



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

PHYSICAL QUALITY OF AN OXISOL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT

¹Carolina S B Bonini, ¹Pamela G. Nakada-Freitas, ¹Vitor C M Barretto, ¹Amanda R A Souza, ¹Reges Heinrichs, ¹Paulo Renato M Lopes, ¹Ronaldo S Viana, ¹Evandro P Prado, ¹Gabriela L Oliverio, ²Alfredo Bonini Neto and ²Fernando F Putti

¹College of Agricultural and Technological Sciences, São Paulo State University (UNESP), Dracena, SP, Brazil
²School of Science and Engineering, São Paulo State University (UNESP), Tupã, SP, Brazil

ARTICLE INFO

Article History:

Received 08th July, 2019
Received in revised form
26th August, 2019
Accepted 11th September, 2019
Published online 16th October, 2019

Key Words:

Soil bulk density; Soil water infiltration;
Anthropic intervention;
Soil physical properties;
Soil quality.

ABSTRACT

Soil management systems, when performed properly, give good quality. In this sense, the objective was to evaluate the physical properties of the soil and its inferences on the use and management of the soil in the Faculty of Agrarian and Technological Sciences of UNESP - Campus de Dracena / SP. The evaluated treatments were five areas: anthropic intervention, degraded pasture, no-till, reforestation and APP. Soil samples were collected in the depths: 0-0.10 and 0.10-0.20 m for distribution and stability of aggregates in water, infiltration, porosity, density, resistance to soil penetration and gravimetric moisture. The attributes studied presented similar behaviors for all treatments, and the APP area obtained better results when compared to the areas of anthropic intervention, besides evidencing that the density and infiltration of water in the soil, showed better performance when purchased to the others studied, when referring to soil quality.

Copyright © 2019, Carolina S B Bonini et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Carolina S B Bonini, Pamela G. Nakada-Freitas et al. 2019. "Physical quality of an oxisol under different management", *International Journal of Development Research*, 09, (10), 30175-30180.

INTRODUCTION

O conhecimento das modificações químicas e físicas do solo, fornece subsídios para a adoção de práticas de manejo que permitam incrementar um maior rendimento das culturas, garantindo a contínua sustentabilidade e conservação destes sistemas, evidenciando que os sistemas de manejo com um menor revolvimento, confere restrita mobilização da camada arável do solo, preservando as condições dos atributos de constituição, proporcionando uma produtividade satisfatória com viabilidade econômica durante os cultivos agrícolas (FREITAS et al., 2017). A qualidade estrutural do solo refere-se ao arranjo das partículas constituindo um ambiente dinâmico, cuja alteração determinará um novo comportamento dos processos que ocorrem no solo (FERREIRA, 2010). Na medida em que se intensifica o uso agrícola, os atributos físico-hídricos do solo sofrem alterações, que podem geralmente ser adversas ao crescimento vegetal, e tornam-se

mais nítidas quando os sistemas de uso são comparados com o estado do solo ainda sob vegetação natural (BRAIDA et al., 2010; BERTOL et al., 2004). Os solos agrícolas estão sujeitos a modificações físicas e químicas de acordo com o tipo de uso e sistemas de manejo adotados. Por outro lado, se a degradação do solo é revertida e a qualidade do solo é mantida ou melhorada, pela utilização de métodos de manejo adequados, desta forma a sustentabilidade agrícola pode ser uma realidade. Logo, entender e conhecer a qualidade do solo é imprescindível à adoção de estratégias para um manejo sustentável sem comprometer sua qualidade no futuro (STEFANOSKI et al., 2013). Um solo é considerado fisicamente ideal para o crescimento de plantas quando apresenta boa retenção de água, bom arejamento, bom suprimento de calor e pouca resistência ao crescimento radicular. Paralelamente, boa estabilidade dos agregados e boa infiltração de água no solo são condições físicas importantes para a qualidade ambiental dos ecossistemas (REICHERT & REICHERT, 2006). A estrutura do solo refere-se ao agrupamento, organização e distribuição das partículas em agregados em um determinado volume de solo. Considerando que o espaço poroso é de importância similar ao espaço sólido,

*Corresponding author: Carolina S B Bonini

College of Agricultural and Technological Sciences, São Paulo State University (UNESP), Dracena, SP, Brazil

a estrutura do solo pode ser definida também pelo arranjo de poros. Este atributo físico do solo está diretamente relacionado ao comportamento da biomassa vegetal, com interferência na determinação dos atributos químicos e biológicos. A estabilidade de agregados expressa a resistência à desagregação de partículas quando submetidos a forças externas, como a ação implementos agrícolas e impacto gota chuva, ou por ação de forças internas, como a compressão de ar, expansão/contração que tendem a rompê-los. Densidade do solo expressa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume do solo. O uso principal da densidade do solo e como indicador da compactação, assim como medir alterações da estrutura e porosidade do solo. Valores adequados para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 g cm⁻³, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 g cm⁻³. Este atributo físico está associada ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1,65 g cm⁻³ para solos arenosos e 1,45 g cm⁻³ para solos argilosos (REICHERT & REICHERT, 2006).

Porosidade do solo como o espaço do solo não ocupado por sólidos mas sim por água e ar compõem o espaço poroso, definido como sendo a proporção entre o volume de poros e o volume total de um solo. É inversamente proporcional à densidade e de grande importância direta para o crescimento de raízes e movimento de ar, água e solutos no solo. A textura e a estrutura dos solos explicam em grande parte o tipo, tamanho, quantidade e continuidade dos poros (DANTAS *et al.*, 2012). A microporosidade é uma classe de tamanho de poros que, após ser saturada em água, a retém contra a gravidade. Os macroporos, ao contrário, após serem saturados em água não a retém, ou são esvaziados pela ação da gravidade. A funcionalidade desses poros fica evidente quando se considera que os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água no solo (KIEHL, 1979). A resistência do solo tem estreita relação também com o estado de compactação do solo e é frequentemente usada para avaliar manejo de solos, visto que as raízes ao crescerem, o fazem em espaços já existentes no solo ou têm que vencer a resistência para abrir espaço ao seu crescimento. Quando a resistência do solo é maior que a pressão celular, as raízes crescem na direção de menor resistência e mudam sua distribuição, apresentando deformação do sistema radicular (REICHERT & REICHERT, 2006).

A textura e a estrutura do solo que definem a área superficial e a arquitetura do sistema poroso são os principais fatores associados ao armazenamento e disponibilidade da água nos solos, assim como, com a habilidade dos solos de deixar passar água na sua matriz para camadas profundas do perfil do solo e da camada terrestre. Bonini *et al.* (2018) estudando distintos usos e manejos de solo semelhante verificaram que alguns atributos do solo como: densidade do solo, resistência à penetração, umidade do solo e infiltração foram bons indicadores da qualidade do solo e que o tratamento sem intervenção antrópica resultou no melhor tratamento estudado, mostrando que o melhor manejo está no equilíbrio solo-água-ar. Muitas pesquisas tem sido desenvolvidas com o objetivo de verificar o manejo e uso do solo adequado (SANTOS *et al.*, 2011; DANTAS *et al.*, 2012; MOREIRA *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2011; BONINI *et al.*, 2016). Com o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento das

propriedades físicas do solo e suas inferências sobre o uso e manejo do solo na UNESP – Campus de Dracena, no ano de 2016.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na região da alta paulista, na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP, Campus de Dracena/SP, coordenadas 21°28'57" latitude sul e 51°31'58" longitude oeste, altitude média de 400 m. O clima é do tipo Aw (tropical úmido), classificado segundo Köppen-Geiger, com temperatura média de 22,1 °C e precipitação anual média de 1200mm. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (SANTOS *et al.*, 2018). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e três repetições, compreendidos por: T1 – intervenção antrópica; T2 – pastagem degradada; T3 – plantio direto há 2 anos; T4 – reflorestamento há 1 ano e T5 – área de preservação permanente (APP). Em cada uma destas áreas foram feitas coletadas de amostras deformadas e indeformadas para as análises de solo, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m. Foram avaliadas as seguintes propriedades:

Distribuição e estabilidade de agregados: A distribuição e estabilidade de agregados em água; diâmetro médio ponderado dos agregados foi determinado pelo método de Angers & Mehuys (2000).

Infiltração de água no solo: Para condução dos ensaios foram utilizados mini infiltrometros de disco (ZHANG, 1997).

Porosidade e densidade do solo: A porosidade total pela saturação do solo (volume de poros totais do solo ocupado pela água), a microporosidade pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 0,060 kPa e a macroporosidade foi calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade. As amostras para a densidade do solo foram coletadas por meio do Método do Anel Volumétrico, com cilindro de volume de 100cm³, de acordo com a metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017).

d-Resistência mecânica a penetração (RP) e umidade gravimétrica do solo: Para a resistência do solo à penetração foi utilizado penetrológ, modelo Falker, Automação Agrícola e a determinação da umidade gravimétrica do solo foi realizada pelo método clássico de pesagem Teixeira *et al.* (2017), no mesmo momento da determinação da RP. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa computacional SISVAR versão 5.4 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do nas camadas de solo estudadas, estão descritas na Tabela 1. Para todos os atributos e camadas de solo estudado, houve diferença significativa. Na camada de 0-0,10 m, a macroporosidade foi maior na área de APP e menor na área de reflorestamento, já na camada de 0,10-0,20 m, a área de plantio direto e a área de reflorestamento obtiveram o maior e menor valor de macro, respectivamente.

Tabela 1. Valores médios da macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS), nos tratamentos e camadas de solo estudadas. Dracena – SP. 2016

Tratamentos	MA ¹ (m ³ /m ³)	MI ² (m ³ /m ³)	PT ³ (m ³ /m ³)	DS ⁴ (g/m ³)
0 – 0,10 m				
Intervenção antrópica	3,92 b	22,32 b	26,24 c	1,77 b
Pastagem degradada	4,69 b	29,16 a	33,85 ab	1,49 a
Plantio direto	3,65 b	26,11 a	29,76 bc	1,54 a
Reflorestamento	2,65 b	27,80 a	30,45 abc	1,50 a
APP	8,33 a	27,13 a	35,45 a	1,45 a
F	12,79*	14,58*	9,94*	43,32*
DMS	2,98	3,31	5,61	0,09
CV (%)	22,76	4,43	6,38	2,15
0,10 – 0,20 m				
Intervenção antrópica	4,28 ab	19,23 b	23,49 b	1,90 b
Pastagem degradada	4,49 ab	26,78 a	31,27 a	1,57 a
Plantio direto	7,26 a	27,30 a	34,55 a	1,55 a
Reflorestamento	3,44 b	29,25 a	32,69 a	1,57 a
APP	5,02 ab	25,03 a	30,05 a	1,55 a
F	5,41*	17,87*	12,98*	130,745*
DMS	3,02	6,15	5,72	1,41
CV (%)	21,86	4,43	6,66	0,07
Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade e NS – não significativo.				

Tabela 2. Valores médios da infiltração média acumulada nos tratamentos estudados. Dracena – SP. 2016

Tratamento	Infiltração média acumulada (cm/h)
Intervenção antrópica	22,28 cd
Pastagem degradada	14,55 d
Plantio direto	48,74 bc
Reflorestamento	56,92 b
APP	111,94 a
F	14,53*
DMS	7,73
CV (%)	12,78
Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade e NS – não significativo.	

Os valores médios de macroporosidade encontrados estão abaixo do considerado ideal para um bom desenvolvimento das plantas, uma vez que de acordo com Bayer *et al.* (1972), estes valores devem ser próximos a 0,10 m³m⁻³. MELLONI *et al.* (2008) encontrou porcentagens maiores de macroporos em solos submetidos ao sistema de semeadura direta, enquanto área com cultivo de pinus apresentou maiores valores para este parâmetro. Resultados discordantes foram observados no presente estudo e bem inferiores aos encontrados por BONINI *et al.* (2018); PEREIRA *et al.* (2011); MELLONI *et al.* (2008); SCHAFFRATH *et al.* (2008). Fica evidente neste trabalho o efeito da intervenção antrópica na macroporosidade que é a propriedade mais afetada pelo manejo do solo, com valores entre 2,5 a 8% (ou 0,25 a 0,08 cm³.cm⁻³). Para a microporosidade que é uma propriedade pouco modificada pelo manejo (KIEHL, 1979), foram observados valores menores que em outros experimentos de mesma natureza BONINI *et al.* (2018); PEREIRA *et al.* (2011); MELLONI *et al.* (2008); SCHAFFRATH *et al.* (2008). Sendo que neste trabalho os valores estão em torno de 20 a 30% (0,20 a 0,30 cm³ cm⁻³). Segundo SCHAFFRATH *et al.* (2008) o manejo de solo modifica proporcionalmente a quantidade de microporos em relação a alteração do volume de macroporos, o que pode explicar os valores obtidos para os tratamentos avaliados na presente pesquisa, em que ambos foram maiores na área de APP (Tabela). Em pesquisa realizada por Matias *et al.* (2009), estudando diferentes formas de uso de um Latossolo Vermelho, mencionaram que a porosidade total teve pouca influência das modificações de uso de manejo do solo, tanto em profundidade como entre os usos, embora tenha obtido maiores valores a mata nativa, enquanto a pastagem favoreceu

a exposição do solo a processo de degradação. Sabe que é mais importante estudar a distribuição do tamanho de poros do que a porosidade total do solo. Dados deste trabalho mostram que a porosidade pode ser modificada pelo uso e manejo do solo, podendo ter reflexos, principalmente em profundidade. Kiehl (1979) afirma que solos de textura arenosa devem ter em torno de 35 a 50% (0,35 a 0,50 cm³ cm⁻³). A densidade do solo deste trabalho é semelhante ao encontrado por Zalamena (2008) onde valores de densidade menores em áreas que apresentam condições originais e em áreas reflorestadas, resultados que corroboram com o estudo, onde área de APP sem intervenção de manejo, obteve menor valor de densidade, quando comparado as outras áreas estudadas, decorrente possivelmente do acúmulo de matéria orgânica, da atividade de fauna edáfica e de raízes, atuando na formação de canais ou bioporos. Conforme Kiehl (1979) a densidade do solo deve estar entre 1,23 a 1,40 g. cm⁻³. Segundo Jimenez *et al.* (2008); Freddi *et al.* (2007) que trabalharam com gramíneas, verificaram que a formação de camadas compactadas reduz a atividade biológica e a macroporosidade no perfil do solo, aumentando a densidade, o que proporciona maior resistência física à expansão radicular, além disso limita a permeabilidade e a disponibilidade de água e nutrientes. Solos que sofreram intensa intervenção antrópica apresentam valores altos de densidade do solo. Alves *et al.* (2007) concorda com este trabalho que apresentou valor acima da média esperada para esta classe de solo, no tratamento jardim da biblioteca. Mazurana *et al.* (2011) afirma que a densidade do solo reduziu ao longo dos anos à medida que aumentou a sua mobilização, apresentando aumento em profundidade, em estudos dos efeitos de diferentes tipos de preparo de solo.

Tabela 3. Valores médios da porcentagem de estabilidade de agregados referentes ao diâmetro de 4 mm, nos tratamentos e camadas de solo estudadas. Dracena – SP. 2016

Tratamentos	4	2	1	0,5	0,25	<0,25	DMP
	mm						
	0 – 0,10 m						
Intervenção antrópica	42,90 a	19,26 a	3,19 a	2,16 a	4,03 a	28,44 a	2,83 a
Pastagem degradada	42,54 a	22,84 a	2,61 a	1,48 a	3,33 a	27,18 a	2,91 a
Plantio direto	20,68 a	24,41 a	2,73 a	1,52 a	5,65 a	44,97 a	1,89 a
Área de reflorestamento	39,97 a	26,69 a	2,64 a	1,88 a	1,80 a	26,99 a	2,89 a
APP	47,04 a	31,43 a	3,17 a	3,94 a	2,05 a	12,35 a	3,39 a
F	1,156 ^{ns}	1,488 ^{ns}	0,117 ^{ns}	0,483 ^{ns}	2,070 ^{ns}	1,552 ^{ns}	1,347 ^{ns}
CV (%)	43,14	25,82	51,02	114,66	55,96	57,44	29,25
DMS – 5 %	47,019	18,164	4,136	7,13	5,331	45,363	2,300
0,10 – 0,20 m							
Intervenção antrópica	19,63 a	5,74 a	5,37 a	7,66 a	46,22 a	15,37 a	1,57 a
Pastagem degradada	23,72 a	3,17 a	5,07 a	2,68 a	27,33 a	38,00 a	2,74 a
Plantio direto	24,11 a	3,56 a	1,89 a	6,41 a	25,10 a	38,91 a	2,79 a
Reflorestamento	28,71 a	2,66 a	2,06 a	3,05 a	30,04 a	33,46 a	2,64 a
APP	22,92 a	5,40 a	4,46 a	7,70 a	32,91 a	26,59 a	2,20 a
F	0,304 ^{ns}	2,177 ^{ns}	1,102 ^{ns}	1,790 ^{ns}	0,897 ^{ns}	1,046 ^{ns}	1,234 ^{ns}
CV (%)	42,93	39,42	73,18	57,93	46,97	54,15	33,48
DMS – 5 %	28,851	4,570	7,790	8,99	42,835	46,557	2,256

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade e NS – não significativo.

Tabela 4. Valores médios da resistência a penetração, nos tratamentos e camadas de solo estudadas. Dracena – SP. 2016

Tratamento	RP (MPa)		UG (g.g ⁻¹)	
	0 – 0,10 m	0,10 – 0,20 m	0 – 0,10 m	0,10 – 0,20 m
Intervenção antrópica	2,04 a	0,61 c	0,04 b	0,06 b
Pastagem degradada	1,53 ab	1,29 ab	0,03 b	0,03 b
Plantio direto	0,11 c	1,26 ab	0,14 a	0,14 a
Reflorestamento	1,56 a	2,96 ab	0,04 b	0,05 b
APP	1,33 ab	4,03 a	0,03 b	0,03 b
F	0,67*	1,12*	0,88*	2,44*
CV (%)	14,86	28,24	0,63	1,04
DMS	1,425271	3,383182	0,032926	0,052875

* Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A infiltração média acumulada de água no solo, descrita na Tabela 2, mostra que a área de APP apresentou maior taxa de infiltração corroborando com os dados de macro na camada superficial de solo. Analisando os dados referentes a taxa de infiltração média acumulada, os dados revelam que a área de APP e na área da estação meteorológica apresentaram maior e menor valor, respectivamente. Concordando com Stefanoski *et al.* (2013), observaram que áreas com cobertura vegetal apresentavam valores mais altos na infiltração, provavelmente por conta da proteção da parte aérea contra o impacto da chuva e do efeito cimentante do material orgânico depositado. Segundo Reichert & Reichert (2006) as características físicas do solo, juntamente com as práticas de manejo utilizadas, interferem diretamente na dinâmica da água dentro do sistema. Segundo Brandão *et al.* (2006) os valores médios para Latossolo está entre 3,8 a 11,2 cm/h, dados obtidos neste trabalho mostram valores superiores aos dados médios. Ainda Alves *et al.* (2007) encontraram valores inferiores em áreas de recuperação de solo, discordando deste trabalho. Os valores médios da distribuição e estabilidade de agregados em água (4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm e < 0,25 mm e DMP), estão descritos na Tabela 3, mostra que não houve diferença, para todos os diâmetros de agregados estudados. Observamos que os valores obtidos estão na faixa de 2 a 3 mm e segundo Kiehl (1979), valores superiores a 2 mm para o diâmetro médio ponderado (DMP) estão adequados para esta classe de solo. Reichert&Reichert (2006); Bavoso *et al.* (2010) relata que as diferenças quando diz respeito a estabilização de agregados, pode estar relacionada com o uso e manejo do solo, devido a utilização de práticas inadequadas, pouca cobertura

vegetal e redução de matéria orgânica no solo. Pereira *et al.* (2011) obteve valores semelhantes a este trabalho em sistema convencional de cultivo do solo e Dantas *et al.* (2012) encontrou resultados contrários em área de cultivo de banana e milho. Os dados de resistência a penetração e umidade do solo no momento da realização dos testes de resistência do solo à penetração estão descritos na Tabela 4, demonstrou efeitos. Na camada de 0,0-0,10 m, na área do jardim da biblioteca, mostrou melhores valores, este comportamento pode ser explicado pela presença da camada compactada e presença de restos de construções civis incorporadas ao solo. Na camada de 0,10-0,20 m, maiores valores foram encontrados na APP. A umidade do solo nas camadas de solo estudadas, apresentou diferença significativa somente na área de plantio direto, obtendo o maior valor. Área de maior agregação de solo possui menor resistência a penetração de raízes. Brandão *et al.* (2006) afirma que as alterações estruturais no solo devido as diferentes formas de uso e preparo do solo promovem alterações na resistência à penetração. Valores encontrados neste trabalho estão abaixo do limite considerado crítico por Canarache (1990), que considera valores maiores que 2MPa restritivos ao crescimento de raízes. Nota-se que a área de reflorestamento ainda possui uma compactação alta em profundidade, bem como a área de APP. Em relação a umidade do solo, constatou-se que a umidade do solo não interferiu nos resultados da resistência à penetração do solo. Conforme Alves *et al.* (2007), a umidade do solo como indicador da qualidade do solo, interfere diretamente na capacidade deste em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra. Carvalho *et al.* (2007),

relata que a umidade pode variar em função do teor de matéria orgânica, a presença de serapilheira e a quantidade de cobertura morta. Segundo Bonini & Alves (2012) a determinação da umidade do solo no momento da avaliação da resistência do solo à penetração é fundamental para se realizar adequadamente a interpretação dos resultados encontrados. E ainda afirma que se a determinação da resistência do solo à penetração for realizada com a umidade abaixo da capacidade de campo, os valores obtidos serão maiores podendo levar a uma falsa interpretação.

Conclusão

O manejo e o uso interferem na qualidade física do solo, assim como a área de APP, demonstrou um melhor desempenho nas propriedades do solo analisadas, além de verificar que áreas com maior interferência antrópica (área da biblioteca e estação meteorológica), apresentaram piores os valores encontrados. A qualidade do solo para as áreas avaliadas segundo os métodos utilizados está assim ordenada: APP > estação meteorológica > área de reflorestamento > área de plantio direto > jardim da biblioteca. A densidade do solo, a macroporosidade e a infiltração de água no solo, dentre os atributos estudados, obtiveram um melhor desempenho para avaliar a qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. 2007. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 1, pp. 617-625p.
- ANGERS, D. A.; MEHUY, G. R. 2000. Aggregate stability to water. in: carter, M.R. Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. EUA.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. 1972. Soil physics. new york: J. Wiley, EUA.
- BAVOSO, M. A.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; PAULETTI, V. 2010. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: Efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 34, pp. 227-234.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J. & ZOLDAN Jr, W. A. 2004a. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 28, pp. 155-163.
- BONINI, C. B & ALVES, M. C. 2012. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*. 16, pp. 329-336.
- BONINI, C. S. B.; BONINI NETO, A.; PUTTI, F. F.; VAZQUEZ, G. H & VANZELA, L. S. 2018. Qualidade física de um solo sob diferentes usos e manejo. *Revista de Ciencia y Tecnología*. 26, supl. 1, pp. 4-10.
- BONINI, C. S. B.; LUPATINI, G. C.; ANDRIGHETTO, C.; MATEUS, G. P.; HEINRICH, R.; ARANHA, A. S.; SANTANA, E. A. R & MEIRELLES, G. C. 2016. Produção de forragem e atributos químicos e físicos do solo em sistemas integrados de produção agropecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 51, pp. 1695-1698.
- BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. 2010. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e Argissolo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 14, pp. 131-139.
- BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. 2006. Infiltração da água no solo. UFV, Viçosa, MG, Brasil.
- CANARACHE, A. 1990. Generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. *Soil Till. res.*; 16, pp. 56-70.
- CARVALHO, A. J. A.; SOUZA, E. H.; MARQUES, C. T. S.; GAMA, E. V. S.; NACIF, P. G. S. (2007) Caracterização física dos solos dos quintais agroflorestais e cultivos monotípicos na região de amargosa, Bahia. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 2, pp. 941-944.
- DANTAS, J. D'N. A.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ASSIS, C. P. 2012. Qualidade do solo sob diferentes usos e manejos no perímetro irrigado de jaguaribe/apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 16, pp. 18-26.
- FERREIRA, D. F. 2011. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*. 35, pp. 1039-1042.
- FERREIRA, M. M. 2010. Caracterização física do solo. in: Lier, Q. J. Van (ed.). Física do solo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. SBCS, Viçosa, MG, Brasil.
- FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, N. A.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. 2007. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31, pp. 627-636.
- FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. 2017. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. *Unimar Ciências*. 26, pp. 8-25.
- JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. 2008. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 12, pp. 116-121.
- KIEHL, E. J. 1979. Manual de edafologia. Ceres, Piracicaba, SP, Brasil.
- MATIAS, S. S. R.; BORBA, J. A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T. 2009. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. *Revista Ciência Agronômica*. 40, pp. 331-338.
- MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J & CONTE. O. 2011. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 35, pp. 1197-1206.
- MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M. 2008. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de minas gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 32, pp. 2461-2470.
- MOREIRA, W. H.; BETIOLI JÚNIOR, E.; PETEAN, L. P.; TORMENA, A. C.; ALVES, S. J.; COSTA, M. A. T.; FRANCO, H. H. S. 2012. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico em sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 36, pp. 389-400.
- PEREIRA, F. S.; ANDRIOLI, I.; PEREIRA, F. S.; OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; FALQUETO, R.

- J.; MARTINS, A. L. S. 2011. Qualidade física de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo índice s. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 35, pp. 87-95.
- REICHERT, D. J.; REICHERT, J. M. 2006. Propriedades físicas do solo. centro de ciências rurais. UFSM. SANTA Maria, RS, Brasil.
- SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M.; BECQUER, T. 2011. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 46, pp. 1339-1348.
- SANTOS, H. G.; JOCOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREARAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B; CUNHA, T. J. F. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa, Rio de Janeiro, Brasil.
- SCHAFFRATH, V. R.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J & GONÇALVES, A. C. 2008. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 32, pp.1-12.
- STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. C.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A & PACHECO, L. P. 2013. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 17, pp. 1301-1309.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. 2017. Manual de Métodos de Análise de Solo. Embrapa. Brasília, Brasil.
- ZALAMENA, J. 2008. Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do planalto – rs. Dissertação - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.
- ZHANG, R. 1997. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. *Soil Science Society of American Journal*, 61, pp. 1024-1030.
