



**INSTITUTO FEDERAL**  
Rondônia



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia



**INSTITUTO FEDERAL**  
Rondônia  
Campus Ariquemes

**Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e  
Tecnológica**

**Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia  
Campus Ariquemes**

**INFLUÊNCIA DE RESÍDUOS VEGETAIS NOS  
ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE UM  
LATOSSOLO AMAZÔNICO**

Ariquemes - RO

2024



**Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia**  
**Campus Ariquemes**

**Melissa dos Santos Graia**

**Orientadora:** Dra. Lenita Aparecida Conus Venturoso

**Coorientador:** Dr. Luciano dos Reis Venturoso

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das exigências do curso Bacharel em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - Campus Ariquemes.

**Ariquemes - RO**

**2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Graia, Melissa dos Santos.

Influência de resíduos vegetais nos atributos físicos e químicos de um Latossolo Amazônico / Melissa dos Santos Graia, Ariquemes-RO, 2024.

23 f.

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Lenita Aparecida Conus Venturoso. Coorientador(a): Prof. Dr. Luciano dos Reis Venturoso.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Ariquemes-RO, 2024.

**Bibliotecário(a) Responsável:** Renilce Silva Morais, CRB-11/906 (Campus Ariquemes)

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
RONDÔNIA - CAMPUS ARIQUEMES**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**Influência de resíduos vegetais nos atributos físicos e químicos de um  
Latossolo Amazônico**

**Acadêmica:** Melissa dos Santos Graia

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup>. Lenita Aparecida Conus Venturoso

**Coorientador:** Dr. Luciano dos Reis Venturoso

**Conceito Atribuído:** APROVADO

---

Dr<sup>a</sup>. Lenita Aparecida Conus Venturoso

---

Dr. Luciano dos Reis Venturoso

---

Ma. Adriana Ema Nogueira

---

Esp. Tiago Luis Cipriani

**Data da Realização: 09/09/2024.**

**Ariquemes – RO**

**2024**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este artigo a Deus e minha família pela força para elaboração do trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, sabedoria, força e fé concedidas durante toda essa jornada acadêmica. Sua presença constante me guiou nos momentos de dificuldade e iluminou o caminho para a conclusão deste trabalho.

Ao meu marido, pelo apoio incondicional, paciência e encorajamento diários. Sua parceria e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse me dedicar aos estudos e à construção deste projeto.

À minha querida família, por todo o amor, carinho e incentivo, em especial a minha filha Laura, cuja a notícia da sua chegada encheu minha vida de alegria e completou o amor, no qual sua vinda só aumentou a minha motivação em buscar sempre o melhor.

Aos meus nobres professores e colaboradores do projeto (a) em especial minha orientadora e mentora Lenita Aparecida Conus Venturoso pela força, conhecimento e paciência para que este trabalho acontecesse. Ao meu coorientador Luciano dos reis Venturoso pelo apoio. Suas orientações e ensinamentos foram essenciais para meu crescimento acadêmico e profissional.

Por fim ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFRO) que me proporcionou um ambiente de aprendizado rico e as oportunidades necessárias para a execução deste trabalho. Sou grata pela formação de qualidade e pelos valores que levarei para sempre.

## **OBSERVAÇÃO**

O presente trabalho se trata de um artigo publicado em periódico científico, sendo assim, o mesmo se encontra indexado conforme as normas exigidas pela revista, Caderno Pedagógico.

## **Influência de resíduos vegetais nos atributos físicos e químicos de um Latossolo Amazônico**

### **Influence of Plant Residues on the Physical and Chemical Properties of an Amazonian Oxisol**

### **Influencia de los Residuos Vegetales en los Atributos Físicos y Químicos de un Oxisol Amazónico**

DOI: 10.54033/cadpedv21n9-021

Originals received: 09/02/2024

Acceptance for publication: 08/23/2024

#### **Melissa dos Santos Graia**

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: melissagraia12@gmail.com

#### **Lenita Aparecida Conus Venturoso**

Doutorado em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: lenita.conus@ifro.edu.br

#### **Luciano dos Reis Venturoso**

Doutorado em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: luciano.venturoso@ifro.edu.br

#### **Amabile Luzia de Paula Lima**

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: amabile.luzia01@gmail.com

#### **Vanessa Gretzler Monteiro**

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: vanessagretzler@gmail.com

#### **Isabelle Talita Dáros dos Santos**

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: isa.talita@outlook.com

#### **Micaely Cristina de Oliveira Reis**

Graduada em Ciências Biológicas

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: micaely.cristina.reis@gmail.com

## RESUMO

A manutenção da cobertura vegetal aliado aos resíduos depositados no solo, proporcionam aporte contínuo de matéria orgânica, o que pode proporcionar benefícios as propriedades físicas e químicas do solo. O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes espécies de coberturas e de seus resíduos sobre as propriedades físicas e químicas de um Latossolo em segundo ano de plantio direto no município de Ariquemes, Rondônia. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatorze tratamento e três repetições. Os tratamentos foram compostos por diferentes coberturas vegetais: braquiária (*Urochloa ruziziensis*), sorgo (*Sorghum bicolor*), girassol (*Helianthus annuus*), duas crotalárias (*Crotalaria spectabilis* e *C. ochroleuca*), feijão guandu (*Cajanus cajan*) e milheto (*Pennisetum glaucum*), braquiária + feijão guandu, braquiária + *C. ochroleuca*, milheto + girassol, milheto + *C. ochroleuca*, sorgo + girassol, sorgo + *C. spectabilis*, e área de pousio (vegetação espontânea). Foram determinados os atributos químicos do solo, a densidade e a estabilidade de agregados do solo. O aporte de resíduos vegetais no solo proporcionou melhor fertilidade, alterando os atributos químicos na profundidade analisada. Os resíduos de milheto e feijão guandu proporcionaram melhores resultados sobre a química do solo. Os resíduos vegetais alteraram a densidade do solo, apresentando-se de forma diferenciada nas profundidades avaliadas, bem como proporcionaram melhor estabilidade de agregados nas camadas superficiais. Os resíduos de coberturas vegetais alteram a fertilidade, bem como os atributos físicos do solo. A cobertura de milheto + girassol tem bom potencial para ser utilizado na região por proporcionar benefícios químicos e físicos ao solo.

**Palavras-chave:** Coberturas Vegetais. Atributos do Solo. Fertilidade. Plantio Direto.

## ABSTRACT

The maintenance of vegetation cover, combined with residues deposited in the soil, provides a continuous supply of organic matter, which can offer benefits to the physical and chemical properties of the soil. The objective of the research was to evaluate the effect of different cover crop species and their residues on the physical and chemical properties of an Oxisol during the second year of no-tillage farming in the municipality of Ariquemes, Rondônia. The experimental design adopted was a randomized block design, with fourteen treatments and three replications. The treatments consisted of different cover crops: brachiaria (*Urochloa ruziziensis*), sorghum (*Sorghum bicolor*), sunflower (*Helianthus annuus*), two sunn hemp (*Crotalaria spectabilis* and *C. ochroleuca*), pigeon pea (*Cajanus cajan*), and pearl millet (*Pennisetum glaucum*), brachiaria + pigeon pea, brachiaria + *C. ochroleuca*, pearl millet + sunflower, pearl millet + *C. ochroleuca*, sorghum + sunflower, sorghum + *C. spectabilis*, and a fallow area (spontaneous vegetation). The soil's chemical attributes, bulk density, and aggregate stability were determined. The input of plant residues into the soil improved fertility, altering chemical attributes at the analyzed depth. Pearl millet and pigeon pea residues provided the best results on soil chemistry. Plant residues altered soil density, showing different behavior at the evaluated depths, as well as providing better aggregate stability in the surface layers. Cover crop residues altered soil fertility as well as its physical attributes. A topping of millet+sunflower combination has good potential for use in the region, as it provides chemical and physical benefits to the soil.

**Keywords:** Vegetable Coverings. Soil Attributes; Fertility. No-Tillage.

## RESUMEN

El mantenimiento de la cobertura vegetal, junto con los residuos depositados en el suelo, proporciona un aporte continuo de materia orgánica, lo que puede ofrecer beneficios a las propiedades físicas y químicas del suelo. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes especies de coberturas y sus residuos sobre las propiedades físicas y químicas de un Latosolo durante el segundo año de siembra directa en el municipio de Ariquemes, Rondônia. El diseño experimental adoptado fue un diseño de bloques al azar, con catorce tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en diferentes coberturas vegetales: braquiaria (*Urochloa ruziziensis*), sorgo (*Sorghum bicolor*), girasol (*Helianthus annuus*), dos cáñamo soleado (*Crotalaria spectabilis* y *C. ochroleuca*), frijol guandú (*Cajanus cajan*) y mijo perla (*Pennisetum glaucum*), braquiaria + frijol guandú, braquiaria + *C. ochroleuca*, mijo perla + girasol, mijo perla + *C. ochroleuca*, sorgo + girasol, sorgo + *C. spectabilis*, y área de barbecho (vegetación espontánea). Se determinaron los atributos químicos del suelo, la densidad aparente y la estabilidad de agregados del suelo. El aporte de residuos vegetales al suelo mejoró la fertilidad, alterando los atributos químicos en la profundidad analizada. Los residuos de mijo perla y frijol guandú proporcionaron los mejores resultados en la química del suelo. Los residuos vegetales alteraron la densidad del suelo, presentándose de manera diferenciada en las profundidades evaluadas, así como proporcionaron mejor estabilidad de agregados en las capas superficiales. Los residuos de coberturas vegetales alteran la fertilidad, así como los atributos físicos del suelo. Una cobertura de mijo perla + girasol tiene un buen potencial para ser utilizada en la región, ya que proporciona beneficios químicos y físicos al suelo.

**Palabras clave:** Coberturas vegetales; Atributos del suelo; Fertilidad. Siembra Directa.

## 1 INTRODUÇÃO

O solo possui importante papel como recurso natural de sustentação do habitat vegetal e animal, e sua origem tem sido dependente da ação e interação dos fatores de sua formação, os quais influenciam sua regularização e divisão do fluxo de água no ambiente, reciclagem e armazenamento de nutrientes, e aporte como substrato para o desenvolvimento das plantas (Oliveira-Silva *et al.*, 2020). Na região Amazônica os solos em geral, são predominantes das classes de Latossolos e Argissolos, e ocupam cerca de 58% da área, caracterizados pela baixa fertilidade natural, expressas pela reserva de nutrientes e por seu alto grau de intemperismo (Campos *et al.*, 2012).

As condições edafoclimáticas de uma região, como estiagens e períodos chuvosos, associado as formas de manejo e qualidade ambiental do solo tem influenciado diretamente na sua constituição e transformação ao longo do tempo. A retirada da cobertura vegetal pode provocar o desequilíbrio da estrutura do solo, e

quando submetido a determinados sistemas de cultivo com uso intensivo tem acarretado a degradação das propriedades físicas e químicas do solo (Lemos Filho *et al.*, 2017).

A manutenção da cobertura vegetal aliado aos resíduos depositados na superfície do solo, proporcionam aporte contínuo de matéria orgânica, assim como a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, tais como agregação, infiltração e permeabilidade e fertilidade (Guareschi *et al.*, 2012; Lima *et al.*, 2013). A matéria orgânica torna-se fundamental, para a construção e manutenção da fertilidade do solo, uma vez que influencia inúmeras características, como a elevação da CTC, liberação lenta de P, N, S e água, aumento na disponibilidade dos micronutrientes, com a formação de quelatos, aumento na retenção de água e favorecimento do controle biológico, com maior população microbiana (Carneiro *et al.*, 2012).

Considerado um dos grandes avanços no sistema de produção brasileiro, o sistema de plantio direto (SPD) tornou-se uma prática conservacionista do solo, eficiente e apropriada para as atividades agrícolas, otimizando os benefícios aos atributos e recursos de qualidade do solo (Bertol *et al.*, 2004). No Brasil, estima-se que aproximadamente 33 milhões hectares da área plantada, sejam cultivados no SPD, enquanto no Estado de Rondônia essa área alcança aproximadamente 236 mil hectares (IBGE, 2017). Neste sistema de cultivo, as propriedades físicas do solo deixam de ser intensamente modificadas por implementos agrícolas, e a gestão dos resíduos presentes ou adicionados no solo, interferem nos atributos químicos e biológicos (Denardin *et al.*, 2012).

O estudo da qualidade do solo tem integrado fatores físicos, químicos e biológicos, os quais definem o potencial do solo em manter a sustentabilidade e sua estruturação (Sobucki *et al.*, 2019). Os atributos físicos do solo podem ser avaliados pelo tamanho, agregação e estabilidade dos agregados do solo, determinados por meio do diâmetro médio ponderado, diâmetro médio geométrico, índice de estabilidade dos agregados, assim como a densidade do solo (Bilibio *et al.*, 2010). Na avaliação da qualidade física do solo os indicadores mais utilizados foram aqueles diretamente ligados à sua estrutura (Mota *et al.*, 2015), como os atributos densidade e porosidade do solo, visto que sua modificação reflete diretamente na estrutura do solo. A densidade do solo mantém relações intrínsecas com os demais atributos, e alterações no seu valor afetam a estrutura, arranjo e volume dos poros, resistência à penetração e às características de retenção de água.

Em estudos, avaliando as propriedades físicas do solo em uma área sob SPD após 20 anos, Guareschi *et al.* (2012) observaram menores valores de densidade do solo, quando comparado às áreas com 3 e 15 anos sob o mesmo sistema. Carneiro *et al.* (2009) afirmaram que nos primeiros anos ocorrem aumento na densidade devido a reorganização das partículas de solo, e após a consolidação do sistema, ocorrem aumento nos teores de matéria orgânica, e conseqüentemente, redução na densidade do solo. Após 23 anos em SPD, Hickmann *et al.* (2012) verificaram efeitos significativos em relação aos benefícios da palhada na camada superficial do solo, enquanto que em profundidades maiores, os resultados evidenciaram que no sistema de plantio convencional há aumento da degradação física do solo, comprovado pelas reduções da macroporosidade, estabilidade de agregados e aumento da densidade do solo.

Dentre os atributos do solo, as propriedades químicas podem ser definidas pela acidez (pH), salinidade, teor de matéria orgânica, macro e micronutrientes, capacidade de troca iônica, entre outros (Oliveira-Silva *et al.*, 2020). Essas propriedades podem ser alteradas com a retirada da vegetação natural e o cultivo, principalmente na camada arável do solo, por consequência da adição de corretivos e fertilizantes (Freitas *et al.*, 2012). Avaliando as propriedades químicas do solo em diferentes profundidades e com plantas de coberturas, Correia e Durigan (2008), observaram alterações nas propriedades, com maiores valores de pH, teor de matéria orgânica, Ca e Mg trocáveis, saturação por bases, soma de bases e CTC efetiva. Resultados similares foram observados por Rosa *et al.* (2017), onde verificaram que nos tratamentos com cultivo de plantas de cobertura e com pousio houve aumento na matéria orgânica com média significativa nas profundidades de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m, respectivamente. Carneiro (2021) ao avaliar o milho como planta de cobertura, verificou resultados significativos de potássio, fósforo e teores de matéria orgânica quando comparados ao cultivo convencional de produção de cana-de-açúcar.

Esse fato demonstra a importância na escolha da espécie que pode proporcionar a melhor cobertura do solo, permitindo ganho na qualidade dos atributos químicos e físicos do solo. A influência das plantas de cobertura nas duas primeiras camadas do solo está associada ao não revolvimento e, desta forma, a matéria orgânica tende a acumular nas camadas superficiais devido ao aporte de resíduos vegetais sobre o solo (Leite *et al.*, 2013).

O solo, como recurso natural renovável, vivo e dinâmico tem requerido atenção

em todos os atributos, e a utilização de sistemas de manejo capazes de serem aportes para as condições conservacionistas do solo, como a adoção do sistema de plantio direto, tornam-se relevantes.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes espécies de coberturas e de seus resíduos sobre as propriedades físicas e químicas de um Latossolo em segundo ano de plantio direto no município de Ariquemes, Rondônia.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Rondônia, campus Ariquemes, localizado sob as coordenadas geográficas 9° 55' 12" S, longitude 62° 56' 59", e altitude média de 128 m, e com solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (Santos *et al.*, 2018). Segundo classificação de Köppen e Geiger, o município de Ariquemes enquadra-se no clima Aw (Clima Tropical Chuvoso), com duas estações bem definidas, sendo uma seca e outra de chuvas intensas nos meses de outubro a abril, concentrando cerca de 88% da precipitação anual. A temperatura média anual do município fica em 25,6°C, com precipitação total anual de 2290 mm e com umidade relativa do ar na faixa de 81% (Carvalho *et al.*, 2016).

O experimento faz parte de uma linha de pesquisa sobre o potencial de espécies como coberturas vegetais do solo na região, e foi conduzido juntamente com um projeto de pesquisa visando avaliar a produção e decomposição da fitomassa de coberturas vegetais. As análises de solo foram realizadas pelo terceiro ano consecutivo, sendo este o segundo ano em plantio direto.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatorze tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram compostos pelas espécies de cobertura vegetal, sendo sete cultivos solteiros: braquiária (*Urochloa ruziziensis*), sorgo (*Sorghum bicolor*), girassol (*Helianthus annuus*), duas espécies de crotalária (*Crotalaria spectabilis* e *C. ochroleuca*), feijão guandu (*Cajanus cajan*) e milheto (*Pennisentum glaucum*), seis consórcios: braquiária + feijão guandu, braquiária + *C. ochroleuca*, milheto + girassol, milheto + *C. ochroleuca*, sorgo + girassol, sorgo + *C. spectabilis*, e uma área de pousio (vegetação espontânea).

As parcelas apresentaram dimensões de 5,4 x 4,5 m de comprimento, e a semeadura foi realizada em linhas espaçadas por 0,45 m. A calagem foi realizada

elevando-se a saturação de bases para 60%, cerca de três meses antes da semeadura das culturas. A adubação foi calculada como base na análise de solo da área (Tabela 1), sendo utilizado 100 kg do formulado 04-14-08.

Tabela 1. Análise química do solo da área de cultivos das coberturas vegetais

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
água	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				%
5,02	25	17,02	57	1,52	1,2	0,25	4,52	2,77	7,3	37,75

Fonte: Autores (2024).

O teor de argila, silte e areia total do solo na área experimental apresentou 84,6%, 8,4% e 7,0%, respectivamente.

Cerca de cem dias após o corte das coberturas vegetais, foram realizadas as coletas de solos para as avaliações. Para a determinação dos atributos químicos foram coletadas amostras de solos deformadas, aleatoriamente em dois pontos de amostragem em cada parcela, coletando-se amostras simples na profundidade de 0,0 a 0,20 m, a qual resultou em uma amostra composta por parcela. Nos pontos de amostragens, a superfície do solo foi limpa, removendo-se resíduos vegetais, contudo, sem remover a camada superficial do solo. As amostras compostas foram encaminhadas para o laboratório para a realização das análises de pH, teores de hidrogênio (H) e alumínio (Al), matéria orgânica (MOs) e a disponibilidade de nutrientes: fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) no solo, além das determinações de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (T) e saturação por bases (V), conforme a metodologia descrita pela Embrapa (2009).

Na determinação dos atributos físicos, para obtenção da densidade do solo foi realizado a abertura de uma trincheira em cada parcela, para a coleta das amostras com cilindros metálicos, nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,15 m; e 0,15 a 0,20 m. No laboratório foi realizado a toaleta dos anéis volumétricos, e posteriormente, as amostras foram pesadas e levadas à estufa a uma temperatura de 105-110°C por um período de 24 horas, para se obter o peso seco do solo. O cálculo da densidade do solo (Mg m<sup>-3</sup>) em cada profundidade foi realizado pelo método do anel volumétrico conforme Teixeira *et al.* (2017).

Para a determinação da estabilidade de agregados foram coletadas amostras de solo indeformadas nas profundidades 0,0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras de 4,0 e 2,0 mm, onde os agregados

retidos na peneira de 2,0 mm (25 g) foram empregados nas análises de estabilidade de agregados via úmida, a qual foi realizada colocando as amostras sob um jogo de peneiras com malhas de 2,0, 1,0, 0,50, 0,25 e 0,106 mm e submetidas às oscilações verticais, durante 15 minutos em uma frequência de 32 oscilações por minuto. O solo retido em cada peneira foi transferido para recipientes com auxílio de fracos jatos de água, dirigidos ao fundo das peneiras, sendo em seguida, colocados para secagem em estufa a uma temperatura de 105°C, para posterior pesagem e obtenção do peso seco de cada classe de agregados. Os valores obtidos foram utilizados para o cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP conforme fórmula 1), diâmetro médio geométrico (DMG conforme fórmula 2) e índice de estabilidade de agregados (IEA conforme fórmula 3), de acordo com Castro Filho (1998) e Castro Filho (2002).

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i) \quad (1)$$

em que:

$w_i$  = proporção de cada classe em relação ao total;

$x_i$  = diâmetro médio das classes (mm);

$$DMG = EXP = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

em que:

$w_p$  = peso dos agregados de cada classe (g);

$$IEA = \frac{(\text{peso da amostra seca} - w_{p25-\text{areia}})}{\text{peso da amostra seca} - \text{areia}} / 100 \quad (3)$$

em que:

$w_{p25}$  = peso dos agregados da classe < 0,25 mm.

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos a análise de variância com o auxílio do programa SISVAR, e as médias comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância apresentou para os atributos químicos analisados diferença entre os resíduos vegetais para o pH, P, K, Mg, CTC e MO, não diferindo significativamente para o Ca, Al, H+Al, SB e V% (Tabela 2). Maia *et al.* (2022) ao avaliarem as características químicas do solo sobre o efeito do cultivo de diferentes espécies de plantas de cobertura e diferentes composições de adubações, também não encontraram variação significativa entre os tratamentos nos atributos CTC efetiva, soma de bases e saturação por base, bem como para os teores de alumínio.

Em relação ao pH, os resíduos de sorgo consorciado com o girassol, demonstraram efeito significativo em relação aos outros tratamentos, o que favoreceu a ausência de  $Al^{3+}$  no solo. O tipo de cobertura vegetal pode influenciar o pH do solo, conforme observado por Costa *et al.* (2019) que estudando indicadores químicos de qualidade do solo sobre sistemas de produção, verificaram o aumento do pH com a utilização de adubos orgânicos. Da mesma forma, Maia *et al.* (2022) constataram que a utilização de cobertura vegetal e adubos orgânicos induziu o acúmulo de compostos orgânicos no solo, o que aumentou a liberação de ácidos orgânicos e consequentemente o pH e a CTC do solo.

Conforme descrito em EMBRAPA (2018), para que haja uma melhor disponibilidade de nutrientes para as culturas agrícolas, e menor toxicidade de alguns elementos, o pH do solo deve permanecer dentro da faixa de 5,4 a 6,0. Desta forma, observou-se que os resíduos de coberturas cultivadas em consórcio apresentaram maiores valores de pH quando comparados com os resíduos de cultivos solteiros, sendo o sorgo (5,2) e a *C. spectabilis* (5,3) os resíduos com menor efeito sobre esse atributo ficando fora da faixa recomendável para cultivo.

Para o atributo matéria orgânica do solo (MOs), os maiores teores foram observados no solo com resíduos de feijão guandu, diferindo estatisticamente de todas as demais coberturas vegetais, que foram semelhantes entre si. Esse incremento de matéria orgânica no solo, pode ser influenciado positivamente pela ausência de revolvimento e pela permanência de resíduos culturais na superfície, porém trata-se de um processo lento (Chiodini *et al.*, 2013) devido a ação dos agentes de decomposição. Nascente *et al.* (2018) avaliando culturas de cobertura e o efeito do plantio direto na matéria orgânica do solo, também relataram valores similares nos teores de matéria orgânica do solo quando utilizado cinco diferentes plantas de

cobertura no sistema plantio direto, porém não houve destaque para nenhuma das culturas utilizadas.

Tabela 2. Atributos químicos do solo em segundo ano de plantio direto com resíduos de diferentes espécies de coberturas vegetais, na profundidade de 0,0 a 0,20 m.

Resíduos vegetais	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	MO
	H <sub>2</sub> O	mg.dm <sup>-3</sup>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	%	g.dm <sup>-3</sup>
<i>C. ochroleuca</i>	5,5c	10,8c	0,18a	1,9a	1,2a	0,00a	3,7a	3,3a	7,0a	50a	19,0b
<i>C. spectabilis</i>	5,3c	17,6b	0,11b	2,1a	0,8a	0,00a	3,7a	3,0a	6,7a	46a	22,3b
Braquiária	5,5c	9,0c	0,11b	2,3a	1,4a	0,00a	3,3a	3,8a	7,1a	55a	19,7b
Feijão Guandu	5,5c	16,7b	0,15b	2,6a	1,5a	0,03a	3,5a	4,3a	7,8a	56a	26,3a
Girassol	5,5c	13,6c	0,13b	1,9a	1,2a	0,03a	3,6a	3,2a	6,8a	50a	19,7b
Milheto	5,5c	26,6a	0,19a	2,3a	1,3a	0,07a	3,5a	3,8a	7,3a	54a	20,7b
Pousio	5,4c	8,7c	0,18a	1,9a	1,0a	0,03a	3,7a	3,0a	6,7a	46a	19,0b
Sorgo	5,2c	12,5c	0,13b	1,8a	1,0a	0,23a	4,2a	2,9a	7,1a	43a	20,7b
Braquiária + F. Guandu	5,6b	7,6c	0,12b	2,1a	1,2a	0,20a	3,2a	3,4a	6,5a	51a	20,7b
Braquiária + <i>C. ochroleuca</i>	5,7b	7,5c	0,14b	2,0a	1,3a	0,07a	3,1a	3,4a	6,5a	54a	19,7b
Milheto + <i>C. ochroleuca</i>	5,6b	9,5c	0,14b	2,4a	1,5a	0,03a	3,0a	4,0a	7,0a	56a	21,0b
Milheto + Girassol	5,7b	8,8c	0,20a	2,3a	1,3a	0,00a	3,0a	3,8a	6,8a	56a	22,0b
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	5,7b	10,8c	0,17a	2,4a	1,4a	0,17a	3,4a	4,0a	7,4a	56a	21,3b
Sorgo + Girassol	6,0a	9,8c	0,18a	2,6a	1,7a	0,00a	2,5a	4,5a	7,0a	64a	20,3b
CV (%)	3,23	11,09	23,61	19,79	21,64	4,77	17,46	19,66	5,96	14,16	9,68

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores (2024).

Em solos de condições tropicais, a matéria orgânica pode representar de 56 a 82% da CTC desses solos, o que favorece a retenção de cátions e diminui as perdas por lixiviação (Rangel e Silva, 2007; Carneiro *et al.*, 2009). Nesse sentido, a matéria orgânica nos solos com resíduos de feijão guandu contribuíram com a CTC, a soma de bases trocáveis e na saturação de bases, destacando-se também na disponibilidade de P, que foi inferior somente ao milheto.

O tratamento com resíduos de milheto foi o que apresentou os maiores teores de P no solo, diferindo de todos os demais tratamentos, sendo seguido pelos resíduos de *C. spectabilis* e feijão guandu. Autores afirmaram que a baixa mobilidade do nutriente, o não revolvimento e a adição de resíduos vegetais proporcionam aumentos

na disponibilidade de P ao solo, tanto pelo elemento contido nos resíduos, como pela redução da capacidade de adsorção dos colóides, devido a competição de compostos orgânicos liberados pela decomposição dos resíduos (Franchini *et al.*, 2001; Muzilli, 2002; Pavinato e Rosolem, 2008). Nesse sentido, Arantes *et al.* (2012) avaliando as alterações nos atributos químicos do solo cultivado em plantio direto com diferentes plantas de cobertura, afirmaram que o solo coberto apresentou os maiores teores de P quando comparadas ao solo exposto, todavia, no ensaio os resíduos de sorgo granífero foram os que disponibilizaram maiores teores de P ao solo.

Essa rápida liberação de fósforo pode ser atribuída ao fato de a maior parte desse elemento ser encontrada no vacúolo da célula vegetal, na forma mineral, bastante solúvel em água, sendo liberado dos resíduos culturais quando o vacúolo é rompido na decomposição dos resíduos (Aita e Giacomini, 2003).

Da mesma forma, a liberação rápida de potássio da fitomassa ocorre em decorrência desse elemento não estar associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal, sendo encontrado mais de 80% na forma solúvel e nos vacúolos (Marschner, *apud*, Costa *et al.*, 2012). Deste modo, o cultivo das plantas de cobertura pode aumentar a eficiência de reciclagem do K, assim como das demais bases, mas no caso do K a liberação e o reaproveitamento são mais rápidos, por não precisar ocorrer, necessariamente, mineralização biológica. Em relação a essa liberação de K ao solo, verificou-se resultados superior nas coberturas de milheto, *C. ochroleuca*, pousio, e nos consórcio de milheto + girassol, sorgo + *C. spectabilis* e sorgo + girassol, os quais diferiram dos demais tratamentos. Os solos com resíduos de milheto apresentaram as maiores concentrações de K<sup>+</sup> trocável. Essa espécie caracteriza-se pela elevada produção e persistência da palhada sobre o solo, que pode ultrapassar 14 Mg ha<sup>-1</sup>; e alta capacidade de extração de nutrientes, com alta eficiência na ciclagem de N e K, que podem atingir valores de 205 e 215 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Soratto *et al.*, 2012).

Valores elevados de K, Ca e Mg tem sido associados ao continuo aporte de resíduos vegetais, como as áreas de reflorestamento e plantio direto estudadas por Lourente *et al.* (2011), e por Carvalho *et al.* (2007) que encontraram maiores teores de K, Ca e Mg em áreas de plantio direto, com valores crescentes conforme o tempo de implantação do sistema, influenciando diretamente no valor de V%, com valores de 59, 39 e 33% respectivamente para um, dois ou três anos de implantação do PD. Arantes *et al.* (2012) encontraram maiores teores de bases trocáveis no solo com

resíduos de milho, na camada 0,0 a 0,05 m, diferindo do solo com resíduos de guandu anão, feijão de porco e solo exposto, e associaram esses resultados aos conteúdos acumulados de nutrientes pelas plantas de coberturas.

Para os atributos físicos do solo, a análise de variância indicou efeito significativo dos resíduos vegetais sobre a densidade e estabilidade de agregados. Os resíduos das espécies vegetais alteraram a densidade do solo, apresentando-se de forma diferenciada nas profundidades avaliadas, conforme Tabela 3. De modo geral, as menor densidade do solo foram observadas na camada de 0,0 a 0,05 m, com elevação dos valores com o aumento das profundidades.

Ainda não existe consenso sobre o nível crítico da densidade do solo, ou seja, acima do qual o solo é considerado compactado. Todavia, Argenton *et al.* (2005) constataram que, em Latossolo Vermelho argiloso, a deficiência de aeração inicia-se com densidade do solo próxima de  $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$  e Klein (2006) observou que a densidade limitante foi de  $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$ , para mesma classe de solo, valores também apresentados por Reichert *et al.* (2003) que propuseram densidade do solo crítica para classes texturais, sendo a dos solos argilosos de  $1,30$  a  $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ . Sendo assim, verificou-se que a maioria dos valores encontrados para densidade ficaram dentro da faixa considerada ideal para o desenvolvimento das culturas em solos argilosos.

Tabela 3. Densidade do solo, em diferentes profundidades, em segundo ano de plantio direto com resíduos de espécies de coberturas vegetais.

Resíduos Vegetais	Densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ )			
	Profundidade (m)			
	0,0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20
<i>C. ochroleuca</i>	1,17b	1,19b	1,41a	1,37a
<i>C. spectabilis</i>	1,14b	1,14b	1,28b	1,29c
Braquiária	1,16b	1,42a	1,34a	1,41a
Feijão Guandu	1,10b	1,28b	1,20b	1,26c
Girassol	1,02c	1,20b	1,31b	1,32b
Milheto	1,08c	1,17b	1,16b	1,29c
Pousio	1,13b	1,19b	1,21b	1,24c
Sorgo	1,16b	1,24b	1,39a	1,26c
Braquiária + Feijão Guandu	1,28a	1,23b	1,26b	1,39a
Braquiária + <i>C. ochroleuca</i>	1,12b	1,20b	1,22b	1,21d
Milheto + <i>C. ochroleuca</i>	1,27a	1,22b	1,42a	1,32b
Milheto + Girassol	1,02c	1,20b	1,30b	1,16d
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	1,09b	1,22b	1,26b	1,27c
Sorgo + Girassol	1,13b	1,14b	1,24b	1,30b
CV (%)	4,91	4,16	4,34	2,98

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autores (2024).

Apesar da maioria dos estudos apontar por maiores densidades na camada superficial do solo em áreas de plantio direto, observou-se menores valores de Ds na camada 0,00-0,05 m, na maioria dos resíduos vegetais, com efeito significativo nos resíduos de girassol, milho e no consórcio girassol+milho, fato que pode ser associado ao tempo de cultivo da área e as diferenças na morfologia do sistema radicular das espécies utilizadas como coberturas, bem como, a capacidade das mesmas em explorar o solo. Silva *et al.* (2017) avaliando o efeito das plantas de cobertura sobre os atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso em região do cerrado, também obtiveram menor valor de densidade na camada de 0,0 a 0,05 m com a cobertura de milho e associaram esse resultado a ação do sistema radicular, que ao se decompor, atua na formação de bioporos.

O aumento dos valores de Ds nas camadas subsuperficiais, com destaque para a camada de 0,10 a 0,15 m nos solos com resíduos de *C. ochroleuca*, braquiária, milho e o consórcio milho + *C. ochroleuca*, pode ser relacionado ao tráfego de máquinas e pessoas na área, bem como, ao tempo de cultivo que, interfere nos efeitos das partículas orgânicas nos atributos do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Rossetti *et al.* (2012) que ao avaliarem o efeito de seis coberturas vegetais nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico, observaram que a Ds aumentou da superfície até 0,20 m, sendo maior na camada de 0,05 a 0,15 m, e atribuíram ao tráfego de máquinas ao longo dos anos, mesmo se tratando de manejo conservacionista. Silveira *et al.* (2008) relataram que a densidade do solo sob plantio direto pode ser reduzida com o tempo, devido, em parte, ao aumento do teor de matéria orgânica, que favoreceria a agregação e melhoraria a qualidade estrutural do solo.

A estabilidade de agregados estimada pelo diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), índice de estabilidade de agregado (IEA) e índice de agregados de diâmetro superior a 2 mm (AGRI), apresentaram diferenças entre os resíduos vegetais na profundidade 0,0 a 0,10 m (Tabela 4), enquanto que na profundidade 0,10 a 0,20 m os parâmetros avaliados não demonstraram diferenças entre os tratamentos.

Torres *et al.* (2015) ao avaliarem as alterações nos atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico com o uso de plantas de cobertura, após 12 anos de semeadura direta, constataram que os maiores valores desses índices foram encontrados na superfície e diminuiriam em profundidade, e atribuíram os valores de

estabilidade de agregados na camada de 0,00-0,10 m aos maiores acúmulos de matéria orgânica e ao efeito da compressão no solo.

Tabela 4. Parâmetros de estabilidade de agregados do solo, na profundidade de 0,00-0,10 m, em segundo ano de plantio direto com resíduos de espécies de coberturas vegetais.

Resíduos Vegetais	Índices de Agregação (0,00-0,10 m)			
	DMG	DMP	IEA	AGRI
	mm	mm	%	%
<i>C. ochroleuca</i>	2,21a	2,55a	96,24b	76,99a
<i>C. spectabilis</i>	2,12a	2,48a	96,68b	73,71a
Braquiária	1,92b	2,39b	94,56c	69,86b
Feijão Guandu	1,90b	2,36b	94,76c	67,89b
Girassol	1,84b	2,29b	94,66c	64,25b
Milheto	1,81b	2,25b	94,13c	63,23b
Pousio	1,78b	2,31b	93,46c	65,62b
Sorgo	1,86b	2,35b	93,91c	68,92b
Braquiária + Feijão Guandu	1,98b	2,43a	95,30c	71,52a
<i>C. ochroleuca</i> + Braquiária	1,76b	2,25b	94,48c	62,94b
Milheto + <i>C. ochroleuca</i>	2,03a	2,48a	95,45c	74,91a
Milheto + Girassol	2,38a	2,65a	98,11a	81,32a
Sorgo + <i>C. spectabilis</i>	1,75b	2,23b	93,93c	62,22b
Sorgo + Girassol	2,03a	2,44a	95,41c	71,37a
CV (%)	9,39	3,94	0,81	8,65

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores (2024).

O DMG do solo foi mais elevado nos resíduos de *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, milheto + *C. ochroleuca*, milheto + girassol e sorgo + girassol, os mesmos tratamentos também apresentaram os melhores valores para o DMP e AGRI. Garcia e Rosolem (2010) ao analisarem cultivos de outono-inverno e primavera, em sistema de plantio direto, observaram que a braquiária e as coberturas de primavera 'Cober Crop' (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*), milheto, e crotalária proporcionaram melhorias nos parâmetros de agregação do solo como DMP, DMG e AGRI, até a profundidade de 0,10 m, e afirmaram que o crescimento radicular das gramíneas de cobertura influenciaram a maior agregação do solo nas camadas superficiais, logo no primeiro ano do experimento.

Destaca-se que os resíduos do consórcio milheto + girassol apresentaram os maiores índices de estabilidade de agregados, e também a menor densidade do solo conforme relatado anteriormente, demonstrando que esse consórcio tem bom potencial para ser utilizado na região, proporcionando benefícios aos solos cultivados. Esse resultado pode ser relacionado ao maior crescimento de raízes no perfil do solo, devido a combinação de duas espécies com sistema radicular diferentes na mesma

área, que além de promover o aumento do teor de MO, atuando na formação de agregados estáveis, pode liberar exsudados orgânicos que possuem função cimentante das partículas do solo. Esse incremento dos compostos orgânicos, além do efeito direto na agregação do solo, serve de energia para a atividade microbiana, que libera moléculas orgânicas como subprodutos do metabolismo (ácidos húmicos e polissacarídeos), que também irão atuar como agentes aglutinadores dos grânulos minerais (Mielniczuk, 1999).

#### **4 CONCLUSÕES**

Os resíduos de coberturas vegetais, obtidos em segundo ano de plantio direto, alteram a fertilidade, bem como os atributos físicos do solo.

A cobertura vegetal obtida do consórcio de milho + girassol tem potencial para ser utilizado na região por proporcionar benefícios químicos e físicos ao solo.

Nas condições da região, o tempo de decomposição dos resíduos vegetais é mais acelerado do que em outras locais, o que influencia as propriedades do solo de forma diferenciada, sendo notório a escassez de trabalhos que apresentem esses efeitos. A determinação de espécies de cobertura produtoras de fitomassa e os efeitos dos resíduos no solo são importantes para a adoção de estratégias adequadas de manejo visando à sustentabilidade do solo. Portanto, estudos futuros podem ser conduzidos com as espécies de coberturas vegetais em diferentes combinações, épocas e formas de incorporação, visando também a estimular os produtores da região a utilizar essas coberturas como forma de conservação dos solos tropicais.

#### **AGRADECIMENTOS**

Ao Grupo de Pesquisa em Produção Vegetal pelas orientações na condução do experimento, e ao IFRO, Campus Ariquemes pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ARANTES, E. M.; CREMON, C.; LUIZ, M. A. C. Alterações dos atributos químicos do solo cultivado no sistema orgânico com plantio direto sob diferentes coberturas vegetais. **Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 47-54, 2012.
- ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-435, 2005.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparada às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 155-163, 2004.
- BILIBIO, W. D.; CORRÊA, G. F.; BORGES, E. N. Atributos físicos e químicos de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, p. 817-822, 2010.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 147-157, 2009.
- CARNEIRO, M. P. **Qualidade do solo ao longo de quatro anos de produção de cana-de-açúcar sob diferentes manejos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, São Paulo, 2021, 77 p.
- CARVALHO, S. R. L.; NASCIMENTO, B. I. S.; QUERINO, C. A. S.; SILVA, M. J. G.; DELGADO, A. R. S. Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 18, p. 140, 2016. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13873>>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 20-31, 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6947>>. Acesso em: 12 abr. 2024.
- COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J. Persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa de crotalária em função da fragmentação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 384-394, 2012.

CASTRO FILHO, C. **Atributos do solo avaliados pelos seus agregados**. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. Qualidade física do solo: métodos de estudo - sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: Funep, 2002. p. 21-46.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.

DENARDI, J. E. *et al.* **Diretrizes do Sistema Plantio Direto no contexto da Agricultura Conservacionista**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/18498274.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p. (Documentos, 2).

FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in na acid oxisol. **Plant Soil**, Hague, v. 231, n.1, p. 55-63, 2001.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, V. M. R. Atributos químicos de latossolo vermelho submetido a diferentes manejos. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 229-240, 2012.

GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1489–1498, dez. 2010.

GUARESCHI, R.F.; PEREIRA, M. G.; PERIN A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado goiano. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 36, p. 909-20, 2012.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G.; FERNANDES, R. B. A.; ANDRADE, C. L. T. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um Argissolo após 23 anos de diferentes manejos. **Caatinga**, Mossoró, v. 25, p. 128-36, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/pesquisa/24/76693?localidade2=0>. Acesso em: 27 nov. 2023.

KLEIN, V. A. Densidade relativa - um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 26-32, 2006.

LEITE, L. F. C.; ARRUDA, F. P.; COSTA, C. N.; FERREIRA, J. S.; HOLANDA NETO, M. R. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 1257-1263, 2013.

LEMOS FILHO, L. C. A.; FERREIRA, L. L. N.; LYRA, D. L. Variabilidade espacial de atributos do solo indicadores de degradação ambiental em microbacia hidrográfica. **Revista Agroambiente**, v. 11, n. 1, p. 11-20, 2017. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/3413>. Acesso: 12 mai 2024.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 16-23, 2013.

MAIA, J. C. S.; FERREIRA, P. A.; BASÍLIO, J. P.; MARTINS, L. A.; CECCHIN, L. Efeitos de diferentes plantas de cobertura e extrato orgânico sobre atributos químicos de um solo franco argilo arenoso. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/35994/30218/398930>. Acesso em: 11 mar 2024.

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.1-8.

MUZILLI, O. **Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná**. Informações Agronômicas, Piracicaba: POTAFÓS, n. 100, p. 6-10, 2002.

NASCENTE, A. S.; LI, Y. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and no-till effects on physical fractions of soil organic matter. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 130, p. 52-57, 2018.

OLIVEIRA-SILVA, M.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, D. F.; COSTA, K. D. S. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo – Decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p. 911-920, 2008

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1609-1623, 2007.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003. Disponível em: [https://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao\\_Artigos/5.pdf](https://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/5.pdf). Acesso: 08 abr 2024.

ROSSETTI, K. V.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F.; MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. C. A. Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Agrária. Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.3, p.427-433, 2012.

SANTOS, H. G.; *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. Brasília, 356 p, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, M. P.; ARF, O.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M.; LIMA ABRANTES, F.; FERREIRA BERTI, C. L.; DOMINGUES DE S, L. C. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Agrária. Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 1, p. 94-100, 2017.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, J. G. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.3, p.53-59, 2008.

SOBUCKI, L; RAMOS, R. F; BELLÉ, C; ANTONIOLLI, Z. I. Manejo e qualidade biológica do solo: uma análise. **Revista Agronomia Brasileira**, Jaboticabal, v. 3, n. 4, 2019.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.10, p.1462-1470, 2012.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª ed. revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573 p.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ASSIS, R. L.; SOUZA, Z. M. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 428-437, 2015.