NICOLY LETÍCIA SEGHETTO BOLINO

DENSIDADE DO SOLO PARA O ESTOQUE DE CARBONO: TAMANHO DO ANEL IMPORTA?

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica.

Orientadora: Profª Drª Karina M. V. Cavalieri Polizeli

CURITIBA

2024

TERMO DE APROVAÇÃO

NICOLY LETÍCIA SEGHETTO BOLINO

DENSIDADE DO SOLO PARA O ESTOQUE DE CARBONO: TAMANHO DO ANEL IMPORTA?

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica.

:

gov.br Documento assinado digitalmente
KARINA MARIA VIEIRA CAVALIERI POLIZELI
Data: 01/07/2024 14:07:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof[a]. Dr[a]. Karina M. V. Cavalieri Polizeli

Orientadora – Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

gov.br Documento assinado digitalmente
JEFERSON DIECKOW
Data: 02/07/2024 11:52:17-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Jeferson Dieckow

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

gov.br Documento assinado digitalmente
VANESSA SILVA ROMANOSKI ITACARAMBI
Data: 01/07/2024 14:40:51-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Doutoranda Vanessa Silva Romanoski

PPG Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, UFPR

Curitiba, 01 de junho de 2024.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que me apoiaram durante a realização deste trabalho.

A minha orientadora, Karina M. V. Cavalieri Polizeli, pela orientação, ensinamentos, paciência e valiosas contribuições.

À doutoranda, Vanessa Romanoski, por todo apoio e incentivo durante todo esse trabalho.

Aos meus pais, pelo apoio emocional e financeiro ao longo desta jornada. Aos meus amigos, pela ajuda nas coletas de campo e análises laboratoriais, e também pela companhia e encorajamento.

A todos os professores e colegas de classe que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Por fim, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica concedida, a qual deu origem aos dados desse trabalho, e à Universidade Federal do Paraná, bem como a todos os profissionais envolvidos, pelo suporte e recursos disponibilizados.

“O que é escrito sem esforço em geral é lido sem prazer.”

- Samuel Johnson

RESUMO

A emissão de gases poluentes, em especial o dióxido de carbono (CO_2), é um tema amplamente discutido atualmente. Nesse contexto, o estoque de carbono no solo torna-se essencial, cuja mensuração é diretamente influenciada pela densidade do solo. No entanto, ainda existem poucas pesquisas sobre o método mais adequado para determinar a densidade do solo para essa finalidade. Além disso, não se sabe se a variação no tamanho do anel volumétrico pode afetar os resultados do estoque de carbono. A partir disso a hipótese deste trabalho é que diferentes tamanhos de anéis volumétricos propiciam alterações na determinação da densidade do solo argiloso, influenciando assim, o estoque de carbono do mesmo. O objetivo geral foi, portanto, determinar e comparar a densidade do solo, utilizando diferentes tamanhos de anéis, e sua influência no estoque de carbono. O estudo foi conduzido no Núcleo de Inovação Tecnológica em Agropecuária (NITA), localizado na estação experimental Canguiri, da Universidade Federal do Paraná, município de Pinhais – PR. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram em diferentes tamanhos de anéis volumétricos (0,05 x 0,05; 0,07 x 0,03; 0,06 x 0,04; 0,075 x 0,05 m - diâmetro e altura), com duas pseudorepetições. As amostras foram coletadas em cinco camadas (0,00-0,10; 0,10- 0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 e 0,60-1,00 m), e em dois sistemas de uso do solo, Mata e Pecuária, com ampla variação do teor de carbono, totalizando 240 unidades amostrais. As variáveis analisadas foram: Teor de carbono, densidade do solo, e estoque de carbono. Os dados foram submetidos à ANOVA e ao teste de Dunnet ($p<0,05$), contrastando cada tratamento com o anel considerado padrão. Tal anel foi determinado através do resultado da revisão bibliométrica, na qual foram analisados 166 trabalhos, e indicou que o anel mais utilizado em estudos sobre a densidade do solo é o de 100 cm^3 (0,05 x 0,05 m). A densidade do solo não sofreu alteração devido ao tamanho do anel, quando comparado contra o anel padrão, na maioria dos casos. Entretanto, uma única camada, em ambos os sistemas de uso, indicou efeito significativo para densidade do solo e estoque de carbono, sendo ela a de 0,20-0,40
m. Apesar disso, não foi possível estabelecer um padrão de subestimação ou superestimação entre os tamanhos de anéis. Conclui-se, portanto, que o tamanho de anel a ser utilizado, não afeta a precisão na determinação da densidade do solo e, por conseguinte, no cálculo do estoque de carbono, quando comparado com o anel de 100 cm^3. Quanto ao teor de carbono amostrado pontualmente (amostra indeformada) e em toda a extensão da camada (amostra deformada) não houve diferença estatística entre os dois métodos de coleta, concluindo que ambos fornecem um valor representativo para o cálculo do estoque de carbono.

Palavras-chave: Densidade do solo; anel-volumétrico; teor de carbono.

ABSTRACT

The emission of pollutant gases, particularly carbon dioxide (CO_2), is a widely discussed topic today. In this context, soil carbon stock becomes essential, with its measurement being directly influenced by soil density. However, there is still limited research on the most suitable method for determining soil density for this purpose. Moreover, it is unclear whether variations in the size of volumetric rings can affect carbon stock results. Thus, this study hypothesizes that different sizes of volumetric rings cause variations in the determination of clay soil density, thereby influencing its carbon stock. The general objective was to determine and compare soil density using different ring sizes and their influence on carbon stock. The study was conducted at the Agricultural Technology Innovation Center (NITA), located at the Canguiri Experimental Station of the Federal University of Paraná, in Pinhais, PR. The experimental design was a randomized block design with four treatments and three replications. The treatments consisted of different volumetric ring sizes (0,05 x 0,05; 0,07 x 0,03; 0,06 x 0,04; 0,075 x 0,05 m - diameter and height), with two pseudo-replications. Samples were collected from five layers (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60, and 0,60-1,00 m), and in two land use systems, Forest and Pasture, with a wide variation in carbon content, totaling 240 sample units. The variables analyzed were: carbon content, soil density, and carbon stock. Data were subjected to ANOVA and Dunnett's test ($p<0,05$), contrasting each treatment with the standard ring. This ring was determined through a bibliometric review of 166 studies, which indicated that the most commonly used ring in soil density studies is the 100 cm^3 ring (0,05 x 0,05 m). Soil density did not change due to ring size when compared to the standard ring in most cases. However, a single layer, in both land use systems, showed a significant effect on soil density and carbon stock, specifically the 0,20-0,40 m layer. Despite this, it was not possible to establish a pattern of underestimation or overestimation among ring sizes. Therefore, it is concluded that the ring size used does not affect the accuracy of soil density determination and, consequently, the calculation of carbon stock when compared to the 100 cm^3 ring. Additionally, there was no statistical difference between point carbon content sampling (undisturbed sample) and entire layer sampling (disturbed sample), concluding that both methods provide a representative value for carbon stock calculation.

Keywords: Soil density; volumetric ring; carbon content.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CROQUI DA ÁREA DE AMOSTRAGEM.....21
FIGURA 2 – CARACTERÍSTICAS DOS ANÉIS VOLUMÉTRICOS.....22
FIGURA 3 – TRINCHEIRA COM AS RESPECTIVAS CAMADAS AMOSTRADAS (a) E BATEDOR UTILIZADO PARA INSERIR O ANEL NO CENTRO DE CADA CAMADA (b).....23
FIGURA 4 – FREQUÊNCIA DAS DIMENSÕES DE ANÉIS VOLUMÉTRICOS ENCONTRADAS.....26
FIGURA 5 – TEOR DE CARBONO POR DIFERENTES MÉTODOS DE COLETA...28
FIGURA 6 – VALORES MÉDIOS DE DENSIDADE DO SOLO NO SISTEMA DE USO MATA.....28
FIGURA 7 – VALORES MÉDIOS DE DENSIDADE DO SOLO NO SISTEMA DE USO PECUÁRIA.....29
FIGURA 8 – VALORES MÉDIOS DE ESTOQUE DE CARBONO NO SISTEMA DE USO MATA.....30
FIGURA 9 – VALORES MÉDIOS DE ESTOQUE DE CARBONO NO SISTEMA DE USO PECUÁRIA.....30
FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO DO CONJUNTO DE DADOS DE DENSIDADE DO SOLO.....31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO 27
TABELA 2 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DA VARIÁVEL DENSIDADE DO SOLO, NOS ANÉIS E SISTEMAS ESTUDADOS 31
TABELA 1S – QUANTIDADE DE TRABALHOS POR ANO REFERENTES A REVISÃO BIBLIOMÉTRICA 42

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

GEE - Gases do efeito estufa

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

COP - Conferência das Partes

UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

NITA - Núcleo de Inovação Tecnológica em Agropecuária

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

CHNS - Carbono, Hidrogênio, Nitrogênio e Enxofre

CV - Coeficiente de variação

LISTA DE SÍMBOLOS

ρ_s - Densidade do solo (g cm^{-3})

m - Massa do solo (g)

v - Volume do anel volumétrico (cm^3)

EC - Estoque de carbono (Mg ha^{-1})

C - Teor de carbono (%)

e - Espessura da camada (cm)

$\rho_{s\ mata}$ - Densidade do solo da mata nativa (g cm^{-3})

$\rho_{s\ trat}$ - Densidade do solo do tratamento analisado (g cm^{-3}) d

- Diâmetro do anel volumétrico (cm)

h - Altura do anel volumétrico (cm)

ρ_p - Densidade de partícula (g cm^{-3})

Vt - Volume total do balão volumétrico (mL)

Vu - Volume utilizado de álcool (mL)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

2 REVISÃO DE LITERATURA 15

2.1 DENSIDADE DO SOLO 15

2.2 ESTOQUE DE CARBONO 17

3 MATERIAL E MÉTODOS 20

3.1 ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO DO ANEL PADRÃO PARA A DENSIDADE DO SOLO 20

3.1.1 Revisão bibliométrica 20

3.1.2 Análise adicional 20

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 20

3.3 DESIGN EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS 21

3.3.1 Amostragem do solo 22

3.3.2 Análises físicas 23

3.4 CARBONO DO SOLO 25

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICA 25

4 RESULTADOS 26

4.1 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA 26

4.2 ATRIBUTOS GERAIS DO SOLO 27

4.3 EFEITO DA AMOSTRAGEM NAS CAMADAS 27

4.4 DENSIDADE DO SOLO 28

4.5 ESTOQUE DE CARBONO 29

4.6 ESTATÍSTICA DESCRITIVA 31

5 DISCUSSÃO 33

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 36

REFERÊNCIAS 37

APÊNDICE 1 – TABELA 1S 42

APÊNDICE 2 – REFERÊNCIAS DA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA 44

1 INTRODUÇÃO

A principal motivação para realização deste trabalho foi avaliar a mensuração da densidade do solo e seu impacto no estoque de carbono, devido à atualidade do tema e a preocupação crescente com a sustentabilidade do solo e a preservação ambiental.

A densidade do solo é uma variável complexa que é influenciada por diversos fatores, como a porosidade total, a matéria orgânica e a mineralogia do solo, conforme descrito por Almeida (2017).

Quanto menor a densidade do solo, tende a haver um favorecimento na penetração de raízes e fluxos de ar, água e nutrientes, favorecendo a atividade biológica e, consequentemente, a produção de biomassa, e o acúmulo de carbono no solo (DEXTER, 2004). Por outro lado, atividades antrópicas que geram a compactação do solo, levam ao aumento da densidade, prejudicando o desenvolvimento de raízes, e da atividade biológica como um todo, dessa forma reduzindo a produção de biomassa (GATTO, 2010) e os teores de carbono no solo (FORNARA; HIGGINS, 2022).

A mudança de uso do solo, de mata para áreas agrícolas, é uma prática comum. Contudo, a alteração do sistema de uso e manejo da vegetação nativa para diferentes fins, como a pecuária, tem consequências significativas na densidade do solo e na saúde do ecossistema (SMITH et al.,2016). Estudos recentes mostram que a transformação de áreas florestais em pastagens pode aumentar a compactação do solo devido ao tráfego de máquinas agrícolas, e pisoteio de animais, resultando na diminuição da porosidade e da infiltração de água no solo (SOARES et al., 2021). Além disso, a perda de biomassa e matéria orgânica do solo, associada à remoção da vegetação nativa, pode prejudicar a fertilidade do solo e sua capacidade de reter água (SZOBOSZLAY et al., 2017).

Dados precisos de densidade do solo, e dos teores de carbono orgânico no solo, são de fundamental importância para o planejamento e análise desses dois componentes usados na obtenção do estoque de carbono no solo.

Assim, a pesquisa sobre efeitos da amostragem do solo, relacionadas a diferentes tamanhos de anéis volumétricos, e também a obtenção de amostras de solo em diferentes espessuras de camada no subsolo, pode responder se há efeito ou não sobre o estoque de carbono no solo. É muito comum observar estudos sobre a

densidade do solo, usando anéis com ≈100 cm^3 de volume (0,05 x 0,05 m) (LONGEPIERRE et al., 2021; ALLMAN et al., 2022; HUANG et al., 2023), mas não há uma padronização deste tamanho, o que pode gerar dúvidas ao usar um outro tamanho de anel volumétrico.

A hipótese deste estudo foi que, o uso de diferentes tamanhos de anéis volumétricos propicia variações que afetam os valores de densidade do solo, em comparação ao tamanho de anel mais utilizado na literatura. Quanto ao teor de carbono, o ponto de amostragem no subsolo pode interferir nos resultados dos teores de carbono orgânico, e com isso interferem também no estoque de carbono no solo.

Os objetivos deste estudo foram i) identificar qual tamanho de anel volumétrico é mais comumente utilizado, e indicar como padrão nas pesquisas com densidade do solo; ii) determinar e comparar a densidade do solo, utilizando diferentes tamanhos de anéis em solo argiloso; iii) determinar e comparar os teores de carbono amostrados pontualmente, na posição equivalente à coleta do anel, ou seja, no centro das camadas do subsolo, e ao longo de toda espessura, através de um trado holandês, e; iv) analisar os dados em dois usos do solo, Mata e Pecuária, onde há variações dos teores de carbono.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DENSIDADE DO SOLO

O solo é um ambiente vital para o crescimento das plantas, portanto é de extrema importância que suas condições sejam adequadas para tal propósito. O conhecimento das propriedades físicas do solo, em especial a densidade do solo (ρ_s) e sua influência no desenvolvimento das plantas, são um aspecto fundamental no estudo do solo (PEREIRA; REZENDE, 2001). Wei et al. (2023) também discutiram a importância das propriedades físicas do solo na avaliação da sua vulnerabilidade estrutural, destacando a densidade como um indicador-chave para avaliar a compactação do solo.

A ρ_s é um atributo que fornece informações importantes sobre o estado de conservação do solo, especialmente no que se refere à retenção, movimentação, e disponibilidade da água no solo (MENDONÇA et al., 2005), condutividade hidráulica (LOGSDON; KARLEN, 2004), trocas gasosas e suscetibilidade a processos erosivos (GUARIZ et al., 2009).

Além disso, a ρ_s pode indicar o grau de compactação e limitações ao desenvolvimento das raízes das plantas (DEXTER, 2004). Reichardt e Timm (2008) também destacaram que o grau de compactação afeta a estrutura do solo, o arranjo e volume dos poros. Dadas tais funções, a ρ_s acaba por ser um bom indicador da qualidade do solo (SHI, 2023) a qual foi definida por Doran et al. (1994) como a capacidade do solo em manter produtividade biológica, qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais, e definida por Karlen et al. (1997) como a capacidade do solo de funcionar. Simon et al. (2022) ainda citam o tema em sua revisão sistemática, afirmando que a matéria orgânica, fósforo e a densidade do solo se destacam no cenário de avaliação da qualidade do solo brasileiro.

A determinação desse atributo tem como objetivo a medição da densidade média de uma quantidade de volume conhecido de solo, e é uma propriedade dinâmica, que varia no tempo e espaço, variando com o tipo de uso e intensidade do cultivo (MAKOVNÍKOVÁ et al., 2017), e que se relaciona com a porosidade total, matéria orgânica e a mineralogia do solo (ALMEIDA et al., 2017).

A presença de matéria orgânica no solo exerce uma influência significativa em sua estrutura, promovendo melhorias na capacidade de retenção de água e

favorecendo uma aeração mais eficiente. Essas transformações estruturais têm o efeito de reduzir a densidade do solo, conforme destacado por Hoshan (2024), ao mesmo tempo em que aumentam sua estabilidade. Segundo o autor, essa menor densidade resulta em um solo menos compactado e mais permeável, facilitando assim a penetração das raízes das plantas em busca de nutrientes e água, o que é crucial para o desenvolvimento saudável das culturas.

No Brasil Almeida (2017) expõe os principais métodos utilizados para essa medição, citando o método do cilindro volumétrico, conhecido também como anel volumétrico; método da proveta; método do torrão parafinado e método do monolito. Tais métodos foram anteriormente mencionados por Blake e Hartge (1986) e por Grossman e Reinsch (2002), que os descreveram, em conjunto com os métodos da escavação e de radiação, e afirmaram que cada um tem especificidades, ou seja, nem sempre podem ser usados para quaisquer condições de solo. Pereira e Rezende (2001) citam um método mais sofisticado, o da atenuação da radiação gama, o qual apresenta maior precisão, porém não é tão comumente utilizado devido seu alto custo.

O método utilizado para este trabalho foi o do anel volumétrico, sendo que a densidade do solo, pode ser calculada de acordo com a equação 1:

$$\rho_s = \frac{m}{v} \tag{1}$$

Sendo:

ρ_s: densidade do solo (g cm^{-3})

m: massa do solo (g)

v: volume do anel (cm^3)

De acordo com Pires et al. (2011) esse é o método mais utilizado e considerado padrão para determinar a densidade do solo, o qual envolve a coleta de amostras de solo com estrutura não deformada, dentro de um anel cilíndrico de volume conhecido (GROSSMAN; REINSCH, 2002).

Ao utilizar esse método é importante ter cuidado durante a amostragem para evitar compactação da amostra, principalmente nos bordos, e garantir que todo o espaço dentro do anel seja preenchido com solo (PIRES et al., 2011). Essa consideração é relevante, conforme destacado por Silva et al. (2000), devido a uma das principais críticas ao método do anel volumétrico ser a compactação, resultante do atrito entre o cilindro e o solo durante sua penetração, especialmente quando o

solo está excessivamente úmido, ou a possibilidade de fratura e cisalhamento quando está muito seco.

Segundo Almeida (2017) o volume padrão de anel a ser usado é o de 100 cm^3, porém informa que outros volumes também podem ser utilizados, entretanto devendo-se evitar cilindros com menos de 50 cm^3, devido a amostragem não ser representativa. No entanto, o autor sugere os anéis de maior volume para horizontes superficiais ou áreas com grande heterogeneidade estrutural, para uma caracterização mais adequada.

2.2 ESTOQUE DE CARBONO

No contexto de mudanças climáticas mundiais, o solo e suas diversas formas de uso têm recebido atenção, especialmente quando se trata de agricultura e pecuária (BARATI et al., 2024). Os solos usados para tais fins podem desempenhar papéis tanto como absorvedores ou emissores de gases do efeito estufa (GEE), dependendo do tipo de uso e manejo que é empregado (IPCC, 2023).

Os usos do solo e suas características podem modificar os processos biogeoquímicos, influenciando o estoque de carbono e o fluxo de gases entre solo e atmosfera, o que altera o papel do solo como reservatório de carbono e impacta as taxas de dióxido de carbono e metano (FERNANDES; FERNANDES, 2009).

O monitoramento desses estoques no solo tem sido um desafio para atender às políticas que incentivam a adoção de práticas agrícolas de baixa emissão de carbono (BOSCHI et al., 2015). Esse tema tem ganhado destaque nos últimos anos devido à busca por uma produção animal e vegetal mais sustentável. Da mesma forma, Van Der Voort et al. (2023) e Ezenkwu et al. (2024) mencionam que, principalmente devido a desenvolvimentos políticos, a importância do monitoramento do carbono deverá crescer nos próximos anos.

A importância de monitorar o estoque de carbono em solos foi ampliada em nosso país, especialmente após a Convenção do Clima de 2009 em Copenhague, na Dinamarca, na qual os países assumiram metas voluntárias para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Uma dessas metas incluiu o monitoramento do estoque de carbono no solo como forma de incentivar práticas agrícolas com baixa emissão de gases (BOSCHI et al., 2015).

De acordo com essa perspectiva, metodologias precisas, e menos laboriosas na obtenção do estoque de carbono, surgem como um aspecto crucial na formulação de políticas públicas regionais seguras. Ademais, podem corroborar com as metas da última Convenção do Clima, a COP 27, de reduzir significativamente as emissões de gases do efeito estufa até 2030 (UNFCCC, 2022), contribuindo assim para o combate às mudanças climáticas.

Já se sabe que, solos com prática de semeadura direta possuem um maior estoque de carbono orgânico, visto que promovem o aporte constante de material vegetal e reduzem a taxa de decomposição de matéria orgânica (FOLLETT, 2001). No entanto, segundo Walter et al. (2016) ainda há poucos estudos sobre a determinação da densidade nesse estoque sob diferentes métodos avaliativos, e sobre os possíveis erros metodológicos associados a essa quantificação. Além disso os autores comentam que nos trabalhos existentes, frequentemente faltam informações sobre o método utilizado.

A determinação dos estoques de carbono no solo é baseada no teor de carbono, na espessura da camada de solo, e na densidade do solo (ρs). A ρs é utilizada para converter a quantidade de carbono em uma porcentagem de peso seco e, assim, obter a quantidade de carbono por unidade de área (ELLERT; BETTANY, 1995).

O estoque de carbono total no solo pode ser calculado conforme a equação 2:

$$EC = C\,\rho_{s\,trat}\;e\;\frac{\rho_{s\,mata}}{\rho_{s\,trat}} \qquad (2)$$

Sendo:

EC: estoque de carbono (Mg ha^{-1})

C: teor de carbono (%)

e: espessura da camada (cm)

$\rho_{s\,mata}$: densidade do solo da mata nativa (g cm^{-3})

$\rho_{s\,trat}$: densidade do solo do tratamento analisado (g cm^{-3})

Segundo Machado (2005), o solo é considerado o maior compartimento de carbono nos ecossistemas terrestres, e a adoção de práticas agrícolas conservacionistas, como o sistema plantio direto, pode aumentar esse estoque. Significando, assim, que a humanidade tem a oportunidade de retardar ou reduzir os efeitos negativos das mudanças climáticas globais através do uso responsável do

solo, visto assim a relevância de sabermos um pouco mais sobre o estoque desse elemento.

A precisão na estimativa da densidade do solo é essencial para calcular os estoques de carbono do solo, pois é um parâmetro físico fundamental para converter o teor de massa de carbono (g kg^{-1}) em um estoque por área (kg ha^{-1}), o que é especialmente importante na garantia da qualidade dos créditos de carbono (SEQUEIRA et al., 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO DO ANEL PADRÃO PARA A DENSIDADE DO SOLO

3.1.1 Revisão bibliométrica

Com a observação do uso de diferentes anéis na obtenção da densidade do solo, foi realizado um levantamento bibliográfico de qual tamanho de anel seria o mais utilizado na literatura atual, e assim ser considerado como padrão. Para isso, uma revisão sistemática foi realizada na plataforma Web of Science - Clarivate Analytics (https://webofknowledge.com/), selecionando todas as bases de dados disponíveis. Foram utilizados os seguintes termos combinados: "Soil bulk density" ou "Undisturbed sample". Esses termos foram escolhidos por englobarem a densidade do solo e amostras indeformadas, nas quais os anéis volumétricos se enquadram. Ao utilizar a combinação de termos mencionada acima, com buscas entre os anos de 2021 a 2024, a busca inicial resultou em um total de 1084 resultados. Porém como a quantidade de trabalhos ainda era muito alta foi filtrado por "Open Access", "Article" e "Enriched Cited References", resultando em 321 trabalhos. Os resultados foram obtidos em 23 de janeiro de 2024.

3.1.2 Análise adicional

Em seguida, cada um dos 321 resultados foi lido e analisado individualmente, com uma revisão completa de todo o conteúdo, sendo que 155 deles foram excluídos, resultando em um total final de 166 artigos estudados nesta revisão. Estes 155 artigos foram desconsiderados em razão de não utilizarem o anel volumétrico, ou não apresentarem as medidas anel usado.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi realizado no Núcleo de Inovação Tecnológica em Agropecuária (NITA), na estação experimental Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná, localizada no município de Pinhais - PR. A estação experimental está inserida na Área de Proteção Ambiental do rio Iraí (SUGAMOSTO, 2002).

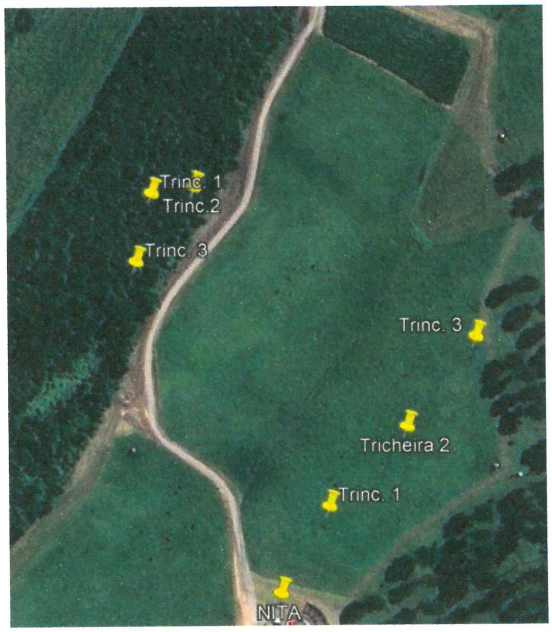
A cobertura florestal original da região, segundo levantamento da EMBRAPA (1984) foi classificada como parte Floresta Subtropical Perenifólia e parte Campos Subtropicais, a área encontra-se situada no Primeiro Planalto Paranaense (BIGARELLA; SALAMUNI,1962). E o solo foi identificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico câmbico (SUGAMOSTO, 2002).

O clima predominante na região é classificado como Cfb, caracterizado por ser subtropical úmido, oceânico sem estação seca, e com verão temperado (ALVARES et al., 2014). As temperaturas médias no mês mais quente são inferiores a 22°C, e a região apresenta temperaturas médias superiores a 10°C durante onze meses do ano. Além disso, é suscetível a precipitações regulares ao longo de todo o ano e geadas severas. A precipitação anual média na área é de aproximadamente 1.354 mm, com oferta hídrica abundante ao longo do ano (IPARDES, 1979).

3.3 DESIGN EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

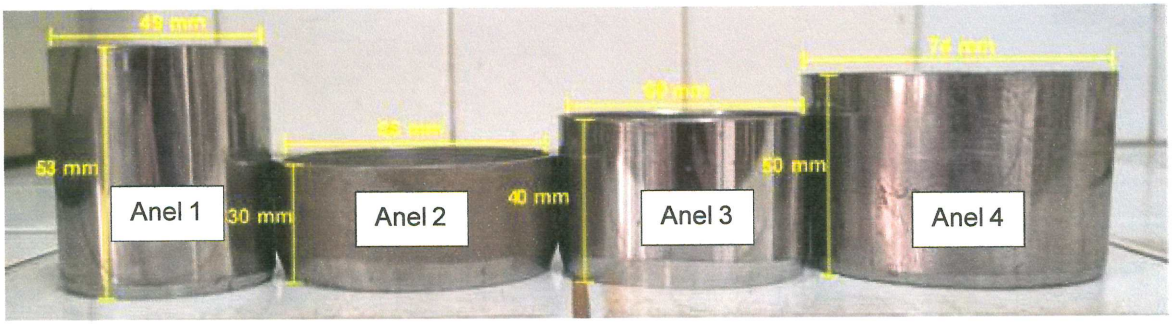
O experimento foi conduzido no mês de janeiro de 2023, abrindo-se três trincheiras em cada sistema de uso do solo (Figura 1), sendo eles Mata (M) e Pecuária (P), e analisado sob delineamento em blocos casualizados, com três repetições, e quatro tratamentos. Os tratamentos corresponderam aos tamanhos de anéis volumétricos identificados como: Anel 1, Anel 2, Anel 3 e Anel 4 (Figura 2).

FIGURA 1 – CROQUI DA ÁREA DE AMOSTRAGEM.



FONTE: O autor (2024).

FIGURA 2 – CARACTERÍSTICAS DOS ANÉIS VOLUMÉTRICOS.



FONTE: O autor (2024).

LEGENDA: Anel 1 – tratamento padrão, V≈98 cm^3; Anel 2 – tratamento 2 , V≈110 cm^3; Anel 3 – tratamento 3, V≈113 cm^3; Anel 4 – tratamento 4, V≈214 cm^3.

O volume dos anéis foi calculado conforme a equação 3:

$$V = \left(\frac{\pi d^2}{4}\right) h \qquad (3)$$

Sendo:

V: volume do anel (cm^3)

d: diâmetro do anel (cm)

h: altura do anel (cm)

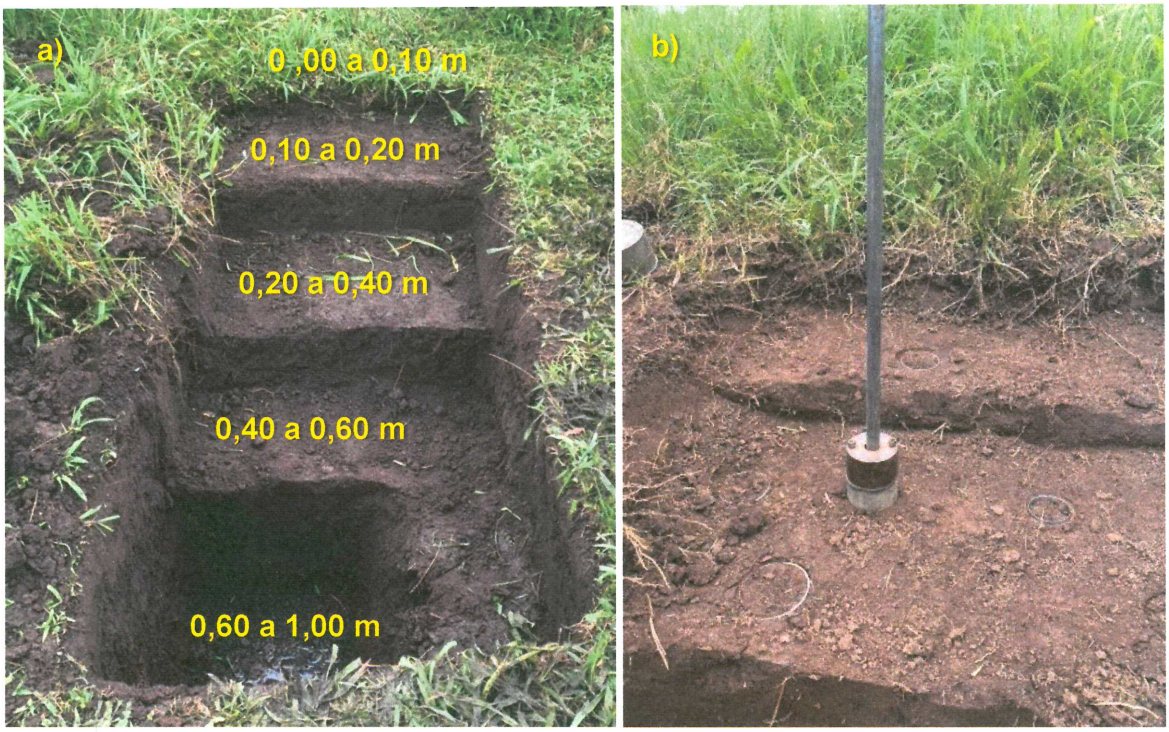
3.3.1 Amostragem do solo

Foram coletadas amostras em cinco camadas (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 e 0,60-1,00 m), sendo oito amostras indeformadas por camada, ou seja, duas pseudorepetições por tratamento, por bloco, por camada.

Além das amostras indeformadas para determinação da densidade do solo, foram coletadas amostras deformadas para análise de carbono, análise de textura e densidade de partículas. Ao total, foram coletadas 240 amostras indeformadas de solo para as análises de densidade do solo, e 30 amostras deformadas com aproximadamente 300 g de solo, para as demais análises físicas.

As trincheiras foram abertas em formato de escada, e a amostragem dos anéis foi realizada com o auxílio de um batedor, introduzindo apenas o anel diretamente no solo, como ilustrado na Figura 3.

FIGURA 3 – TRINCHEIRA COM AS RESPECTIVAS CAMADAS AMOSTRADAS (a) E BATEDOR UTILIZADO PARA INSERIR O ANEL NO CENTRO DE CADA CAMADA (b).



FONTE: O autor (2023).

Nas camadas de 0,40 a 0,60 m e 0,60 a 1,00 m, a amostragem de solo deformado procedeu de duas formas, sendo uma amostra pontual no centro de cada camada e uma amostra utilizando trado, que abrange toda a espessura da camada. Essa abordagem foi adotada para verificar se existem variações significativas no teor de carbono de acordo com o método de coleta utilizado no subsolo.

3.3.2 Análises físicas

As análises físicas foram realizadas no laboratório de Física do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná.

Densidade do solo (ρ_s)

Após a amostragem com os diferentes tamanhos de anéis volumétricos, foi realizado o toillet ou limpeza do excedente, garantindo o volume de solo equivalente ao volume do anel. Em seguida, o conteúdo de solo de cada anel volumétrico foi

transferido para sacos plásticos (20 x 30 cm – largura e altura, respectivamente) identificados e fechados para garantir a integridade da amostra até seu processamento.

No laboratório de Física do Solo, foram abertos os sacos de plásticos com as amostras de solo e colocados para secar em estufa à 50 ºC. Em seguida, o solo foi transferido para bandejas de alumínio (5 x 15 x 20 cm – altura, largura e comprimento, respectivamente) identificadas, previamente pesadas e levadas à estufa a 105ºC, por 48 horas, para a obtenção da massa seca do solo. A densidade do solo foi obtida através da relação entre a massa seca do solo, e volume do anel (GROSSMAN; REINSCH, 2002).

Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada pelo método do hidrômetro de acordo com Gee e Or (2002). Foi realizado a análise de textura em cada bloco, e em cada camada, totalizando 30 amostras deformadas de solo. Devido ao solo da Mata conter grande quantidade de matéria orgânica (>5%), foi necessário a realização da oxidação da mesma, com uso de H_2O_2, para obtenção da textura do solo.

Após obtidas as frações de areia, silte e argila, foi realizada a classificação textural do solo, utilizando o triângulo textural SBCS (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo).

Densidade de partículas (ρ_p)

Para determinar a densidade de partículas, foi usado o método do balão volumétrico nas mesmas amostras deformadas, aonde pesou-se 20 gramas de solo seco em estufa a 105 ºC.

Em seguida, o solo foi peneirado em malha de 2 mm e colocado em balões volumétricos de 50 mL cada, os quais foram devidamente identificados, e preenchidos por álcool com o auxílio de buretas, e agitados até garantir que não houvessem mais bolhas de ar.

A densidade de partículas foi calculada através da equação 4:

$$\rho_p = \frac{m}{Vt - Vu} \quad (4)$$

Sendo:

ρ_p: densidade de partículas (g cm^{-3})

m: massa da amostra (g)

Vt: volume total do balão (mL)

Vu: volume utilizado de álcool (mL)

3.4 CARBONO DO SOLO

A análise do teor de carbono do solo foi realizada no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná - UFPR.

Para essas análises foram usadas 30 amostras deformadas secas à temperatura ambiente, e em seguida peneiradas na malha de 2 mm, e posteriormente na malha de 0,2 mm.

O teor de carbono foi obtido em Analisador CHNS, da marca Elementar modelo Vario El. III, pelo método combustão via seca de acordo com Skjemstad e Taylor (1999). O estoque de carbono total no solo foi calculado conforme a Equação 2.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

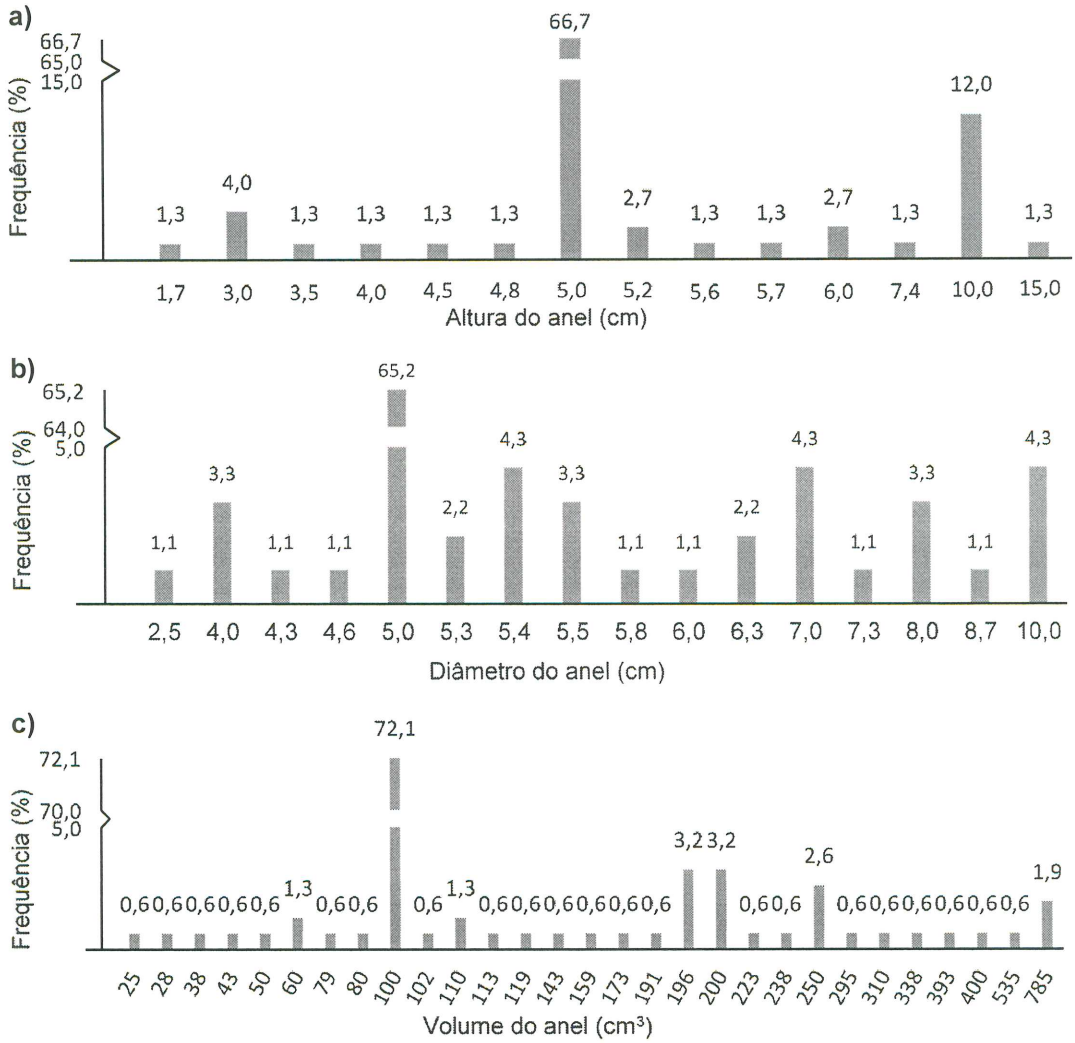
Todos os dados de densidade do solo e estoque de carbono foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (1965), analisando-se por camada, em cada sistema de uso. Em seguida, foi realizada análise de variância (ANOVA), com nível de significância $p<0,05$, onde as médias dos dados foram comparadas utilizando o teste F, quando analisado apenas duas variáveis, e o teste de Dunnet, o qual confronta as médias dos tratamentos contra o padrão (testemunha), no caso o anel considerado padrão. As análises de teor de carbono, densidade e estoque foram realizadas no software estatístico R 4.1.0 (TEAM, 2020), e a análise de estatística descritiva foi realizada no software SigmaPlot 15.0.

4 RESULTADOS

4.1 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Através da revisão bibliométrica foi possível observar o número de publicações com as palavras chave "Soil bulk density" e "Undisturbed sample", e as medidas do anel volumétrico utilizado, dos últimos 4 anos, totalizando 166 trabalhos (Tabela 1S). Dos trabalhos analisados, 80 são do ano de 2022, o mais representativo sobre o tema dentre os 4 anos analisados. Na Figura 4 estão expostas a frequência das dimensões de anéis volumétricos encontradas.

FIGURA 4 – FREQUÊNCIA DAS DIMENSÕES DE ANÉIS VOLUMÉTRICOS ENCONTRADAS.



FONTE: O autor (2024).

Os resultados da revisão bibliométrica indicaram que a dimensão do anel volumétrico mais utilizado para mensuração da densidade do solo tem sido a de 5 x 5 cm, com aproximadamente 100 cm^3 de volume. Com este resultado, o anel considerado como padrão foi àquele com essas dimensões, sendo nominado como Anel 1. Assim, os outros anéis usados neste estudo foram contrastados com o Anel 1.

4.2 ATRIBUTOS GERAIS DO SOLO

A Tabela 1 apresenta os valores médios dos atributos do solo: Densidade de partículas, teor de carbono e textura. A classe textural do solo estudado foi identificada como argila, caracterizando-o como um Latossolo argiloso. Não houve variação da classe textural de acordo com o sistema de uso (Mata e Pecuária), ou da camada analisada.

TABELA 1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO.

Sistema de uso e manejo	Densidade de partículas ($g\ cm^{-3}$)	C ($g\ kg^{-1}$)	Areia ($g\ kg^{-1}$)	Silte ($g\ kg^{-1}$)	Argila ($g\ kg^{-1}$)	Classe textural
			0,00 – 0,10 m			
Mata	1,93	116,6	317	246	437	Argila
Pecuária	2,35	42,7	416	88	496	Argila
			0,10 – 0,20 m			
Mata	2,06	103,2	334	212	454	Argila
Pecuária	2,41	35,6	421	87	492	Argila
			0,20 – 0,40 m			
Mata	2,41	52,8	342	150	508	Argila
Pecuária	2,36	34,2	421	83	496	Argila
			0,40 – 0,60 m			
Mata	2,44	37,1	313	125	562	Argila
Pecuária	2,32	28,9	425	79	496	Argila
			0,60 – 1,00 m			
Mata	2,60	20,9	375	121	504	Argila
Pecuária	2,40	11,3	406	38	556	Argila

FONTE: O autor (2024).

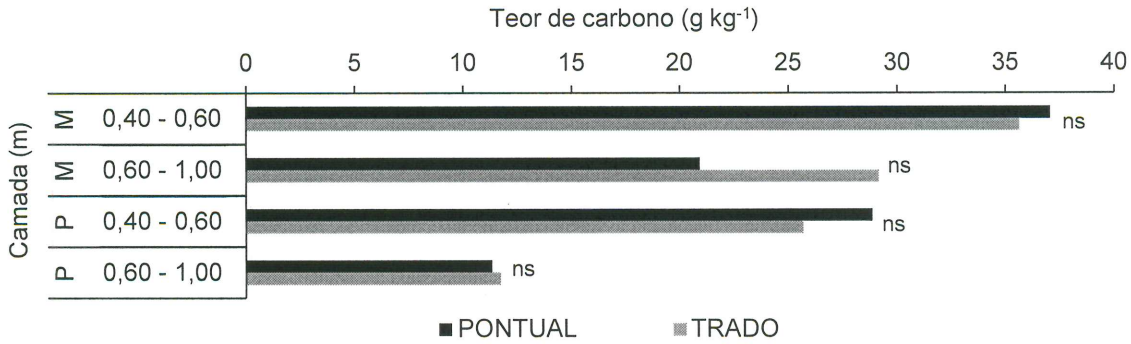
LEGENDA: C: Teor de carbono. Classificação textural conforme SBCS.

4.3 EFEITO DA AMOSTRAGEM NAS CAMADAS

O efeito da amostragem na coleta de solo para determinação do teor de carbono está ilustrado na Figura 5. Observa-se que as maiores variações entre os teores obtidos pelos dois métodos ocorreram na Mata, na camada de 0,60-1,00 m. No

entanto, não houve diferença estatisticamente significativa, pelo teste F (p>0,05), em nenhuma das camadas e sistemas de uso analisados.

FIGURA 5 – TEOR DE CARBONO POR DIFERENTES MÉTODOS DE COLETA.



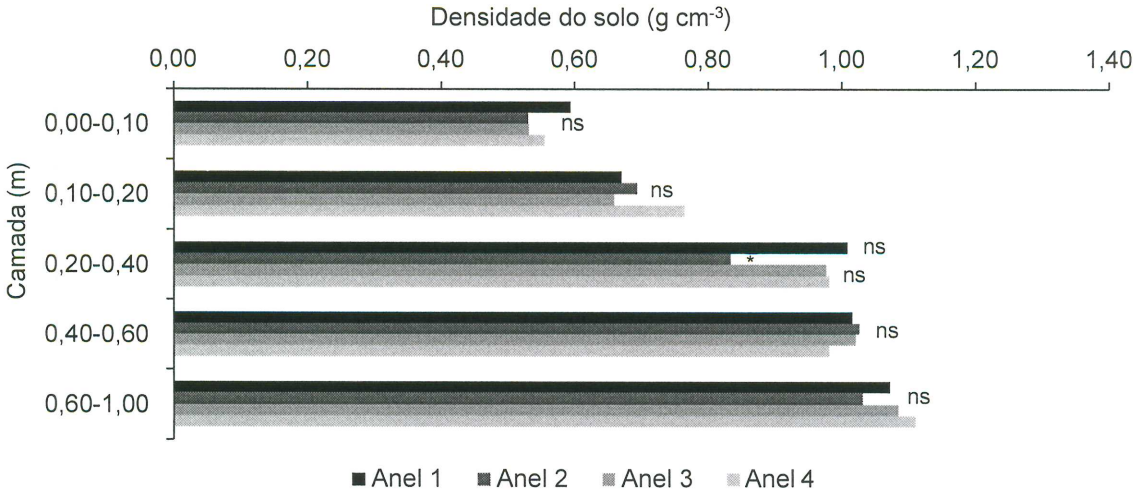
FONTE: O autor (2024).

LEGENDA: M: Mata. P: Pecuária. ns: Não significativo pelo teste F (p<0,05).

4.4 DENSIDADE DO SOLO

A densidade do solo não apresentou diferença significativa entre os anéis estudados na maioria das camadas analisadas na Mata (Figura 6). Contudo houve efeito significativo (p<0,05) na camada 0,20 - 0,40 m, na qual o Anel 2 apresentou ρ_s estatisticamente menor que o Anel 1, enquanto que os Anéis 3 e 4 não diferiram do padrão.

FIGURA 6 – VALORES MÉDIOS DE DENSIDADE DO SOLO NO SISTEMA DE USO MATA.

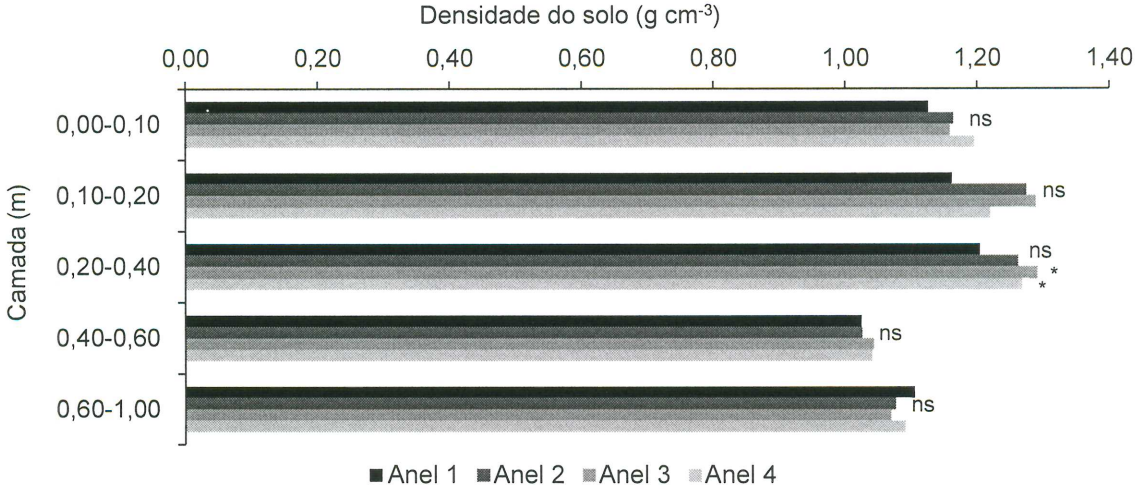


FONTE: O autor (2024).

LEGENDA: *: Indica diferença significativa contra o Anel 1 pelo teste de Dunnet (p<0,05). ns: Não significativo.

No sistema de uso Pecuária, também foi observado efeito significativo ($p<0,05$) na camada de 0,20 - 0,40 m, porém neste sistema os Anéis 3 e 4 apresentaram densidade do solo significativamente maior (Figura 7). Enquanto que o Anel 2 não diferiu estatisticamente do padrão, Anel 1.

FIGURA 7 – VALORES MÉDIOS DE DENSIDADE DO SOLO NO SISTEMA DE USO PECUÁRIA.



FONTE: O autor (2024).

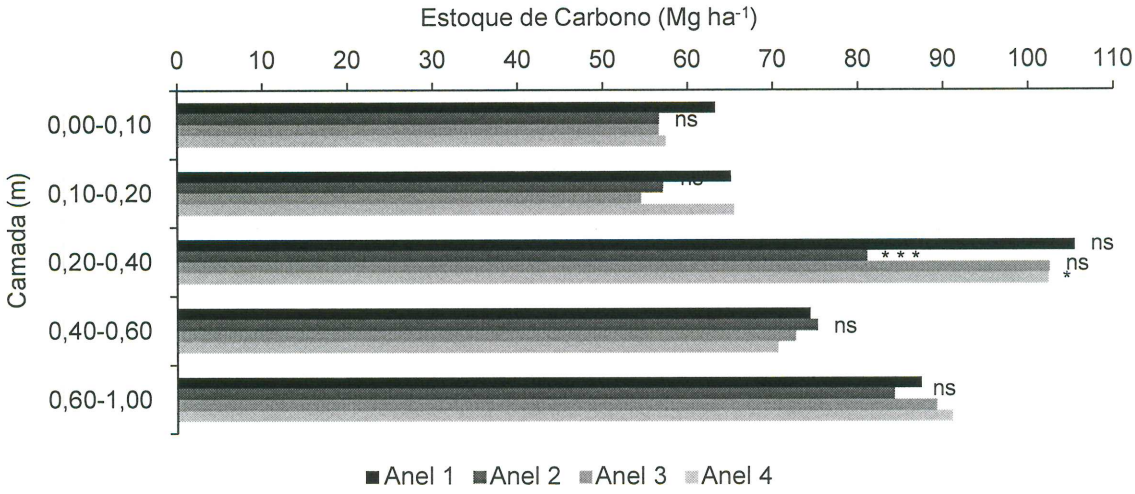
LEGENDA: *: Indica diferença significativa contra o Anel 1 pelo teste de Dunnet ($p<0,05$). ns: Não significativo.

4.5 ESTOQUE DE CARBONO

Os resultados dos valores médios de estoque de carbono não indicaram diferenças significativas entre os anéis, na maioria das camadas, em ambos os sistemas de uso (Figura 8 e 9). Porém, tanto na Mata quanto na Pecuária a camada de 0,20 - 0,40 m apresentou variações significativas.

Na mata os Anéis 2 e 4 apresentaram estoque significativamente menor em comparação ao Anel 1. Enquanto que na Pecuária, apenas o Anel 2 apresentou uma subestimativa desse estoque em comparação ao Anel 1.

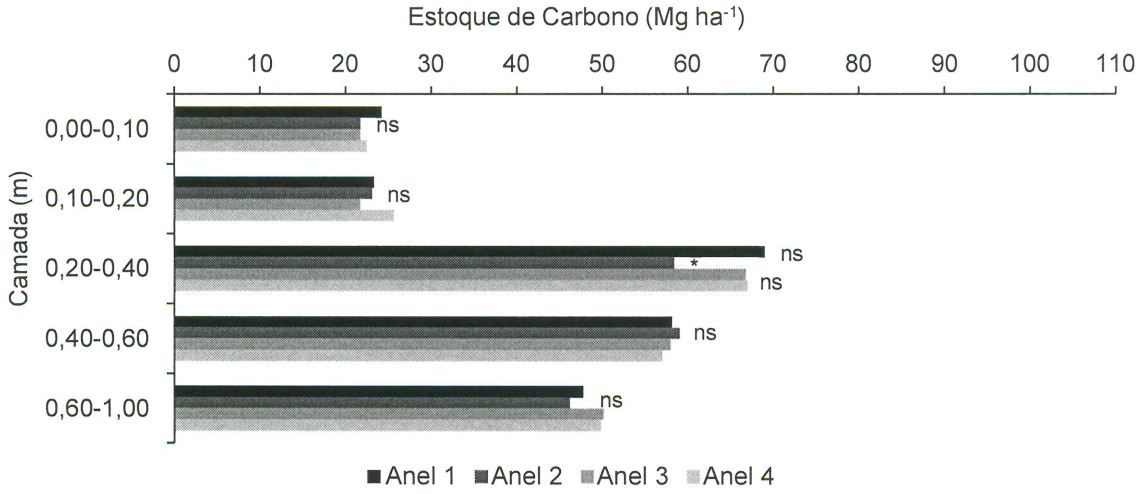
FIGURA 8 – VALORES MÉDIOS DE ESTOQUE DE CARBONO NO SISTEMA DE USO MATA.



FONTE: O autor (2024).

LEGENDA: *: Indica diferença significativa contra o Anel 1 pelo teste de Dunnet (p<0,05). ns: Não significativo.

FIGURA 9 – VALORES MÉDIOS DE ESTOQUE DE CARBONO NO SISTEMA DE USO PECUÁRIA.



FONTE: O autor (2024).

LEGENDA: *: Indica diferença significativa contra o Anel 1 pelo teste de Dunnet (p<0,05). ns: Não significativo.

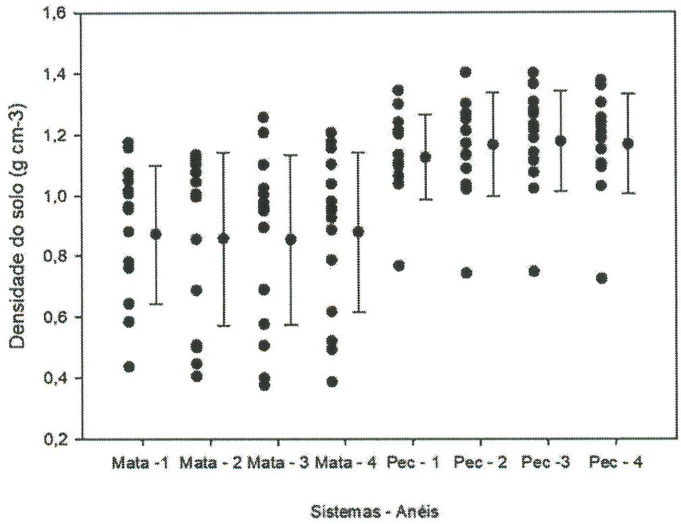
Ademais, foi verificado se havia relação significativa entre a densidade do solo, e o volume, a altura, e o diâmetro dos anéis. Contudo, o teste de correlação de Spearman (r_s) para dados não paramétricos, aplicado em todos os dados, não indicou correlação significativa entre as variáveis (p>0,05). Os valores de r_s para

densidade do solo foram de 0,021, -0,006 e 0,037, respectivamente, para volume, altura e diâmetro.

4.6 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Os dados de densidade do solo também foram avaliados através da estatística descritiva, e os resultados estão expostos na Figura 10 e Tabela 2.

FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO DO CONJUNTO DE DADOS DE DENSIDADE DO SOLO.



FONTE: O autor (2024).

TABELA 2 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DA VARIÁVEL DENSIDADE DO SOLO, NOS ANÉIS E SISTEMAS ESTUDADOS.

Sistema de uso e manejo	Anel	Média	Mediana	Desvio padrão	Alcance	Assimetria	Curtose
Mata	1	0,87	0,95	0,23	0,74	-0,49	-0,88
	2	0,86	1,00	0,29	0,73	-0,62	-1,49
	3	0,85	0,95	0,28	0,88	-0,51	-0,84
	4	0,88	0,95	0,26	0,82	-0,64	-0,77
Pecuária	1	1,13	1,11	0,14	0,58	-0,95	2,56
	2	1,17	1,17	0,17	0,66	-0,95	2,02
	3	1,18	1,20	0,17	0,66	-1,24	2,61
	4	1,17	1,20	0,16	0,65	-1,47	3,52

FONTE: O autor (2024).

Observa-se na Figura 9 que a distribuição dos dados na Mata foi maior do que na Pecuária, conforme evidenciado pela coluna Alcance na Tabela 2, que mede a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo. A Mata apresentou um alcance de 0,73 a 0,88, enquanto a Pecuária teve um alcance de 0,58 a 0,66, sugerindo uma maior variabilidade na densidade do solo na Mata.

A média e a mediana dos dados coletados na Pecuária são mais próximas, conforme mostrado na Tabela 2. Nesse mesmo sistema de uso, o desvio padrão para todos os anéis foi menor do que na Mata, e em ambos os sistemas o Anel 1 foi o que apresentou os menores desvios, e o Anel 2 os maiores.

A assimetria dos dados foi negativa em todos os casos, com valores mais acentuados na Pecuária (-0,95 a -1,47) do que na Mata (-0,49 a -0,64), indicando uma distribuição assimétrica à esquerda mais acentuada na Pecuária, principalmente para os Anéis 3 e 4.

Os valores de curtose foram negativos na Mata (-0,77 a -1,49), sugerindo uma distribuição mais achatada do que a normal. Na Pecuária, os valores de curtose foram positivos (2,02 a 3,52), indicando uma distribuição mais pontiaguda, ou seja, mais concentrada em torno da média.

5 DISCUSSÃO

Visando avaliar a mensuração da densidade do solo no estoque de carbono por meio da amostragem com diferentes tamanhos de anéis volumétricos, os resultados desse trabalho nos trazem certa clareza sobre o assunto.

Apesar de ser amplamente reconhecido que o método do anel volumétrico é o mais utilizado para determinar a densidade do solo (CASANOVA et al., 2016; WALTER et al., 2016; AL-SHAMMARY et al., 2018), ainda não há consenso sobre o melhor tamanho do anel para essa função. No entanto, de acordo com a revisão bibliométrica realizada neste trabalho e outras revisões (VANGUELOVA et al., 2016; WALTER et al., 2016), o anel de 100 cm^3 de volume (0,05 x 0,05 m) tem sido considerado o mais confiável para uso em diferentes profundidades.

Para a densidade de partículas, observamos que nas três últimas camadas, a densidade de partículas na Mata foi maior do que na Pecuária, o que não era esperado, visto que solos com maior quantidade de matéria orgânica tendem a possuir densidade de partículas menor (SCHJØNNING et al., 2017). Contudo, ao reanalisar os dados, notamos que uma das trincheiras da Mata apresentava valores elevados desta variável, o que aumentou a média geral. Isso pode ter ocorrido porque as trincheiras foram amostradas em diferentes posições no relevo, e a que possuía os maiores valores de densidade de partículas estava mais a montante, tendo menos matéria orgânica acumulada.

É importante ressaltar que, embora a área da Mata tenha sido considerada como nativa, no passado ela foi utilizada para agricultura. Isso pode indicar que as condições para o novo equilíbrio nos teores de C ainda não foram atingidas, especialmente na região da trincheira em que foram observados os maiores valores de densidade de partículas. Pode ser necessário um período mais longo para uma restauração mais significativa desta área, em torno de 40 anos, conforme proposto pelo Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (MELO et al., 2013).

Ao observar os resultados de densidade do solo e estoque de carbono, notamos que na maioria das camadas e em ambos os sistemas de uso, os diferentes tamanhos de anéis não tiveram um efeito significativo. Contudo, verificou-se efeitos significativos na camada de 0,20-0,40 m, tanto para a densidade do solo quanto para o estoque de carbono. Em termos de densidade, no sistema de uso Mata, observamos uma subestimativa pelo Anel 2, enquanto na Pecuária, houve superestimativas com

os Anéis 3 e 4. Para o estoque de carbono, na Mata, os Anéis 2 e 4 apresentaram subestimativas, enquanto na Pecuária, apenas o Anel 2 subestimou os valores de estoque.

Na questão da Mata novamente é importante lembrar que é uma área de regeneração, não propriamente uma mata nativa, em decorrência disso as camadas mais profundas podem ter algum resquício de manejos anteriores, principalmente a de 0,20 a 0,40 m, pois é a camada onde se concentra a compactação por pé de arado (MIOTO et al, 2015) resultante de manejos passados. Além disso observamos que na Mata, tanto a densidade quanto o estoque foram subestimados pelo Anel 2, possivelmente devido à baixa altura do anel. Como a Mata possui muitas raízes e matéria orgânica, a amostragem com esse anel pode não ter sido representativa.

Já na Pecuária temos um caso mais particular, no caso do estoque de carbono apenas o Anel 2 diferiu estatisticamente do padrão, contudo, foi o único que não diferiu do padrão em termos de densidade. Isto se deve ao cálculo do estoque de carbono de forma corrigida, onde realizamos uma relativização entre a densidade do solo da Pecuária e a densidade do solo da Mata na respectiva camada. Como a densidade do solo da Mata com o Anel 2 nessa camada foi subestimada, isso impactou tanto no estoque de carbono da própria Mata quanto no estoque da Pecuária.

O cálculo do estoque de carbono da Pecuária de forma corrigida (Equação 2) é imprescindível para uma avaliação precisa de tal variável conforme Fernandes e Fernandes (2013). Isto foi realizado porque ao iniciar o uso do solo para cultivo, especialmente de forma convencional sem plantio direto, o solo sofre perdas por erosão e outros processos. Dessa forma, a camada de 0 a 5 cm da Mata, por exemplo, não é mais equivalente à camada de 0 a 5 cm da Pecuária, que agora é uma camada subsuperficial (JANTALIA et al., 2006; VELDKAMP, 1994). O cálculo corrigido faz uma compensação pelo equivalente em massa, relativizando pela espessura da camada perdida.

Quanto aos resultados da estatística descritiva notamos que a média e mediana são mais próximas no sistema de uso Pecuária, indicando uma boa condição, uma vez que a média é uma variável mais sensível à valores extremos que a mediana (BANZATTO; KRONKA, 2006), quanto aos anéis não se nota uma grande variabilidade comparando-os. A Pecuária teve ainda os menores valores de desvio padrão, o que já era esperado, visto que na Mata a variabilidade é maior, conforme já mencionado, o que também explica os valores de alcance serem relativamente

maiores na Mata e os valores de curtose menores. Ainda no quesito de desvio padrão, em ambos os sistemas, o Anel 1 possuiu os menores desvios, entretanto não ficou muito distante dos demais anéis.

Outros pontos a serem considerados incluem o fato de que a coleta foi feita diretamente com o anel no solo, sem o uso do copo amostrador, o que pode ter influenciado os resultados desta pesquisa. Além disso, cada uma das três trincheiras de cada sistema foi coletada em diferentes posições do relevo, o que pode ter impactado tanto a densidade do solo quanto a densidade de partículas, como destacado por Souza et al. (2004), que observaram que mesmo pequenas variações no relevo podem condicionar variabilidades nos atributos físicos do solo.

Em resumo, embora tenhamos encontrado efeitos significativos em uma camada específica, não foi possível estabelecer uma correlação entre a densidade do solo e os diferentes anéis. Portanto, concluímos que a densidade do solo independe das dimensões do anel volumétrico para sua determinação. O mesmo foi observado por Vanguelova et al. (2016) em sua revisão, onde encontrou pouca influência significativa dos diâmetros de anéis volumétricos utilizados na medição da densidade do solo, indicando o anel de 100 cm^3 como uma referência, assim como fizeram Walter et al. (2016) e Makovníková (2017) em seus trabalhos relacionados ao estoque de carbono no solo.

Quanto ao teor de carbono, na Mata, especificamente na camada de 0,60 a 1,00 m, houve grandes diferenças entre os valores coletados pelo método pontual, no centro da camada, e pelo trado. No entanto, a análise estatística não mostrou resultados significativos, provavelmente devido ao alto coeficiente de variação (CV) na região da Mata, influenciado pela matéria orgânica e pela grande quantidade de raízes. Apesar de não termos obtido diferença estatística significativa entre os métodos, os resultados sugerem que a coleta pode ser feita de ambas as formas. Concluímos que não é necessário realizar a coleta na camada inteira e homogeneizá-la para obter um resultado adequado do teor de carbono na camada, coletar com o anel volumétrico no centro da camada já fornece um valor representativo, tanto para solos com alto teor de matéria orgânica quanto para solos com um teor mais baixo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese do trabalho foi rejeitada, uma vez que não foi encontrada relação entre o tamanho do anel e a densidade do solo, e consequentemente, não podendo ser atribuído a diferenças encontradas nos estoques de carbono. Também não encontramos variações estatísticas significativas quanto a forma de obter o teor de carbono do solo.

As diferenças sutis entre os anéis apresentaram alguns valores estatisticamente significativos na densidade do solo para a camada de 0,20 a 0,40 m, porém não foram relevantes a ponto de estabelecer uma correlação entre os tamanhos dos anéis e a densidade do solo.

Os resultados apresentam uma contribuição importante, pois permitem que a amostragem da densidade do solo para estimar o estoque de carbono, via método do anel volumétrico, seja realizada com qualquer tamanho de anel, de forma satisfatória, sem prejudicar a precisão da determinação do estoque de carbono no solo, e as recompensas por tal serviço.

REFERÊNCIAS

ALLMAN, M. et al. Soil Compaction after Increasing the Number of Wheeled Tractors Passes on Forest Soils in West Carpathians. **Forests**, v. 13, n. 1, 2022.

ALMEIDA, B. G. et al. Manual de métodos de análise de solo. 3 ed. Brasília, **Embrapa**, p. 65-75. 2017.

ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

AL-SHAMMARY, A. A. G. et al. Soil Bulk Density Estimation Methods: A Review. **Pedosphere**, v. 28, n. 4, p. 581-596, 2018.

BANZATTO, D. A.; KRONKA S. N. Experimentação Agrícola. 4 ed, São Paulo, **Funep**, 2006.

BARATI, A. A. et al. Agricultural expansion and its impacts on climate change: evidence from Iran. **Environment, Development and Sustainability**, v. 26, p. 5089-5115, 2024.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba - Boletim da Universidade Federal do Paraná, **Instituto Geo.**, Curitiba, 1962.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk Density. In: Methods of Soil Analysis. **SSSA Book Series**, p. 363-382, 1986.

BOSCHI, R. S. et al. Efeito da estimativa de densidade do solo no cálculo de estoque de carbono. **Revista ciência, tecnologia e ambiente**, v. 2, n. 1, p. 8-16. 2015.

CASANOVA, M. et al. Direct measurement and prediction of bulk density on alluvial soils of central Chile. **Chilean journal of agricultural research**, v. 76, n. 1, p. 105–113, 2016.

DEXTER, A. R. Soil physical quality part I: theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, Amsterdam, v. 120, n. 3, p. 201-214, 2004.

DORAN J. W. et al. Defining soil quality for a sustainable environment. **Madison: Soil Science Society of America**, 1994.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canada Journal Soil Science**, v. 75, p. 529-538, 1995.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos - Instituto Agronômico do Paraná.

Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. 1981 Mapa na escala 1:600.000, Tomos I e II, 1984, 791 p, Curitiba.

EZENKWU, C. P. et al. Monitoring carbon emissions using deep learning and statistical process control: a strategy for impact assessment of governments' carbon reduction policies. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 196, n. 231, 2024.

FERNANDES. F. A.; FERNANDES, A.H. B. M. Atualização dos métodos de cálculo de estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo. **Embrapa Pantanal**, Corumbá, p. 5, 2013.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M. Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo. **Embrapa Pantanal,** Corumbá, p. 4, 2009.

FOLLETT, R. F. Soil Management concepts and carbon sequestration in cropland soils. **Soil and Tillage Research,** v. 61, n. 1, p. 77-92, 2001.

FORNARA, D.; HIGGINS, A. Tillage and reseeding effects on soil carbon stocks: evidence from 500 agricultural grasslands in the UK. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 71, 2022.

GATTO, A. et al. Estoque de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1069-1079. 2010.

GEE, G. W.; OR, D. 2.4 Particle-size analysis. **Soil Science Society of America Book Series,** Madison, n. 5, p. 255-293, 2002.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. The solid phase. **Methods of Soil Analysis**: **Part 4 physical methods**, Madison, p. 201-225, 2002.

GUARIZ, H. R. et al. Variação da Umidade e da Densidade do Solo sob diferentes Coberturas Vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3293-3296. 2009.

HOSHAN, M. N. Interaction effects of leaching, salinity, sulfur, and organic matter on physical properties of soil planted with maize crop. **Sabrao Journal of Breeding and Genetics**, v. 56, n. 1, p. 310-322, 2024.

HUANG, X.M. et al. Cultivation in an Alpine Region: Implications for Soil Bacteria. **Agronomy**, v. 13, n. 2, 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC. Climate change 2023: Synthesis Report. **IPCC**, Geneva, p. 35-115, 2023.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Meio ambiente e recursos naturais da Região Metropolitana de Curitiba**, Curitiba, v. 2, 1979.

JANTALIA, C. P. et al. Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases do efeito estufa. **Embrapa Agrobiologia**, Porto Alegre, p.35-57, 2006.

KARLEN, D. L. et al. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

LOGSDON, S. D.; KARLEN, D. L. Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no-tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 78, n. 2, p. 143-149, 2004.

LONGEPIERRE, M. et al. Limited resilience of the soil microbiome to mechanical compaction within four growing seasons of agricultural management. **ISME Communications**, v. 1, n. 1, 2021.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MAKOVNÍKOVÁ, J. et al. Comparison of different models for predicting soil bulk density. Case study - Slovakian agricultural soils. **International Agrophysics**, v. 31, n. 4, p. 491-498, 2017.

MELO, F. P. L. et al. Priority setting for scaling-up tropical forest restoration projects: Early lessons from the Atlantic Forest Restoration Pact. **Environmental Science & Policy**, v. 33, p. 395-404, 2013.

MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Predição e mapeamento de capacidade de retenção de água do solo usando funções de pedotransferência e modelagem quantitativa. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Recife, 2005.

MIOTO, L. S. et al. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação em área cultivada com mandioca. **IX EPCC**, n. 9, p. 4-8, 2015.

PEREIRA, J. R. A.; REZENDE, M. A. Determinação da densidade do solo para diferentes tipos de manejos e metodologias. **Irriga**, v. 6, n. 3, p. 111-119. 2001.

PIRES, L. F. ROSA, J. A. TIMM, L. C. Comparação de métodos de medida da densidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, p. 161-170. 2011.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações. **Manole**, Barueri, 2008.

SANTOS, E. Carbono, nitrogênio e relação C/N em gleissolo e cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da floresta ombrófila densa,

Antonina-PR. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 40-42. 2007.

SCHJØNNING, P. et al. Predicting soil particle density from clay and soil organic matter contentes. **Geoderma**, v. 286, p. 83-87, 2017.

SEQUEIRA, C. H. et al. Predicting soil bulk density for incomplete databases. **Geoderma**, v. 213, p. 64-73, 2014.

SHI, L. N. et al. Prediction of soil bulk density in agricultural soils using mid-infrared spectroscopy. **Geoderma**, v. 434, 2023.

SILVA, V. R., REINERT, D. J., REICHERT, J. M. Comparação entre os métodos do cilindro e do torrão na determinação da porosidade e da densidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 1065-1068, 2000.

SIMON C. P. et al. Soil quality literature in Brazil: A systematic review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 2022.

SKEJMSTAD, J. D.; TAYLOR, J. A. Does the Walkley-Black methods determine soil charcoal? **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 30, p. 2299-2310, 1999.

SMITH, P. et al. Global change pressures on soils from land use and management. **Global Change Biology**, v. 22, n. 3, p. 1008-1028, 2016.

SOARES, M. D. R. et al. Land-use change and its impact on physical and mechanical properties of Archaeological Black Earth in the Amazon rainforest. **Catena**, v. 202, 2021.

SOUZA, Z. M.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 937-944, 2004.

SUGAMOSTO, M. L. Uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração do mapa de aptidão agrícola e avaliação da adequação de uso do centro de estações experimentais do Canguiri, Município de Pinhais – PR. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002.

SZOBOSZLAY, M. et al. Impact of land-use change and soil organic carbon quality on microbial diversity in soils across Europe. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 93, n. 12, 2017.

UNFCCC. Plano de Implementação de Sharm el-Sheikh. **Sharm el-Sheikh**, p. 1-10, 2022.

VAN DER VOORT, T. S. et al. Enabling soil carbon farming: presentation of a robust, affordable, and scalable method for soil carbon stock assessment. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 43, 2023.

VANGUELOVA E. I. et al. Sources of errors and uncertainties in the assessment of forest soil carbon stocks at different scales - Review and recommendations**. Environ Monit Assess,** v. 188, n. 630, 2016.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p.175-180, 1994.

WEI, H. et al. Soil structural vulnerability: Critical review and conceptual development. **Geoderma**, v. 430, 2023.

WALTER, K. et al. Determining Soil Bulk Density for Carbon Stock Calculations: A Systematic Method Comparison. **Soil Science Society of America Journal**, v. 80, n. 3, p. 579-591, 2016.

APÊNDICE 1

TABELA 1S – QUANTIDADE DE TRABALHOS POR ANO REFERENTES A REVISÃO BIBLIOMÉTRICA.

Ano	Quantidade	Trabalhos
2021	30	Abdelrhman et al. (2021), Afonso et al. (2021), Al-guwaiz et al. (2021), Antón et al. (2021), Bai et al. (2021), Busman et al. (2021), Coulouma et al. (2021), Curzon et al. (2021), Gonçalves et al. (2021), Kim et al. (2021), Lei et al. (2021), Lipiec et al. (2021), Longepierre et al. (2021), Lu et al. (2021), Ma et al. (2021), Martensson et al. (2021), Martíni et al. (2021), Maselesele et al. (2021), Moinfar et al. (2021), Peng et al. (2021), Ramananjatovo et al. (2021), Sadiq et al. (2021), Siaudinis et al. (2021), Simon et al. (2021), Sohrabi et al. (2021), Usowicz & Lipiec (2021), Wang et al. (2021), Xue et al. (2021), Zhang et al. (2021), Zheng et al. (2021).
2022	80	Acquah & Chen (2022), Ali et al. (2022), Allman et al. (2022), Araya et al. (2022), Asaye et al. (2022), Ayaz et al. (2022), Ayral et al. (2022), Baek et al. (2022), Bai et al. (2022), Bai et al. (2022), Bakian-Dogaheh et al. (2022), Bondì et al. (2022), Bulgakov et al. (2022), Carvalho et al. (2022), Castellini et al. (2022), Cervera-mata et al. (2022), Chen et al. (2022), Chen et al. (2022), Cviklovic et al. (2022), Dang et al. (2022), Denboba (2022), Ehrhardt et al. (2022), Fornara & Higgins (2022), Franzluebbers (2022), Gopinath et al. (2022), Grahmann et al. (2022), Guo et al. (2022), Han et al. (2022), Haruna et al. (2022), Hua et al. (2022), Huang et al. (2022), Kibet et al. (2022), Kibet et al. (2022), Kim et al. (2022), Lardy et al. (2022), Latterini et al. (2022), Launiainen et al. (2022), Li et al. (2022), Li et al. (2022), Li et al. (2022), Li et al. (2022), Lin et al. (2022), Liu et al. (2022), Liu et al. (2022), Liu et al. (2022), Lulandala et al. (2022), Ma et al. (2022), Marquez et al. (2022), Peng et al. (2022), Popolizio et al. (2022), Popolizio et al. (2022), Qiang et al. (2022), Qin et al. (2022), Riley et al. (2022), Romaneckas et al. (2022), Santos et al. (2022), Seidel et al. (2022), Shang et al. (2022), Shi et al. (2022), Singh et al. (2022), Soares et al. (2022), Song et al. (2022), Stanek-Tarkowska et al. (2022), Su & Liu (2022), Su et al. (2022), Tschanz et al. (2022), Wang et al. (2022), Wang et al. (2022), Wang et al. (2022), Wang et al. (2022), Waring et al. (2022), Yang et al. (2022), Yang et al. (2022), Zhang et al. (2022), Zhang et al. (2022), Zhao et al. (2022), Zhao et al. (2022), Zhao et al. (2022), Zhao et al. (2022), Zhu et al. (2022).
2023	54	Alessandrino et al. (2023), Allman et al. (2023), Bottega et al. (2023), Chen et al. (2023), Chen et al. (2023), Chen et al. (2023), Cheng et al. (2023), Clancy et al. (2023), Duan et al. (2023), Fan et al. (2023), Gui et al. (2023), Haftu et al. (2023), Huang et al. (2023), Hui et al. (2023), Jiang et al. (2023), Jing et al. (2023), Kok et al. (2023), Lei et al. (2023), Li et al. (2023), Li et al. (2023), Liang et al. (2023), Liao et al. (2023), Lincmaierová et al. (2023), Liu et al. (2023), Liu et al. (2023), Liu et al. (2023), Ma et al. (2023), Meng et al. (2023), Meng et al. (2023), Park et al. (2023), Pauwels et al.

		(2023), Petaja et al. (2023), Pulley et al. (2023), Sadowska et al. (2023), Samsonova et al. (2023), Sha et al. (2023), Silva et al. (2023), Song et al. (2023), Sun et al. (2023), Sun et al. (2023), Tu et al. (2023), Wang et al. (2023), Wang et al. (2023), Wang et al. (2023), Wang et al. (2023), Wu et al. (2023), Xie & Ma (2023), Yang et al. (2023), Yao et al. (2023), Yuan et al. (2023), Zhai et al. (2023), Zhang (2023), Zhang et al. (2023), Zhao et al. (2023).
2024	2	Peng et al. (2024), Ramadhan (2024).

FONTE: O autor (2024).

APÊNDICE 2

REFERÊNCIAS DA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

ABAY, E.Z. et al. Spatiotemporal variation and correlation of soil enzyme activities and soil physicochemical properties in canopy gaps of the Tianshan Mountains, Northwest China. **Journal of Arid Land**, v. 14, n. 7, p. 824-836, 2022.

ABDELRHMAN, A.A. et al. Long-Term Application of Organic Wastes Improves Soil Carbon and Structural Properties in Dryland Affected by Coal Mining Activity. **Sustainability**, v. 13, n. 10, 2021.

ACQUAH, K.; CHEN, Y. Soil Compaction from Wheel Traffic under Three Tillage Systems. **Agriculture**, v. 12, n. 2, 2022.

AFONSO, S.; ARROBAS, M.; RODRIGUES, M.A. Twenty-Years of Hop Irrigation by Flooding the Inter-Row Did Not Cause a Gradient along the Row in Soil Properties, Plant Elemental Composition and Dry Matter Yield. **Horticulturae**, v. 7, n. 7, 2021.

AHMEDIN, A.M.; ELIAS, E. Effects of habitat gradient and agro-climatic variation on selected soil physical and chemical properties in the Bale Mountains national park, south-eastern Ethiopia. **BMC Ecology and Evolution**, v. 22, n. 1, 2022.

AIRORI, A.J.; BAKER, T.J.; TURK, J.K. The Impact of Sampling Methodology on Soil Bulk Density Measurement by the Clod Method. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 53, n. 3, p. 317-326, 2022.

ALBALASMEH, A.A. et al. Assessment of the Effect of Irrigation with Treated Wastewater on Soil Properties and on the Performance of Infiltration Models. **Water**, v. 14, n. 9, 2022.

AL-DOSARY, M.N.; ABOUKARIMA, A.M.; AL-HAMED, S.A. Evaluation of Artificial Neural Network to Model Performance Attributes of a Mechanization Unit (Tractor-Chisel Plow) under Different Working Variables. **Agriculture**, v. 12, n. 6, 2022.

ALESSANDRINO, L. et al. Effects of Graphene on Soil Water-Retention Curve, van Genuchten Parameters, and Soil Pore Size Distribution-A Comparison with Traditional Soil Conditioners. **Water**, v. 15, n. 7, 2023.

AL-GUWAIZ, S.M. et al. Role of Mangrove Rehabilitation and Protection Plans on Carbon Storage in Yanbu Industrial City, Saudi Arabia: A Case Study. **Sustainability**, v. 13, n. 23, 2021.

ALI, A. et al. Residual Effect of Finely-Ground Biochar Inoculated with Bio-Fertilization Impact on Productivity in a Lentil-Maize Cropping System. **Agronomy**, v. 12, n. 9, 2022.

ALLMAN, M. et al. Soil and Residual Stand Disturbances after Harvesting in Close-to-Nature Managed Forests. **Forests**, v. 14, n. 5, 2023.

ALLMAN, M. et al. Soil Compaction after Increasing the Number of Wheeled Tractors Passes on Forest Soils in West Carpathians. **Forests**, v. 13, n. 1, 2022.

ALNAIMY, M.A. et al. The Vital Roles of Parent Material in Driving Soil Substrates and Heavy Metals Availability in Arid Alkaline Regions: A Case Study from Egypt. **Water**, v. 15, n. 13, 2023.

AL-SHAMMARY, A.G. et al. Impact of agronomic practices on physical surface crusts and some soil technical attributes of two winter wheat fields in southern Iraq. **Journal of Soils and Sediments**, v. 23, n. 11, p. 3917-3936, 2023.

AMER, M.M. et al. Effect of Gypsum, Compost, and Foliar Application of Some Nanoparticles in Improving Some Chemical and Physical Properties of Soil and the Yield and Water Productivity of Faba Beans in Salt-Affected Soils. **Agronomy**, v. 13, n. 4, 2023.

ANTÓN, R. et al. Soil Water Retention and Soil Compaction Assessment in a Regional-Scale Strategy to Improve Climate Change Adaptation of Agriculture in Navarre, Spain. **Agronomy**, v. 11, n. 3, 2021.

ARAYA, T. et al. The impact of Tamarix invasion on the soil physicochemical properties. **Sci Rep**, v. 12, n. 1, 2022.

ARYAL, D.R. et al. Silvopastoral systems and remnant forests enhance carbon storage in livestock-dominated landscapes in Mexico. **Sci Rep**, v. 12, n. 1, 2022.

ASANO, K. et al. Arbuscular Mycorrhizal Communities in the Roots of Sago Palm in Mineral and Shallow Peat Soils. **Agriculture**, v. 11, n. 11, 2021.

ASAYE, Z. et al. Effects of Combined Application of Compost and Mineral Fertilizer on Soil Carbon and Nutrient Content, Yield, and Agronomic Nitrogen Use Efficiency in Maize-Potato Cropping Systems in Southern Ethiopia. **Land**, v. 11, n. 6, 2022.

ASIF, M. et al. Detrimental Effects of Induced Soil Compaction on Morphological Adaptation and Physiological Plasticity of Selected Multipurpose Tree Species **Plants**, v. 12, n. 13, 2023.

AYAZ, M. et al. The Impact of Swine Manure Biochar on the Physical Properties and Microbial Activity of Loamy Soils. **Plants**, v. 11, n. 13, 2022.

BAEK, K. et al. Impact on Soil Physical Properties Related to a High Mechanization Level in the Row Thinning of a Korean Pine Stand. **Land**, v. 11, n. 3, 2022.

BAI, J. et al. Effects of Sewage Sludge Application on Plant Growth and Soil Characteristics at a Pinus sylvestris var. mongolica Plantation in Horqin Sandy Land. **Forests**, v. 13, n. 7, 2022.

BAI, L.Z. et al. Effects of Conservation Tillage on Soil Properties and Maize Yield in Karst Regions, Southwest China. **Agriculture**, v. 12, n. 9, 2022.

BAI, Z.T. et al. Effect of Smashing Ridge Tillage Depth on Soil Water, Salinity, and Yield in Saline Cotton Fields in South Xinjiang, China. **Water**, v. 13, n. 24, 2021.

BAKIAN-DOGAHEH, K. et al. A model to characterize soil moisture and organic matter profiles in the permafrost active layer in support of radar remote sensing in Alaskan Arctic tundra. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 2, 2022.

BEN SAADI, C. et al. Latitudinal patterns and environmental drivers of taxonomic, functional, and phylogenetic diversity of woody plants in western Amazonian terra firme forests. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

BONDÌ, C.; CASTELLINI, M.; IOVINO, M. Compost Amendment Impact on Soil Physical Quality Estimated from Hysteretic Water Retention Curve. **Water**, v. 14, n. 7, 2022.

BOTTEGA, E.L. et al. Soil Density Characterization in Management Zones Based on Apparent Soil Electrical Conductivity in Two Field Systems: Rainfeed and Center-Pivot Irrigation. **AgriEngineering**, v. 5, n. 1, p. 460-472, 2023.

BRAVO-MEDINA, C. et al. Soil properties variation in a small-scale altitudinal gradient of an evergreen foothills forest, Ecuadorian Amazon region. **European Journal of Forest Research**, v. 142, n. 6, p. 1325-1339, 2023.

BRUCIENE, I.; BURAGIENE, S.; SARAUSKIS, E. Weeding Effectiveness and Changes in Soil Physical Properties Using Inter-Row Hoeing and a Robot. **Agronomy**, v. 12, n. 7, 2022.

BRYK, M.; KOLODZIEJ, B. Pedotransfer Functions for Estimating Soil Bulk Density Using Image Analysis of Soil Structure. **Sensors**, v. 23, n. 4, 2023.

BULGAKOV, V. et al. Effects of Tractor and Soil Parameters on the Depth of the Permanent Traffic Lanes in Controlled Traffic Farming Systems. **Applied Sciences**, v. 12, n. 13, 2022.

BURG, P. et al. The Effect of Mulch Materials on Selected Soil Properties, Yield and Grape Quality in Vineyards under Central European Conditions. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 2022.

BUSMAN, N.A. et al. Effect of compaction on soil CO2 and CH4 fluxes from tropical peatland in Sarawak, Malaysia. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, n. 8, p. 11646-11659, 2021.

CALCAN, S.I. et al. Effects of Biochar on Soil Properties and Tomato Growth. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 2022.

CAO, W. et al. Linking Vegetation Diversity and Soils on Highway Slopes: A Case Study of the Zhengzhou-Xinxiang Section of the Beijing-Hong Kong-Macau Highway. **Forests**, v. 14, n. 9, 2023.

CAO, X.Y. et al. Evaluation of Soil Quality in Five Ages of Chinese Fir Plantations in Subtropical China Based on a Structural Equation Model. **Forests**, v. 14, n. 6, 2023.

CARVALHO, M.L. et al. Assessment of Soil Physical Quality and Water Flow Regulation under Straw Removal Management in Sugarcane Production Fields. **Sustainability**, v. 14, n. 2, 2022.

CASTELLINI, M. et al. Short- and Medium-Term Effects of On-Farm Compost Addition on the Physical and Hydraulic Properties of a Clay Soil. **Agronomy**, v. 12, n. 6, 2022.

CERVERA-MATA, A. et al. Sequential effects of spent coffee grounds on soil physical properties. **Soil Use and Management**, v. 39, n. 1, p. 286-297, 2022.

CHANG, Y.R. et al. Biochar improves soil physical characteristics and strengthens root architecture in Muscadine grape (Vitis rotundifolia L.). **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 8, n. 1, 2021.

CHANKHAO, A. et al. Dynamics of Forage and Management Implications for Large Herbivore Habitat in Seasonally Dry Forest of Southeast Asia. **Forests**, v. 13, n. 9, 2022.

CHEN, D.Q. et al. Variation in Community Structure of the Root-Associated Fungi of Cinnamomum camphora Forest. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 11, 2022.

CHEN, N.N. et al. The Tradeoff between Maintaining Maize (Zea mays L.) Productivity and Improving Soil Quality under Conservation Tillage Practice in Semi-Arid Region of Northeast China. **Agriculture**, v. 13, n. 2, 2023.

CHEN, Q.Q. et al. Role of Environment Variables in Spatial Distribution of Soil C, N, P Ecological Stoichiometry in the Typical Black Soil Region of Northeast China. **Sustainability**, v. 14, n. 5, 2022.

CHEN, S.S. et al. Impacts of Grazing Disturbance on Soil Nitrogen Component Contents and Storages in a Leymus chinensis Meadow Steppe. **Agronomy**, v. 13, n. 6, 2023.

CHEN, X.S. et al. Belowground seed and bud banks play complementary roles in the potential recruitment of dominant macrophyte communities in a Yangtze River-connected floodplain wetland. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

CHEN, Y.X. et al. Effects of plant diversity, soil microbial diversity, and network complexity on ecosystem multifunctionality in a tropical rainforest. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.

CHEN, Y.Z. et al. Responses of community traits and soil characteristics of Achnatherum inebrians-type degraded grassland to grazing systems in alpine meadows on the Qinghai-Tibet Plateau. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.

CHENDEV, Y.G. et al. Spatiotemporal Dynamics of Forest Vegetation and Their Impacts on Soil Properties in the Forest-Steppe Zone of Central Russian Upland: A Remote Sensing, GIS Analysis, and Field Studies Approach. **Forests**, v. 14, n. 10, 2023.

CHENG, S. et al. Effects of tillage method on the carbon footprint, energy budget, and net ecosystem economic efficiency of rice fields **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, 2023.

CHI, C.M.; WANG, J.J.; ZHI, J.H. Prediction of Soil Water Thresholds for Trees in the Semi-Arid Region on the Loess Plateau. **Processes**, v. 10, n. 11, 2022.

CLANCY, M.A. et al. A novel method incorporating large rock fragments for improved soil bulk density and carbon stock estimation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 87, n. 5, p. 1029-1041, 2023.

COÊLHO, D.D. et al. Soil and Root System Attributes of Forage Cactus under Different Management Practices in the Brazilian Semiarid. **Agronomy**, v. 13, n. 3, 2023.

CORREA, J.; POSTMA, J.A.; WOJCIECHOWSKI, T. Phenotypic response to soil compaction varies among genotypes and correlates with plant size in sorghum. **Plant Soil**, v. 472, n. 1-2, p. 59-76, 2022.

COULOUMA, G. et al. Assessing new sensor-based volume measurement methods for high-throughput bulk density estimation in the field under various soil conditions. **European Journal of Soil Science**, v. 72, n. 5, p. 2049-2061, 2021.

CURZON, M.T. et al. Harvest impacts to stand development and soil properties across soil textures: 25-year response of the aspen Lake States LTSP installations. **Forest Ecology and Management**, v. 504, 2021.

CVIKLOVIC, V. et al. Data Acquisition System for On-the-Go Soil Resistance Force Sensor Using Soil Cutting Blades. **Sensors**, v. 22, n. 14, 2022.

DA SILVA, T.S. et al. Soil Tillage and Cropping System Effects on the Physical-Hydric Properties of a Soil under No-Tillage. **Sustainability**, v. 15, n. 22, 2023.

DANG, L.V.; NGOC, N.P.; HUNG, N.N. Effects of Biochar, Lime, and Compost Applications on Soil Physicochemical Properties and Yield of Pomelo (Citrus grandis Osbeck) in Alluvial Soil of the Mekong Delta. **Applied and Environmental Soil Science**, 2022.

DENBOBA, M.A. Grazing management and carbon sequestration in the Dry Lowland Rangelands of Southern Ethiopia. **Sustainable Environment**, v. 8, n. 1, 2022.

DIAO, W.Y. et al. Influences of Soil Bulk Density and Texture on Estimation of Surface Soil Moisture Using Spectral Feature Parameters and an Artificial Neural Network Algorithm. **Agriculture**, v. 11, n. 8, 2021.

DING, X.G. et al. Depth-Dependent C-N-P Stocks and Stoichiometry in Ultisols Resulting from Conversion of Secondary Forests to Plantations and Driving Forces. **Forests**, v. 12, n. 10, 2021.

DU, M.Y. et al. Effects of different land use patterns on soil properties and N2O emissions on a semi-arid Loess Plateau of Central Gansu. **Frontiers of Ecology and Evolution**, v. 11, 2023.

DUAN, C.X. et al. Effect of bio-organic fertilizer derived from agricultural waste resources on soil properties and winter wheat (Triticum aestivum L.) yield in semi-humid drought-prone regions. **Agricultural Water Management**, v. 289, 2023.

DUMAN, A. et al. Variation in Certain Soil Properties Based on Land Use Type, and Elevation in Arhavi Sub-Basin, Artvin, Turkiye. **Sustainability**, v. 15, n. 11, 2023.

EBID, A.M.; ONYELOWE, K.C.; ARINZE, E.E. Estimating the Ultimate Bearing Capacity for Strip Footing Near and within Slopes Using AI (GP, ANN, and EPR) Techniques. **Journal of Engineering**, 2021.

ECKDAHL, J.A.; KRISTENSEN, J.A.; METCALFE, D.B. Climatic variation drives loss and restructuring of carbon and nitrogen in boreal forest wildfire. **Biogeosciences**, v. 19, n. 9, p. 2487-2506, 2022.

EHRHARDT, A.; DEUMLICH, D.; GERKE, H.H. Soil Surface Micro-Topography by Structure-from-Motion Photogrammetry for Monitoring Density and Erosion Dynamics. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, 2022.

FAN, L.L. et al. Grazing Decreases Soil Aggregation and Has Different Effects on Soil Organic Carbon Storage across Different Grassland Types in Northern Xinjiang, China. **Land**, v. 12, n. 8, 2023.

FORNARA, D.; HIGGINS, A. Tillage and reseeding effects on soil carbon stocks: evidence from 500 agricultural grasslands in the UK. **Agronomy for Sustainable Developmennt**, v. 42, n. 4, 2022.

FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter, texture, and drying temperature effects on water contente. **Soil Science Society of America Journal**, v. 86, n. 4, p. 1086-1095, 2022.

GAO, M.; LI, H.Y.; LI, M. Effect of No Tillage System on Soil Fungal Community Structure of Cropland in Mollisol: A Case Study. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, 2022.

GAO, X.M. et al. Comprehensive Evaluation of Soil Quality: a Case Study from a Semi-Arid Area Experiencing Coal Mine Related Subsidence in China. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 30, n. 5, p. 4531-4544, 2021.

GHORBANI, M. et al. Carbon Fixation and Soil Aggregation Affected by Biochar Oxidized with Hydrogen Peroxide: Considering the Efficiency of Pyrolysis Temperature. **Sustainability**, v. 15, n. 9, 2023.

GONÇALVES, V.C. et al. Influence of the Caicaras on Soil Properties in the Savanna Region of Roraima, Northern Amazon. **Sustainability**, v. 13, n. 20, 2021.

GOPINATH, K.A. et al. Influence of Crops and Different Production Systems on Soil Carbon Fractions and Carbon Sequestration in Rainfed Areas of Semiarid Tropics in India. **Sustainability**, v. 14, n. 7, 2022.

GRAHMANN, K. et al. Soil Use Legacy as Driving Factor for Soil Erosion under Conservation Agriculture. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, 2022.

GU, W.Q. et al. Long-Term Effects of Biochar Application With Reduced Chemical Fertilizer on Paddy Soil Properties and japonica Rice Production System. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, 2022.

GUI, W.Y. et al. Soil Bulk Density and Matric Potential Regulate Soil CO2 Emissions by Altering Pore Characteristics and Water Content. **Land**, v. 12, n. 9, 2023.

GUO, J. et al. Meta-Analysis of the Effect of Subsurface Irrigation on Crop Yield and Water Productivity. **Sustainability**, v. 15, n. 22, 2023.

GUO, J.H. et al. The Effect of the Conversion from Natural Broadleaved Forests into Chinese fir (Cunninghamia lanceolata (Lamb.) Hook.) Plantations on Soil Microbial Communities and Nitrogen Functional Genes. **Forests**, v. 13, n. 2, 2022.

HAFTU, K. et al. Effect of Compost, Blended (NPSZn), and Potassium Chloride Fertilizers on Soil Bulk Density and Moisture Content in Two Soil Textural Groups of Tigray, Northern Ethiopia. **Applied and Environmental Soil Science**, 2023.

HAN, X. et al. Characteristics of Soil Organic Carbon Fractions and Stability along a Chronosequence of Cryptomeria japonica var. sinensis Plantation in the Rainy Area of Western China. **Forests**, v. 13, n. 10, 2022.

HAQUE, N.A. et al. Impact of Organic Amendment with Alternate Wetting and Drying Irrigation on Rice Yield, Water Use Efficiency and Physicochemical Properties of Soil. **Agronomy**, v. 11, n. 8, 2021.

HARUNA, S.I. et al. Effects of cover crops on soil hydraulic properties during commodity crop growing season. **Soil Use and Management**, v. 39, n. 1, p. 218-231, 2022.

HIKOUEI, I.S.; KIM, S.S.; MISHRA, D.R. Machine-Learning Classification of Soil Bulk Density in Salt Marsh Environments. **Sensors**, v. 21, n. 13, 2021.

HOU, T.T. et al. Soil Respiration Characteristics and Influencing Factors for Apple Orchards in Different Regions on the Loess Plateau of Shaanxi Province. **Sustainability**, v. 13, n. 9, 2021.

HU, J. et al. Effects of Long-Term Enclosing on Vertical Distributions of Soil Physical Properties and Nutrient Stocks in Grassland of Inner Mongolia. **Agronomy**, v. 11, n. 9, 2021.

HUA, Y.P. et al. The Influences of the Desert Photovoltaic Power Station on Local Climate and Environment: A Case Study in Dunhuang Photovoltaic Industrial Park, Dunhuang City, China in 2019. **Atmosphere**, v. 13, n. 8, 2022.

HUANG, M. et al. Unexpected no significant soil carbon losses in the Tibetan grasslands due to rodent bioturbation. **PNAS Nexus**, v. 2, n. 3, 2023.

HUANG, X. et al. Effects of Spartina alterniflora Invasion on Soil Organic Carbon Storage in the Beihai Coastal Wetlands of China. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, 2022.

HUANG, X.F. et al. Driving Factors and Prediction of Rock Desertification of Non-Tillage Lands in a Karst Basin, Southwest China. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 30, n. 4, p. 3627-3635, 2021.

HUANG, X.M. et al. Cultivation in an Alpine Region: Implications for Soil Bacteria. **Agronomy**, v. 13, n. 2, 2023.

HUI, X. et al. Specific power or droplet shear stress: Which is the primary cause of soil erosion under low-pressure sprinklers? **Agricultural Water Management**, v. 286, 2023.

JIANG, S.C. et al. A seven-year study on the effects of four tillage modes on soil physicochemical properties, microbial biomass, enzymatic activities, and grain yield in a rice-ratoon rice cropping system. **Food and Energy Security**, v. 12, n. 2, 2023.

JIN, Y.W. et al. Quantitative Evaluation of the Crop Yield, Soil-Available Phosphorus, and Total Phosphorus Leaching Caused by Phosphorus Fertilization: A Meta-Analysis. **Agronomy**, v. 13, n. 9, 2023.

JING, X.Y. et al. How Do Microplastics Affect Physical Properties of Silt Loam Soil under Wetting-Drying Cycles? **Agronomy**, v. 13, n. 3, 2023.

KALINITCHENKO, V.P. et al. Intra-Soil Milling for Stable Evolution and High Productivity of Kastanozem Soil. **Processes**, v. 9, n. 8, 2021.

KANG, L. et al. Distribution Characteristics and Influencing Factors of Soil Biological Indicators in Typical Farmland Soils. **Land**, v. 12, n. 4, 2023.

KHALIFA, T.H. et al. Effect of Organic Amendments and Nano-Zinc Foliar Application on Alleviation of Water Stress in Some Soil Properties and Water Productivity of Barley Yield. **Agronomy**, v. 12, n. 3, 2022.

KHEIR, M.S. et al. The Fusion Impact of Compost, Biochar, and Polymer on Sandy Soil Properties and Bean Productivity. **Agronomy**, v. 13, n. 10, 2023.

KIBET, E. et al. Soil greenhouse gas emissions from different land utilization types in Western Kenya. **Frontiers in Soil Science**, v. 2, 2022.

KIBET, E. et al. Soil Organic Carbon Stocks under Different Land Utilization Types in Western Kenya. **Sustainability**, v. 14, n. 14, 2022.

KIM, I. et al. Effect of Heavy Machine Traffic on Soil CO2 Concentration and Efflux in a Pinus koraiensis Thinning Stand. **Forests**, v. 12, n. 11, 2021.

KIM, N.; BEHNKE, G.D.; VILLAMIL, M.B. Characterization of Mollisols after Long-Term N Fertilization at Successive Rates in Continuous and Rotated Corn Systems. **Agronomy**, v. 12, n. 3, 2022.

KLÖTZLI, J. et al. Key management practices to reduce the risk of the occurrence of Rumex obtusifolius in productive grasslands. **Weed Research**, v. 64, n. 1, p. 76-88, 2024.

KOK, J.D. et al. Temporal variability in organic amendment impacts on hydro-physical properties of sandy agricultural soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 87, n. 4, p. 963-984, 2023.

KOSTIC, M. et al. Georeferenced tractor wheel slip data for prediction of spatial variability in soil physical properties. **Precision Agriculture**, v. 22, n. 5, p. 1659-1684, 2021.

LAN, M.Y. et al. Changes in Plant Diversity and Soil Factors under Different Rocky Desertification Degrees in Northern Guangdong, China. **Forests**, v. 14, n. 4, 2023.

LARDY, J.M. et al. Effects of soil bulk density and water content on penetration resistance. **Agricultural & Environmental Letters**, v. 7, n. 2, 2022.

LATTERINI, F. et al. Depth-to-Water Maps to Identify Soil Areas That Are Potentially Sensitive to Logging Disturbance: Initial Evaluations in the Mediterranean Forest Context. **Land**, v. 11, n. 5, 2022.

LAUNIAINEN, S. et al. Water Retention Characteristics of Mineral Forest Soils in Finland: Impacts for Modeling Soil Moisture. **Forests**, v. 13, n. 11, 2022.

LEI, L. et al. Soil Hydrological Properties' Response to Long-Term Grazing on a Desert Steppe in Inner Mongolia. **Sustainability**, v. 15, n. 23, 2023.

LEI, P. et al. Effects of Crop-Hedgerow Intercropping on the Soil Physicochemical Properties and Crop Yield on Sloping Cultivated Lands in a Purple Soil of Southwestern China. **Forests**, v. 12, n. 8, 2021.

LI, C.Y. et al. Kinetics of phosphorus sorption/desorption by soil aggregates in a long-term revegetation desert ecosystem. **Land Degradation & Development**, v. 33, n. 17, p. 3401-3410, 2022.

LI, F.J. et al. No-Tillage Promotes Wheat Seedling Growth and Grain Yield Compared with Plow-Rotary Tillage in a Rice-Wheat Rotation in the High Rainfall Region in China. **Agronomy**, v. 12, n. 4, 2022.

LI, G. et al. Effect of ecological restoration on topsoil phosphorus following afforestation on abandoned ponds in northern Chaohu Lake, China. **Nature Conservation**, n. 53, p. 1-16, 2023.

LI, H.N. et al. Soil Properties under Artificial Mixed Forests in the Desert-Yellow River Coastal Transition Zone, China. **Forests**, v. 13, n. 8, 2022.

LI, J.S. et al. Long-Term Effect of Tamarisk Plantation on Soil Physical Properties and Soil Salt Distribution in Coastal Saline Land. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 2022.

LI, L. et al. Intermittent Deep Tillage on Improving Soil Physical Properties and Crop Performance in an Intensive Cropping System. **Agronomy**, v. 12, n. 3, 2022.

LI, Q. et al. Construction and application of a new index for root architecture quantification in arid and semi-arid regions. **Frontiers in Environmental Science**, v. 11, 2023.

LI, R. et al. Multifunctional Superabsorbent Polymer under Residue Incorporation Increased Maize Productivity through Improving Sandy Soil Properties. **Advances in Polymer Technology**, 2022.

LI, Y.T. et al. Changes in Reconstructed Soil Physicochemical Properties in an Opencast Mine Dump in the Loess Plateau Area of China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 2, 2022.

LIANG, P.N. et al. Lithology-mediated soil erodibility characteristics after vegetation restoration in the karst region of Southwest China. **Land Degradation & Development**, v. 35, n. 3, p. 1074-1086, 2023.

LIANG, Z.W. et al. Sprinkler Drip Infiltration Quality Prediction for Moisture Space Distribution Using RSAE-NPSO. **Agriculture**, v. 12, n. 5, 2022.

LIAO, G.X. et al. Main Habitat Factors Driving the Phenotypic Diversity of Litsea cubeba in China. **Plants**, v. 12, n. 21, 2023.

LIBUTTI, A.; FRANCAVILLA, M.; MONTELEONE, M. Hydrological Properties of a Clay Loam Soil as Affected by Biochar Application in a Pot Experiment. **Agronomy**, v. 11, n. 3, 2021.

LIN, H. et al. Design and Experiment of a Reciprocating Intermittent Chopping Device for Maize Straw Returning. **Agriculture**, v. 12, n. 2, 2022.

LIN, S.D. et al. Quantifying the Impact of Organic Fertilizers on Soil Quality under Varied Irrigation Water Sources. **Water**, v. 15, n. 20, 2023.

LINCMAIEROVÁ, K. et al. Assessing Microplastic-Induced Changes in Sandy Soil Properties and Crop Growth. **AgriEngineering**, v. 5, n. 3, p. 1555-1567, 2023.

LIPIEC, J. et al. Effects of Application of Recycled Chicken Manure and Spent Mushroom Substrate on Organic Matter, Acidity, and Hydraulic Properties of Sandy Soils. **Materials**, v. 14, n. 14, 2021.

LISHAN, T.; ALEMU, F. Elucidating sole application of farmyard manure and blended NPSB fertilizer effects on soil properties at Bench Shako and West Omo zone, South West Ethiopia. **Heliyon**, v. 10, n. 1, 2024.

LIU, G.F. et al. Effects of Land Use on the Soil Microbial Community in the Songnen Grassland of Northeast China. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, 2022.

LIU, K. et al. Soil Compaction under Different Traction Resistance Conditions-A Case Study in North Italy. **Agriculture**, v. 12, n. 11, 2022.

LIU, K.L. et al. Understory vegetation diversity, soil properties and microbial community response to different thinning intensities in Cryptomeria japonica var. sinensis plantations. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, 2023.

LIU, L.L. et al. Effects of Afforestation Patterns on Soil Nutrient and Microbial Community Diversity in Rocky Desertification Areas. **Forests**, v. 14, n. 12, 2023.

LIU, M.X. et al. Characteristics of Culturable Microbial Community in Rhizosphere/Non-rhizosphere Soil of Potentilla Fruticosa Population in Alpine Meadow Elevation Gradient. **Frontiers in Soil Science**, v. 1, 2021.

LIU, M.X. et al. Characteristics of Soil Organic Carbon Distribution in Different Economic Forests in Gangu County, Gansu Province, China. **Eurasian Soil Science**, v. 56, n. 11, p. 1641-1652, 2023.

LIU, S. et al. Effects of Conventional Tillage and No-Tillage Systems on Maize (Zea mays L.) Growth and Yield, Soil Structure, and Water in Loess Plateau of China: Field Experiment and Modeling Studies. **Land**, v. 11, n. 11, 2022.

LIU, S. et al. Assessment of Artificial Forest Restoration by Exploring the Microbial Community Structure and Function in a Reclaimed Coal Gob Pile in a Loess Hilly Area of Shanxi, China. **Forests**, v. 14, n. 9, 2023.

LIU, X. et al. Influence of urbanization on schistosomiasis infection risk in Anhui Province based on sixteen year's longitudinal surveillance data: a spatio-temporal modelling study. **Infectious Diseases of Poverty**, v. 12, n. 1, 2023.

LIU, X.C. et al. Optimal Sprinkler Application Rate of Water-Fertilizer Integration Machines Based on Radial Basis Function Neural Network. **Water**, v. 14, n. 18, 2022.

LIU, X.N. et al. Modification of Soil Physical Properties by Maize Straw Biochar and Earthworm Manure to Enhance Hydraulic Characteristics under Greenhouse Condition. **Sustainability**, v. 14, n. 20, 2022.

LIU, Y.Z. et al. Herbivore assemblages affect soil microbial communities by altering root biomass and available nutrients in an alpine meadow. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.

LIU, Z. et al. Effects of the application of different improved materials on reclaimed soil structure and maize yield of Hollow Village in Loess Area. **Sci Rep**, v. 12, n. 1, 2022.

LIU, Z.M. et al. Effects of Soil Physical and Chemical Properties on the Quality of Nanjing 'Yuhua' Tea, a Type of Famous Green Tea. **Horticulturae**, v. 9, n. 2, 2023.

LONGEPIERRE, M. et al. Limited resilience of the soil microbiome to mechanical compaction within four growing seasons of agricultural management. **ISME Communications**, v. 1, n. 1, 2021.

LOZANO, Y.M. et al. Microplastic Shape, Polymer Type, and Concentration Affect Soil Properties and Plant Biomass. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021.

LU, J.A. et al. Effect of Freeze-Thaw Cycles on Soil Detachment Capacities of Three Loamy Soils on the Loess Plateau of China. **Water**, v. 13, n. 3, 2021.

LUK, S. et al. Peat Decomposition and Erosion Contribute to Pond Deepening in a Temperate Salt Marsh. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 128, n. 2, 2023.

LULANDALA, L. et al. Excessive livestock grazing overrides the positive effects of trees on infiltration capacity and modifies preferential flow in dry miombo woodlands. **Land Degradation & Development**, v. 33, n. 4, p. 581-595, 2022.

LUO, D. et al. Soil Moisture and Nutrient Changes of Agroforestry in Karst Plateau Mountain: A Monitoring Example. **Agronomy**, v. 13, n. 1, 2023.

LYU, Q. et al. Effects of Forest Gaps on the Structure and Diversity of Soil Bacterial Communities in Weeping Cypress Forest Plantations. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, 2022.

MA, C.Y. et al. Effect of Shelterbelt Construction on Soil Water Characteristic Curves in an Extreme Arid Shifting Desert. **Water**, v. 14, n. 11, 2022.

MA, X.L. et al. Long-term collar deployment leads to bias in soil respiration measurements. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 14, n. 3, p. 981-990, 2023.

MA, Z. et al. Short-Term Effects of Spent Mushroom Substrate Mulching Thickness on the Soil Environment, Weed Suppression, Leaf Nutrients, and Nut Characteristics in a Hazelnut Orchard. **Agronomy**, v. 11, n. 6, 2021.

MAHALDER, B. et al. Scour Hole Development in Natural Cohesive Bed Sediment around Cylinder-Shaped Piers Subjected to Varying Sequential Flow Events. **Water**, v. 13, n. 22, 2021.

MAJEED, A. et al. Combined Application of Inorganic and Organic Phosphorous with Inoculation of Phosphorus Solubilizing Bacteria Improved Productivity, Grain Quality and Net Economic Returns of Pearl Millet (Pennisetum glaucum [L.] R. Br.). **Agronomy**, v. 12, n. 10, 2022.

MARQUEZ, J. et al. Successional Effects of No-Till Cover Cropping with Black Oat (Avena strigosa) vs. Soil Solarization on Soil Health in a Tropical Oxisol. **Horticulturae**, v. 8, n. 6, 2022.

MÅRTENSSON, M.D.; BARREIRO, A.; OLOFSSON, J. The Perennial Grain Crop Thinopyrum intermedium (Host) Barkworth & D.R. Dewey (Kernza™) as an Element in Crop Rotations: A Pilot Study on Termination Strategies and Pre-Crop Effects on a Subsequent Root Vegetable. **Agriculture**, v. 11, n. 11, 2021.

MARTÍNI, A.F. et al. Long-Term Trial of Tillage Systems for Sugarcane: Effect on Topsoil Hydrophysical Attributes. **Sustainability**, v. 13, n. 6, 2021.

MASELESELE, D.; OGOLA, B.O.; MUROVHI, R.N. Macadamia Husk Compost Improved Physical and Chemical Properties of a Sandy Loam Soil. **Sustainability**, v. 13, n. 13, 2021.

MENG, X.Y. et al. Response of Understory Plant Diversity to Soil Physical and Chemical Properties in Urban Forests in Beijing, China. **Forests**, v. 14, n. 3, 2023.

MENG, X.Z. et al. The Effect of Crop Residue Management and Nitrogen Supply on Canopy Light Interception and N Distribution. **International Journal of Plant Production**, v. 17, n. 4, p. 757-773, 2023.

MINHAS, W.A. et al. The Influence of Different Crop Mulches on Weed Infestation, Soil Properties and Productivity of Wheat under Conventional and Conservation Production Systems. **Plants**, v. 12, n. 1, 2023.

MINHAS, W.A. et al. Weed infestation and productivity of wheat crop sown in various cropping systems under conventional and conservation tillage. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.

MOINFAR, A. et al. Investigating the Effect of the Tractor Drive System Type on Soil Behavior under Tractor Tires. **Agronomy**, v. 11, n. 4, 2021.

MULYADI; JIANG L.G. Combined Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Nitrogen Fertilizer Alters the Physicochemical Soil Properties, Nitrogen Uptake, and Rice Yield in a Polybag Experiment. **Agriculture**, v. 13, n. 7, 2023.

MWADALU, R.; MOCHOGE, B.; DANGA, B. Assessing the Potential of Biochar for Improving Soil Physical Properties and Tree Growth. **International Journal of Agronomy**, 2021.

NAEEM, M. et al. Impact of Different Barley-Based Cropping Systems on Soil Physicochemical Properties and Barley Growth under Conventional and Conservation Tillage Systems. **Agronomy**, v. 11, n. 1, 2021.

NAEEM, M. et al. Barley-Based Cropping Systems and Weed Control Strategies Influence Weed Infestation, Soil Properties and Barley Productivity. **Agriculture**, v. 12, n. 4, 2022.

NEINA, D.; AGYARKO-MINTAH, E. Duration of Cultivation Has Varied Impacts on Soil Charge Properties in Different Agro-Ecological Zones of Ghana. **Land**, v. 11, n. 10, 2022.

NGO-CONG, D. et al. A modeling framework to quantify the effects of compaction on soil water retention and infiltration. **Soil Science Society of America Journal**, v. 85, n. 6, p. 1931-1945, 2021.

NIU, Z.R. et al. Effect of Attapulgite Application on Aggregate Formation and Carbon and Nitrogen Content in Sandy Soil. **Sustainability**, v. 15, n. 16, 2023.

ORITSEJAFOR, F.O. et al. Bulk density: An index for measuring critical soil compaction levels for groundnut cultivation. **Open Agriculture**, v. 7, n. 1, p. 79-92, 2022.

OSWALD, B.P.; DUNSON, C.P.; FARRISH, K.W. Prescribed Burning under Differing Forest Cover Types and Its Influence on Soil Water Infiltration Rates and Physical Properties in East Texas. **Forests**, v. 14, n. 10, 2023.

PARK, J.H. et al. Biochar improves soil properties and corn productivity under drought conditions in South Korea. **Biochar**, v. 5, n. 1, 2023.

PAUWELS, R.; GRAEFE, J.; BITTERLICH, M. An arbuscular mycorrhizal fungus alters soil water retention and hydraulic conductivity in a soil texture specific way. **Mycorrhiza**, v. 33, n. 3, p. 165-179, 2023.

PEDONE, G. et al. An Investigation into the Water Retention Behaviour of an Unsaturated Natural Fissured Clay. **Applied Sciences**, v. 12, n. 19, 2022.

PENG, L. et al. Quantifying the Effects of Root and Soil Properties on Soil Detachment Capacity in Agricultural Land Use of Southern China. **Forests**, v. 13, n. 11, 2022.

PENG, X.H. et al. Changes in Soil Physical and Chemical Properties during Vegetation Succession on Miyake-jima Island. **Forests**, v. 12, n. 11, 2021.

PENG, X.Y. et al. Effects of soil physicochemical environment on the plasticity of root growth and land productivity in maize soybean relay strip intercropping system. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 104, n. 7, p. 3865-3882, 2024.

PETAJA, G. et al. Changes in Organic Carbon Stock in Soil and Whole Tree Biomass in Afforested Areas in Latvia. **Plants**, v. 12, n. 12, 2023.

PHELPS, K. et al. The Harvest Operability Index (HOI): A Decision Support Tool for Mechanized Timber Harvesting in Mountainous Terrain. **Forests**, v. 12, n. 10, 2021.

PHROMJAN, J.; SUVANJUMRAT, C. Non-pneumatic tire with curved isolated spokes for agricultural machinery in agricultural fields: Empirical and numerical study. **Heliyon**, v. 9, n. 8, 2023.

POPOLIZIO, S. et al. Investigating the Spatial Structure of Soil Hydraulic Properties in a Long-Term Field Experiment Using the BEST Methodology. **Agronomy**, v. 12, n. 11, 2022.

POPOLIZIO, S. et al. Seasonal and Soil Use Dependent Variability of Physical and Hydraulic Properties: An Assessment under Minimum Tillage and No-Tillage in a Long-Term Experiment in Southern Italy. **Agronomy**, v. 12, n. 12, 2022.

PULLEY, S. et al. The soil organic carbon: Clay ratio in North Devon, UK: Implications for marketing soil carbon as an asset class. **Soil Use and Management**, v. 39, n. 3, p. 1068-1081, 2023.

QIANG, X.M.; SUN, J.S.; NING, H.F. Impact of Subsoiling on Cultivated Horizon Construction and Grain Yield of Winter Wheat in the North China Plain. **Agriculture**, v. 12, n. 2, 2022.

QIN, T.Y. et al. Effects of Straw Mulching Thickness on the Soil Health in a Temperate Organic Vineyard. **Agriculture**, v. 12, n. 11, 2022.

QU, J.H. et al. Effects of rape/common vetch intercropping on biomass, soil characteristics, and microbial community diversity. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, 2022.

QUIÑONES, M.O. et al. Soil greenhouse gas fluxes from tropical vegetable farms, using forest as a reference. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 124, n. 1, p. 59-79, 2022.

RAFAQAT, W. et al. Evaluation of Wildfire Occurrences in Pakistan with Global Gridded Soil Properties Derived from Remotely Sensed Data. **Remote Sensing**, v. 14, n. 21, 2022.

RAMADHAN, M.N. Assessment of the yield and yield attributing characters of oat (Avena sativa L.) grown under different tillage methods and NPK fertilizer rates in semi-arid conditions. **All Life**, v. 17, n. 1, 2024.

RAMANANJATOVO, T. et al. Growth of Vegetables in an Agroecological Garden-Orchard System: The Role of Spatiotemporal Variations of Microclimatic Conditions and Soil Properties. **Agronomy**, v. 11, n. 9, 2021.

RASCHE, D. et al. A change in perspective: downhole cosmic-ray neutron sensing for the estimation of soil moisture. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 27, n. 16, p. 3059-3082, 2023.

RETTA, M.A.; ADDIS, H.K.; BEYENE, T.F. Impact of Soil and Water Conservation Measures and Slope Position on Selected Soil Attributes at a Watershed Scale. **Applied and Environmental Soil Science**, 2022.

RILEY, H. et al. Soil carbon under arable and mixed dairy cropping in a long-term trial in SE Norway. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science**, v. 72, n. 1, p. 648-659, 2022.

ROMANECKAS, K.; KIMBIRAUSKIEN, R.; SINKEVICIENE, A. Impact of Tillage Intensity on Planosol Bulk Density, Pore Size Distribution, and Water Capacity in Faba Bean Cultivation. **Agronomy**, v. 12, n. 10, 2022.

SADIQ, M. et al. Sustainable Conservation Tillage Technique for Improving Soil Health by Enhancing Soil Physicochemical Quality Indicators under Wheat Mono-Cropping System Conditions. **Sustainability**, v. 13, n. 15, 2021.

SADOWSKA, U. et al. Effect of the Application of Sunflower Biochar and Leafy Trees Biochar on Soil Hydrological Properties of Fallow Soils and under Soybean Cultivation. **Materials**, v. 16, n. 4, 2023.

SALAHIN, N. et al. Establishment of Crops under Minimal Soil Disturbance and Crop Residue Retention in Rice-Based Cropping System: Yield Advantage, Soil Health Improvement, and Economic Benefit. **Land**, v. 10, n. 6, 2021.

SAMSONOVA, V.P. et al. Investigation of Uncertainty in Organic Carbon Stock Estimates on a Field Scale. **Eurasian Soil Science**, v. 56, n. 11, p. 1765-1775, 2023.

SANTOS, C. et al. Changes in Dry Matter and Carbon, Nitrogen, and Sulfur Stocks after Applications of Increasing Doses of Pig Slurry to Soils with Tifton-85 for Six Years in Southern Brazil. **Agronomy**, v. 12, n. 9, 2022.

SEIDEL, S.J. et al. Simulating Root Growth as a Function of Soil Strength and Yield With a Field-Scale Crop Model Coupled With a 3D Architectural Root Model. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

SHA, Y. et al. Root growth, root senescence and root system architecture in maize under conservative strip tillage system. **Plant Soil**, v. 495, n. 1-2, p. 253-269, 2023.

SHANG, Q.; LIU, Y.C.; LI, Q.L. Effects of Tourism Trampling on Soil Nitrogen Mineralization in Quercus variabilis Blume Forests Varies with Altitudes in the Climate Transition Zone. **Forests**, v. 13, n. 9, 2022.

SHI, Q. et al. Afforestation of Taxodium Hybrid Zhongshanshan Influences Soil Bacterial Community Structure by Altering Soil Properties in the Yangtze River Basin, China. **Plants**, v. 11, n. 24, 2022.

SIAUDINIS, G. et al. The Effect of Mineral and Organic Fertilization on Common Osier (Salix viminalis L.) Productivity and Qualitative Parameters of Naturally Acidic Retisol. **Agriculture**, v. 11, n. 1, 2021.

SIMON, L.M. et al. Forage productivity and soil properties in dual-purpose cover crop systems. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 6, p. 5569-5583, 2021.

SINGH, K.P. et al. Interactive effect of tillage and crop residue management on weed dynamics, root characteristics, crop productivity, profitability and nutrient uptake in chickpea (Cicer arietinum L.) under Vertisol of Central India. **Plos One**, v. 17, n. 12, 2022.

SINGH, M. et al. Biochar Implications Under Limited Irrigation for Sweet Corn Production in a Semi-Arid Environment. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

SOARES, J.R. et al. Mitigation of nitrous oxide emissions in grazing systems through nitrification inhibitors: a meta-analysis. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 125, n. 3, p. 359-377, 2023.

SOARES, D.R. et al. Physical Quality and Porosity Aspects of Amazon Anthropogenic Soils under Different Management Systems. **Applied and Environmental Soil Science**, 2022.

SOHRABI, H. et al. Earthworms as an Ecological Indicator of Soil Recovery after Mechanized Logging Operations in Mixed Beech. **Forests**, v. 12, n. 1, 2021.

SONG, R.P. et al. Effects of Understory Vegetation Heterogeneity on Soil Organic Carbon Components in Cunninghamia lanceolata Plantation. **Land**, v. 11, n. 12, 2022.

SONG, T.S. et al. Microbial community and network differently reshaped by crushed straw or biochar incorporation and associated with nitrogen fertilizer level. **GCB Bioenergy**, v. 15, n. 10, p. 1255-1272, 2023.

STANEK-TARKOWSKA, J. et al. The Impact of Using Different Doses of Biomass Ash on Some Physical Properties of Podzolic Soil under the Cultivation of Winter Oilseed Rape. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 11, 2022.

SU, S.P.; LIU, X.E. The Water Storage Function of Litters and Soil in Five Typical Plantations in the Northern and Southern Mountains of Lanzhou, Northwest China. **Sustainability**, v. 14, n. 14, 2022.

SU, W. et al. Effects of Different Vegetation Restoration Types on the Fractal Characteristics of Soil Particles in Earthy-Rocky Mountain Area of Northern China. **Forests**, v. 13, n. 8, 2022.

SULEYMANOV, A. et al. Conventional Tillage Effects on the Physico-Chemical Properties and Organic Matter of Chernozems Using 13C-NMR Spectroscopy. **Agronomy**, v. 12, n. 11, 2022.

SUN, Q. et al. Soil Compaction and Maize Root Distribution under Subsoiling Tillage in a Wheat-Maize Double Cropping System. **Agronomy**, v. 13, n. 2, 2023.

SUN, X.F. et al. Integrated Management Practices for Canopy-Topsoil Improves the Grain Yield of Maize with High Planting Density. **Plants**, v. 12, n. 10, 2023.

SUN, Y.P. et al. Saline-Alkaline Characteristics during Desalination Process and Nitrogen Input Regulation in Reclaimed Tidal Flat Soils. **Sustainability**, v. 15, n. 5, 2023.

TANG, C. et al. Effect of Biochar Application on Soil Fertility, Nitrogen Use Efficiency and Balance in Coastal Salt-Affected Soil under Barley-Maize Rotation. **Sustainability**, v. 15, n. 4, 2023.

TANG, J. et al. Changes in soil fertility and microbial communities following cultivation of native grassland in Horqin Sandy Land, China: a 60-year chronosequence. **Ecological Processes**, v. 12, n. 1, 2023.

TIAN, S.H. et al. Contribution of Fine Roots to Soil Organic Carbon Accumulation in Different Desert Communities in the Sangong River Basin. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 17, 2022.

TONG, S. et al. The spatial variation and driving factors of soil total carbon and nitrogen in the Heihe River source region. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 195, n. 6, 2023.

TOTH, S. et al. Limited Influence of Abiotic and Biotic Factors on the Efficacy of Soil Insecticides and Entomopathogenic Nematodes when Managing the Maize Pest Diabrotica v. virgifera (Coleoptera: Chrysomelidae). **Agronomy**, v. 12, n. 11, 2022.

TSCHANZ, P. et al. Nesting of ground-nesting bees in arable fields is not associated with tillage system per se, but with distance to field edge, crop cover, soil and landscape context. **Journal of Applied Ecology**, v. 60, n. 1, p. 158-169, 2022.

TU, Z.H. et al. Hydrological Properties of Soil and Litter Layers of Four Forest Types Restored in the Gully Erosion Area of Latosol in South China. **Forests**, v. 14, n. 2, 2023.

ULAIN, Q. et al. Identification of Soil Erosion-Based Degraded Land Areas by Employing a Geographic Information System-A Case Study of Pakistan for 1990-2020. **Sustainability**, v. 14, n. 19, 2022.

ULLAH, S. et al. Continuous planting Eucalyptus plantations in subtropical China: Soil phenolic acid accumulation and adsorption physiognomies. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 6, 2023.

URMI, T.A. et al. Integrated Nutrient Management for Rice Yield, Soil Fertility, and Carbon Sequestration. **Plants**, v. 11, n. 1, 2022.

USOWICZ, B.; LIPIEC, J. Spatial variability of saturated hydraulic conductivity and its links with other soil properties at the regional scale. **Sci Rep**, v. 11, n. 1, 2021.

VILKIENE, M. et al. Bacterial Communities: Interaction to Abiotic Conditions under Effect of Anthropogenic Pressure. **Sustainability**, v. 15, n. 14, 2023.

WAHEED, M. et al. Where Will Threatened Aegle marmelos L., a Tree of the Semi-Arid Region, Go under Climate Change? Implications for the Reintroduction of the Species. **Land**, v. 12, n. 7, 2023.

WANG, B. et al. Deforestation for Agriculture Temporarily Improved Soil Quality and Soil Organic Carbon Stocks. **Forests**, v. 13, n. 2, 2022.

WANG, D. et al. Predicting Soil Saturated Water Conductivity Using Pedo-Transfer Functions for Rocky Mountain Forests in Northern China. **Forests**, v. 14, n. 6, 2023.

WANG, F. et al. No-tillage mulch with leguminous green manure retention reduces soil evaporation and increases yield and water productivity of maize. **Agricultural Water Management**, v. 290, 2023.

WANG, F.F. et al. Grazing Reduces the Soil-Atmosphere Exchange of Greenhouse Gases During Freeze-Thaw Cycles in Meadow Steppes in Inner Mongolia. **Frontiers of Ecology and Evolution**, v. 9, 2021.

WANG, F.J. et al. Bayesian maximum entropy-based prediction of the spatiotemporal risk of schistosomiasis in Anhui Province, China. **BMC Infectious Diseases**, v. 21, n. 1, 2021.

WANG, G.B. et al. Effect of Terracing on Soil Moisture of Slope Farmland in Northeast China's Black Soil Region. **Agriculture**, v. 13, n. 10, 2023.

WANG, J. et al. Influence of Soil Wetting and Drying Cycles on Soil Detachment. **AgriEngineering**, v. 4, n. 2, p. 533-543, 2022.

WANG, J.B. et al. Effects of Partial Replacement of Nitrogen Fertilizer with Organic Fertilizer on Rice Growth, Nitrogen Utilization Efficiency and Soil Properties in the Yangtze River Basin. **Life**, v. 13, n. 3, 2023.

WANG, L. et al. Plant biotype interacting grazing activity shapes grassland ecosystem functions. **Ecosphere**, v. 14, n. 12, 2023.

WANG, L.L. et al. Exploring Optimal Cropping System to Improve the Water Use Efficiency and Soil Water Restoration after Lucerne-to-Crop Conversion in the Semiarid Environment. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 2022.

WANG, L.S. et al. Spatial variation of soil nutrients and evaluation of cultivated land quality based on field scale. **Open Geosciences**, v. 15, n. 1, 2023.

WANG, M.W. et al. Differential Responses of Soil Extracellular Enzyme Activity and Stoichiometric Ratios under Different Slope Aspects and Slope Positions in Larix olgensis Plantations. **Forests**, v. 13, n. 6, 2022.

WANG, P.J. et al. Interactions between flue gas desulfurization gypsum and biochar on water infiltration characteristics and physicochemical properties of saline-alkaline soil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 195, n. 11, 2023.

WANG, P.J. et al. Combined Application of Desulfurization Gypsum and Biochar for Improving Saline-Alkali Soils: A Strategy to Improve Newly Reclaimed Cropland in Coastal Mudflats. **Land**, v. 12, n. 9, 2023.

WANG, W.H. et al. Soil factors that contribute to the abundance and structure of the diazotrophic community and soybean growth, yield, and quality under biochar amendment. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 10, n. 1, 2023.

WANG, X.F. et al. Mechanism and Evolution of Soil Organic Carbon Coupling with Rocky Desertification in South China Karst. **Forests**, v. 13, n. 1, 2022.

WANG, X.L. et al. The Impact of Traffic-Induced Compaction on Soil Bulk Density, Soil Stress Distribution and Key Growth Indicators of Maize in North China Plain. **Agriculture**, v. 12, n. 8, 2022.

WANG, X.M. et al. Elevational characteristics of soil bacterial community and their responses to soil translocation at a mountainside in northwest Sichuan, China. **Sci Rep**, v. 13, n. 1, 2023.

WANG, X.P. et al. Manure plus Plastic Film Mulch Reduces Soil Salinity and Improves Barley-Maize Growth and Yield in Newly Reclaimed Coastal Land, Eastern China. **Water**, v. 14, n. 19, 2022.

WANG, X.S. et al. Soil Anti-Scourabilities of Four Typical Herbaceous Plants and Their Responses to Soil Properties, Root Traits and Slope Position in Northeast China. **Sustainability**, v. 14, n. 24, 2022.

WANG, X.Z. et al. Variation of Subsoiling Effect at Wing Mounting Heights on Soil Properties and Crop Growth in Wheat-Maize Cropping System. **Agriculture**, v. 12, n. 10, 2022.

WANG, Y. et al. Conversion of Forest Hillslopes into Tea Fields Increases Soil Nutrient Losses through Surface Runoff. **Land**, v. 12, n. 2, 2023.

WANG, Y. et al. Study on the relationship between functional characteristics and environmental factors in karst plant communities. **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 9, 2022.

WANG, Y.Y. et al. Moderate Grazing Increases Water Use Efficiency for Environmental Health in Alpine Meadows of the Tibetan Plateau. **Frontiers of Ecology and Evolution**, v. 9, 2021.

WANG, Z.J. et al. Assessment of the Effects of Fencing Enclosure on Soil Quality Based on Minimum Data Set in Biru County of the Qinghai-Tibet Plateau, China. **Agronomy**, v. 13, n. 6, 2023.

WANG, Z.Q. et al. Spatial-Temporal Simulations of Soil Moisture Content in a Large Basin of the Loess Plateau, China. **Journal of Sensors**, 2021.

WARING, B.G. et al. Soil carbon pools are affected by species identity and productivity in a tree common garden experiment. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 5, 2022.

WU, Y. et al. Farmland Shelterbelt Changes in Soil Properties: Soil Depth-Location Dependency and General Pattern in Songnen Plain, Northeastern China. **Forests**, v. 14, n. 3, 2023.

XIANG, T. et al. Soil Quality Evaluation of Typical Vegetation and Their Response to Precipitation in Loess Hilly and Gully Areas. **Forests**, v. 14, n. 9, 2023.

XIAO, C. et al. Variation of soil physicochemical properties of different vegetation restoration types on subtropical karst area in southern China. **Plos One**, v. 18, n. 3, 2023.

XIAO, J.M. et al. Fenlong-Ridging Deep Tillage Integrated with Biochar and Fertilization to Improve Sugarcane Growth and Yield. **Agronomy**, v. 13, n. 9, 2023.

XIAO, T.Q. et al. Effects of Different Forest Gap Ages on Soil Physical Properties and Stoichiometric Characteristics in Cryptomeria japonica plantations (L.f.) D.Don, 1839. **Forests**, v. 13, n. 10, 2022.

XIE, T.; MA, Y.J. Simulation of Soil Temperature under Plateau Zokor's (Eospalax baileyi) Disturbance in the Qinghai Lake Watershed, Northeast Qinghai-Tibet Plateau. **Animals**, v. 13, n. 17, 2023.

XU, C.L. et al. Integrating Straw Management and Seeding to Improve Seed Yield and Reduce Environmental Impacts in Soybean Production. **Agronomy**, v. 11, n. 6, 2021.

XU, Q. et al. Restoration Effects of Supplementary Planting Measures on the Abandoned Mining Areas in the Altay Mountain, Northwest China. **Sustainability**, v. 15, n. 20, 2023.

XU, Q.Q. et al. Effects of Crop and Grass Intercropping on the Soil Environment in the Karst Area. **Sustainability**, v. 13, n. 10, 2021.

XU, Y.Z. et al. Species Richness Promotes Productivity through Tree Crown Spatial Complementarity in a Species-Rich Natural Forest. **Forests**, v. 13, n. 10, 2022.

XUE, W.Y. et al. Influence of Abiotic and Biotic Factors on Soil Microbial Biomass in Robinia pseudoacacia Plantations in the Loess Hilly Region. **Forests**, v. 12, n. 4, 2021.

YANG, D.; WANG, Y.N.; WU, Q.X. Impact of Tillage and Straw Management on Soil Properties and Rice Yield in a Rice-Ratoon Rice System. **Agronomy**, v. 13, n. 7, 2023.

YANG, J. et al. Nurse role and mechanism of Coriaria nepalensis in abandoned land of Pb-Zn mining area. **Frontiers of Ecology and Evolution**, v. 11, 2023.

YANG, R. et al. Rice Paddies Reduce Subsequent Yields of Wheat Due to Physical and Chemical Soil Constraints. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

YANG, X. et al. Afforestation suppresses Oncomelania hupensis snail density through influencing algae in beaches of the Dongting Lake. **Plos Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 2, 2021.

YANG, Y.H. et al. Soil enzyme activities, soil physical properties, photosynthetic physical characteristics and water use of winter wheat after long-term straw mulch and organic fertilizer application. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.

YANG, Y.H. et al. Effect on Soil Properties and Crop Yields to Long-Term Application of Superabsorbent Polymer and Manure. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, 2022.

YAO, J.C. et al. Improvement and Performance Evaluation of a Dual-Probe Heat Pulse Distributed Temperature Sensing Method Used for Soil Moisture Estimation. **Sensors**, v. 22, n. 19, 2022.

YAO, X.J. et al. Distribution of SOCD along different offshore distances in China's fresh-water lake-Chaohu under different habitats. **Sci Rep**, v. 12, n. 1, 2022.

YAO, Y.W. et al. Characteristics and factors influencing soil organic carbon composition by vegetation type in spoil heaps. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.

YIN, C.Y. et al. Effect of Coal Water Slurry Gasification Slag on Soil Water Physical Characteristics and Properties in Saline-Alkali Soil Improvement. **Journal of Sensors**, 2022.

YU, J.L. et al. A Meta-Analysis on Degraded Alpine Grassland Mediated by Climate Factors: Enlightenment for Ecological Restoration. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2022.

YUAN, J.Y. et al. Soil nitrogen and carbon storages and carbon pool management index under sustainable conservation tillage strategy. **Frontiers of Ecology and Evolution**, v. 10, 2023.

ZHAI, L.C. et al. Short-Term Co-Application of Organic and Chemical Fertilizer Benefits Topsoil Properties and Maize Productivity in a Medium-Productivity Meadow-Cinnamon Soil. **Agronomy**, v. 13, n. 3, 2023.

ZHANG, A. et al. Effects of Hevea brasiliensis Intercropping on the Volatiles of Pandanus amaryllifolius Leaves. **Foods**, v. 12, n. 4, 2023.

ZHANG, H.S. et al. Developmental Dynamics and Driving Factors of Understory Vegetation: A Case Study of Three Typical Plantations in the Loess Plateau of China. **Forests**, v. 14, n. 12, 2023.

ZHANG, J.S. et al. Effects of Chinese Milk Vetch Returning on Soil Properties, Microbial Community, and Rice Yield in Paddy Soil. **Sustainability**, v. 14, n. 23, 2022.

ZHANG, J.Y. et al. Effects of genotype and ecological environment on the community structure and function of symbiotic bacteria in rhizosphere of ginseng. **BMC Microbiology**, v. 22, n. 1, 2022.

ZHANG, M.M. et al. Effect of Long-Term Biodegradable Film Mulch on Soil Physicochemical and Microbial Properties. **Toxics**, v. 10, n. 3, 2022.

ZHANG, N.N.; YAN, J.K.; LIU, P.L. Effect of Bacterial Manure on the Properties of Complex Soil and Growth of Ryegrass. **Agronomy**, v. 11, n. 3, 2021.

ZHANG, S.Z. et al. Mowing Facilitated Shoot and Root Litter Decomposition Compared with Grazing. **Plants**, v. 11, n. 7, 2022.

ZHANG, W.J. Influence of alpine meadow deterioration on soil microbial communities in the Yangtze River source region. **Frontiers in Environmental Science**, v. 11, 2023.

ZHANG, X.L. et al. Driving factors of community-level leaf stoichiometry patterns in a typical temperate mountain meadow ecosystem of northern China. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.

ZHANG, Y. et al. Grazing Exclusion Changed the Complexity and Keystone Species of Alpine Meadows on the Qinghai-Tibetan Plateau. **Frontiers of Ecology and Evolution**, v. 9, 2021.

ZHANG, Y. et al. Pelletized Straw Incorporation in Sandy Soil Increases Soil Aggregate Stability, Soil Carbon, and Nitrogen Stocks. **Sustainability**, v. 15, n. 9, 2023.

ZHANG, Z.C. et al. Comprehensive analysis of grazing intensity impacts alpine grasslands across the Qinghai-Tibetan Plateau: A meta-analysis. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2023.

ZHANG, Z.M. et al. Biochar Amendment Combined with Straw Mulching Increases Winter Wheat Yield by Optimizing Soil Water-Salt Condition under Saline Irrigation. **Agriculture**, v. 12, n. 10, 2022.

ZHAO, C.Q. et al. Switchgrass Establishment Can Ameliorate Soil Properties of the Abandoned Cropland in Northern China. **Agriculture**, v. 12, n. 8, 2022.

ZHAO, H.X. et al. Sensitivities of Physical and Chemical Attributes of Soil Quality to Different Tillage Management. **Agronomy**, v. 12, n. 5, 2022.

ZHAO, X.Y. et al. Changes in Soil Physico-Chemical and Microbiological Properties During Natural Succession: A Case Study in Lower Subtropical China. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

ZHAO, Y. et al. Coupled Relationship between Soil Physicochemical Properties and Plant Diversity in the Process of Vegetation Restoration. **Forests**, v. 13, n. 5, 2022.

ZHAO, Y.H. et al. Tillage Promotes the Migration and Coexistence of Bacteria Communities from an Agro-Pastoral Ecotone of Tibet. **Microorganisms**, v. 10, n. 6, 2022.

ZHAO, Y.L. et al. Enhancing Sugarcane Growth and Improving Soil Quality by Using a Network-Structured Fertilizer Synergist. **Sustainability**, v. 15, n. 2, 2023.

ZHAO, Z.M.; WANG, Q.H.; ZHANG, J. Effects of Soil-Rock Geomorphic Units on the Yield of Surface Runoff: A Case Study on Uncultivated Land of a Karst Area. **Water**, v. 15, n. 18, 2023.

ZHENG, K. et al. Effects of Soil Bulk Density and Moisture Content on the Physico-Mechanical Properties of Paddy Soil in Plough Layer. **Water**, v. 13, n. 16, 2021.

ZHENG, T. et al. Multi-environment evaluations across ecological regions reveal climate and soil effects on amides contents in Chinese prickly ash peels (Zanthoxylum bungeanum Maxim.). **BMC Plant Biol**, v. 23, n. 1, 2023.

ZHENG, Z.H. et al. Effects of Biological Crust on Soil Properties under Different Karst Rocky Desertification Habitats. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 30, n. 4, p. 3405-3418, 2021.

ZHONG, J.D. et al. Influence of Eucalyptus Plantation on Soil Organic Carbon and Its Fractions in Severely Degraded Soil in Leizhou Peninsula, China. **Forests**, v. 13, n. 10, 2022.

ZHOU, H.J. et al. Returning ryegrass to continuous cropping soil improves soil nutrients and soil microbiome, producing good-quality flue-cured tobacco. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, 2023.

ZHU, H.S. et al. Spatial Variation in Soil Physico-Chemical Properties along Slope Position in a Small Agricultural Watershed Scale. **Agronomy**, v. 12, n. 10, 2022.

ZHU, J.Y. et al. Leaf functional traits differentiation in relation to covering materials of urban tree pits. **BMC Plant Biol**, v. 21, n. 1, 2021.

ZHU, S.F. et al. Transcriptomics Combined with Photosynthetic Physiology and Leaf Structure Analysis Revealed Increased Sugarcane Yield by Fenlong-Ridging. **Agronomy**, v. 13, n. 5, 2023.

ZHU, Y.H. et al. Influences of land reclamation on soil bacterial communities of abandoned salt pans in the Yellow River Delta. **Land Degradation & Development**, v. 33, n. 16, p. 3231-3244, 2022.