitação anual média é de 1538mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2016).

Na localidade de Passo do Souza foi desenvolvido estudo em uma área destinada à pecuária de gado de corte (campo nativo), a qual em toda a sua proporção mede aproximadamente 100 hectares. A lotação na época do experimento era de 80 animais com cria, esta área é somente destinada a pastagem há aproximadamente 30 anos.

A segunda localidade mencionada, Dorasnal corresponde a cultura de Soja (plantio de verão), área que durante o inverno corresponde ao plantio de azevém. Esta área é tratada visando a correção do solo com 3 toneladas de calcário por hectare.

Figura 4: Esquema de localização incluindo mapas das áreas de estudo (repetições realizadas no campo nativo e campo com soja e suas respectivas coordenadas)



Fonte: IBGE, (2016); Google earth, (2016) com adaptações.

5.2 Amostragem do solo

Para caracterização dos atributos físicos e consequente avaliação da qualidade do solo, foram coletadas amostras de solo em cada sistema (soja e pecuária). Em cada uma dessas áreas foram delimitadas de forma aleatória quatro subáreas (consideradas repetições) de aproximadamente 30m². Para as análises de densidade (Ds) e densidade de partículas (Dp) utilizou-se três diferentes profundidades, as quais foram denominadas pontos 1, 2 e 3 (0,15cm a 0,25cm; 0,25cm a 0,35cm e 0,35cm a 0,45cm, respectivamente), seguindo metodologia proposta por AGUIAR (2008) com modificações. Em seguida, as amostras foram destinadas as respectivas análises.

5.3 Determinação dos atributos físicos

5.3.1 Densidade do Solo (Ds) e Densidade de partícula (Dp)

Para a determinação da densidade do solo (Ds) foi utilizado o método do anel volumétrico, já para determinar a densidade de partícula (Dp) o método que foi utilizado usa 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, 1997).

5.3.2 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).

$$N(\%) = \frac{(D_r - D_{ap})}{D_r} (\times 100)$$

(1)

Onde:

N : Porosidade;

D_r : Densidade real;

D_{ap} : Densidade de partículas.

5.3.3 Condutividade hidráulica (K)

A determinação da condutividade hidráulica (K) contou com a utilização do permeâmetro de Guelph, utilizando-se duas cargas de pressão ($H_1=5\text{cm}$ e $H_2=10\text{cm}$), conforme descrito por AGUIAR, (2001). Os seguintes passos foram realizados: Fez-se o furo e mediu-se a profundidade atingida com auxílio de uma régua, sendo necessário nivelar a base e regularizar as paredes do furo. Montou-se o Permeâmetro de Guelph, ligando o tubo acrílico à garrafa de Mariotte através de mangueiras plásticas maleáveis. Colocou-se o Permeâmetro sobre o furo ajustando as pernas do tripé para que o aparelho ficasse nivelado. Colocou-se a solução dentro do tubo acrílico, deixando que a água enchesse completamente as mangueiras. Regulou-se o tubo de Mariotte, através da régua graduada para estabelecer a altura de pressão mantida no interior do furo. Começou-se a fazer as leituras em intervalos constantes de tempo, através da régua graduada do tubo de acrílico. Quando as diferenças das medidas entre as leituras tornaram-se constantes parou-se o ensaio.

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):

$$K = [(0,0041) (X) (R_2) - (0,0054) (X) (R_1)]$$

(2)

Onde:

K: Condutividade hidráulica (cm/s);

R_1 e R_2 : Taxas de infiltração estabilizadas correspondentes a H_1 (5cm) e H_2 (10cm) respectivamente, (cm/s);

X: constante correspondente a área do tubo utilizado (neste caso $35,36\text{cm}^2$).

5.4 Análises estatísticas

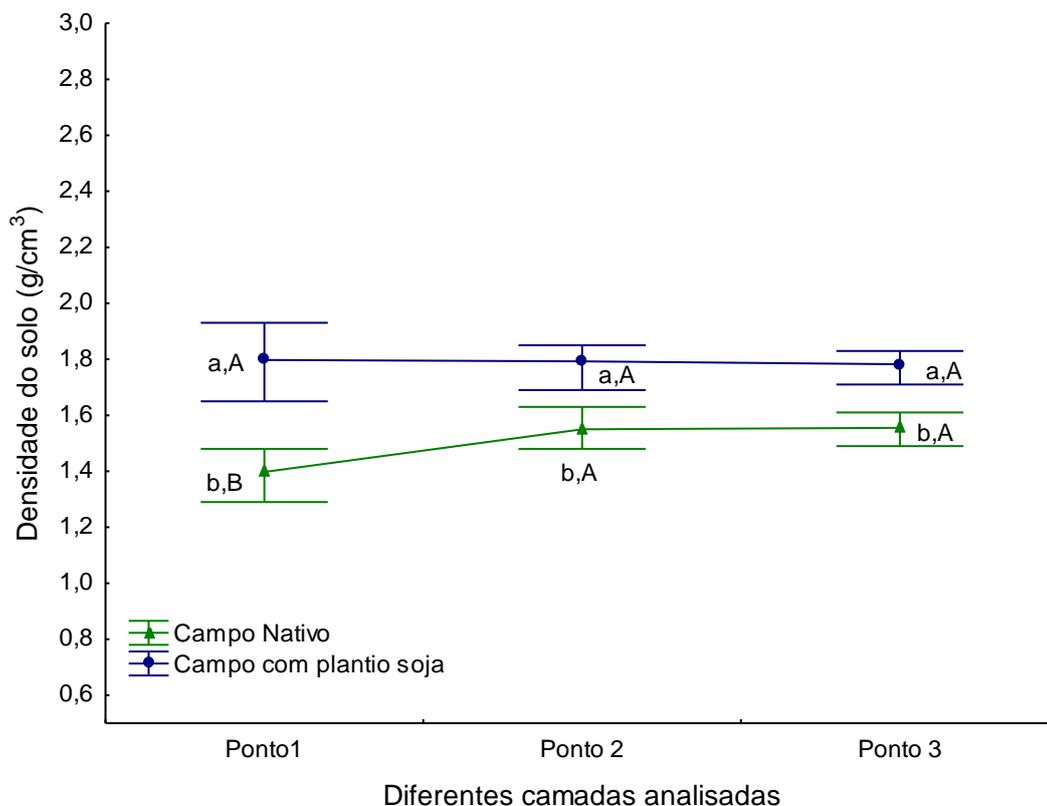
As análises foram realizadas em quatro repetições, sendo estas conduzidas em quadriplicata. Os resultados estão expressos como média \pm desvio-padrão e submetidos à análise de variância (ANOVA), as médias foram comparadas entre si através do teste de Tukey, considerando o nível de significância de 95%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

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 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, por conseguinte REINERT E REICHERT, (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 (D_s) encontrados neste estudo podem ser visualizados na figura 5, apresentada a seguir.

Figura 5: Valores médios de densidade do solo (D_s), expressos em g/cm^3 , encontrados para o campo Nativo e para a área utilizada para plantio de soja, considerando as três profundidades analisadas.



*Ponto 1 (0,15 a 0,25m); Ponto 2 (0,25 a 0,35m) e Ponto 3 (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 5 pode-se perceber que para as três profundidades analisadas, o campo utilizado 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 devido ao 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), a qual 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, o campo utilizado 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), a qual engloba a profundidade de 0,15 a 0,25m, apresentou resultado significativamente menor quando comparada as outras camadas analisadas, resultados semelhantes foram encontrados por Azevedo e Dalmolin (2004), onde encontraram valores de densidade do solo entre 0,95 e 1,80 g/cm^3 , ocorrendo incremento nesses resultados com o aumento da profundidade, segundo os autores, isso ocorre em função do peso dos 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, o que dificulta de forma significativa a absorção de água e nutrientes por parte das plantas.

6.2 Densidade de partículas (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. Os resultados de densidade de partículas encontrados neste estudo estão expostos na tabela 3.

Tabela 3: Valores médios de densidade de partícula (Dp), expressos em g/cm³, encontrados para o campo Nativo e para o campo utilizado para plantio de soja, para as três profundidades analisadas.

	Campo Nativo	Campo de Soja
Ponto 1	2,28±0,14 ^{a,A}	2,53±0,24 ^{a,A}
Ponto 2	2,45±0,01 ^{a,A}	2,60±0,24 ^{a,A}
Ponto 3	2,45±0,22 ^{a,A}	2,59±0,24 ^{a,A}

*Ponto 1 (0,15 a 0,25m); Ponto 2 (0,25 a 0,35m) e Ponto 3 (0,35 a 0,45m). 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). Este resultado já era esperado visto que a densidade de partículas consiste numa característica intrínseca do solo sendo praticamente inalterada pelas práticas de manejo.

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, a qual 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 ($2,20 < D_p < 2,70$) para o campo nativo e ortoclásio ($2,50 < D_p < 2,60$), haloisita ($2,55 < D_p < 2,56$) e microclina ($2,54 < D_p < 2,57$) para o campo com soja, desta forma pode-se induzir a presença destes minerais nos respectivos solos e talvez ainda corroborar a influencia destes sobre os resultados encontrados para este parâmetro. Segundo Gubiani, et al., (2005), a determinação da densidade de partículas do solo (D_p) 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.

6.3 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 4 expõe os valores médios de porosidade total encontrados neste estudo para os dois tipos de solo analisados.

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 o campo 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 0,10m e 0,10 a 0,20m) 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.

Tabela 4: 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.

	Campo Nativo	Campo de Soja
Ponto 1	38,59±2,41 ^{a,A}	37,74±1,74 ^{a,A}
Ponto 2	36,72±2,87 ^{a,A}	34,55±2,49 ^{a,A}
Ponto 3	36,27±3,26 ^{a,A}	34,98±1,51 ^{a,A}

*Ponto 1 (0,15 a 0,25m); Ponto 2 (0,25 a 0,35m) e Ponto 3 (0,35 a 0,45m). 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).

Apesar de não apresentar diferença estatística frente ao teste de tukey, o campo utilizado para plantio de soja mostrou valores médios menores quando comparado ao campo nativo nas três camadas estudadas, sendo a camada de 0,25 a 0,35m (ponto 2) a que apresentou menor valor. 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 (Tabela 4), ou seja, valores abaixo de 40%.

6.4 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 relacionada à produção de culturas agrícolas. Os resultados encontrados para condutividade hidráulica (K) estão expostos na Tabela 5.

Tabela 5: 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 Soja	$-3,7 \times 10^{-4} \pm 0,0000345^a$

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 o campo utilizado 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 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 podemos perceber que não houve diferença significativa entre os valores encontrados para os dois tipos de solo analisados, o que já era esperado visto que de acordo com MESQUITA e MORAES, (2004) a condutividade hidráulica é fortemente dependente de atributos como porosidade total, tamanho e distribuição das partículas do solo, lembrando que neste trabalho o parâmetro porosidade não apresentou resultados que diferissem estatisticamente quando comparado os diferentes tipos de solos (item 6.3).

De acordo com GOLÇALVES e LIBARDI, (2013) 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.

7 CONCLUSÃO

A área utilizada para o plantio de soja apresentou maiores valores de densidade do solo (D_s) quando comparado ao campo nativo, utilizado para pecuária. Para o campo com soja a diferença de profundidade na amostragem não influenciou a densidade, para o campo nativo somente a camada mais superficial (0,10 a 0,25m) 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 0,25m) enquanto o campo com soja obteve na camada intermediária (0,25 a 0,35m) 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 0,35m (ponto 2).

A condutividade hidráulica (K), a qual 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 soja) avaliados 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 BIBLIOGRÁFICAS

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.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Jornal Biosci**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul. /Set 2007.

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.

BALBINO, L.C. et al. Comportamento da fase de argila durante a dessecação em Latossolos do Brasil: o papel da microestrutura e matéria orgânica. **Anais da academia de Ciências**, v.332, 2001, p.673–680.

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.

CAMPOS, B.C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.121-126, 1995.

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.

CLIMATE-DATA.ORG. **O clima em Caçapava do Sul**. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/43790/>>. Acesso em 10 maio 2016.

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

COOPER, Miguel; MAZZA, Jairo Antônio. **Densidade do solo e densidade de partículas**. Disponível em:<<https://disciplinas.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=192300>>. Acesso em 10 maio 2016.

COSTA, Adriana Monteiro; GONTIJO NETO, Miguel Marques; ALVARENGA, Ramon Costa. **Influência dos sistemas de integração lavoura-pecuária na sustentabilidade de solos do cerrado**. Disponível em: <ramon@cnpmc.embrapa.br
http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39804/1/Influencia_sistemas.pdf> Acesso em 10 jun. 2016.

COSTA, F.S. et al. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 527-535, 2003.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Palestras, Rio de Janeiro: SBCS, 1997. (CD-ROM).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. 212p. 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa (Jaguariúna). Marco Antonio Ferreira Gomes e Heloisa Ferreira Filizola. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**, 2006.

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 et al. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo – exatidão, precisão e tempo de processamento. **Revista Ciência Rural**, v.36, n.2, p. 664-668, 2006.

IBGE, Rio Grande do Sul – Caçapava do Sul. Disponível em <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=430280>. Acesso em 08 de julho de 2016.

IMHOFF, Silvia; SILVA, Álvaro Pires; TORMENA, Cassio Antonio. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1493–1500, 2000.

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.

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.

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.

MACHADO, A. de M. M.; FAVARETTO, N. Atributos físicos do solo relacionados ao manejo e conservação dos solos. **Curitiba: UFPR/ Setor de Ciências Agrárias**,. p. 234-254, 2006.

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

MARQUES, Dalmo de Oliveira. et al. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturada utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência com diferentes coberturas vegetais no Baixo Amazonas. **Revista ACTA AMAZONICA**, v. 38, n.2, p. 193-206, 2008.

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.

NUNES, LUÍS ALFREDO PINHEIRO LEAL. **Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no Município de Viçosa-MG**. 2003. 102p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

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. et al. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Palestras. Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 29. (CD-ROM).

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 constant head well permeameter: effects of unsaturated flow. **Soil Science**, v.139, n.2, p.172-180, 1985.

SANCHEZ, Emmanuel. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. 2012. 48p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2012.

SANTANA, Derli Prudente; BAHIA FILHO, Antônio. Indicadores de qualidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto. **Anais...** 1999, p. 27.

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 CÉSUMAR 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.

STEFANOSKI, Diane et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.12, p.1301–1309, 2013.

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.

ZILLI, Jerri Édson et al. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, set./dez.2003.