

**Atributos físicos e químicos do solo em diferentes formas de uso do solo**

**Physical and chemical soil attributes under different land use systems**

**Atributos físicos y químicos del suelo en diferentes usos del terreno**

**Jordana Cristhina Ribeiro Gomes Nogueira**

Mestre em Agronegócio

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil

E-mail: ribeirogomeshome@gmail.com

**Lucas Pereira Furtado**

Mestre em Planejamento e Desenvolvimento Econômico Regional

Instituição: Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil

E-mail: lucasfurtado2202@gmail.com

**Gleice Alves de Sousa**

Mestre em Processos Sustentáveis

Instituição: Instituto Federal de Goiás

Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil

E-mail: gleice.sousa@ifg.edu.br

**Daniella Resende Almeida**

Mestre em Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil

E-mail: danielleresendedealmeida@gmail.com

**Isabella Nunes da Silveira**

Mestre em Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil

E-mail: isabellandsa@discente.ufg.br

**Juliana Rosa Ribeiro**

Mestre em Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil

E-mail: julianaribeirod2@gmail.com

**Thalline Rodrigues da Silva**

Mestre em Ecologia e Evolução  
Instituição: Universidade Federal de Goiás  
Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil  
E-mail: thalline.ro@gmail.com

**Princewill Chukwuma Asobia**

Mestre em Agronomia  
Instituição: Universidade Federal de Goiás  
Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil  
E-mail: asobiaprincewill@gmail.com

**Francine Neves Calil**

Doutora em Engenharia Florestal  
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria  
Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil  
E-mail: francine@ufg.br

**Charles Vinicius Gonçalves Tiarini**

Graduando em Ciências Ambientais  
Instituição: Universidade Federal de Goiás  
Endereço: Goiânia – Goiás, Brasil  
E-mail: charles.tiarini@gmail.com

**RESUMO**

A pesquisa aborda a caracterização de atributos físico-químicos de áreas com sistemas de produção contrastantes, com foco nos sistemas agroflorestais (SAF's) na região centro-oeste, em Goiânia – Goiás, com avaliações dos solos em três diferentes sistemas de produção: SAF, pastagem degradada com cobertura e pastagem degradada sem cobertura. Destaca-se a importância dos SAF's na restauração de áreas degradadas, conservação da terra e da água, variação da produção e redução da pressão atmosférica. Além disso, são discutidos os sistemas integrados, que combinam práticas agrícolas, pecuárias e florestais, visando interações sinérgicas no agroecossistema. A análise físico-química do solo é apontada como crucial para avaliar a fertilidade do solo, a qualidade da água, a presença de poluentes e a estimativa do teor de matéria orgânica.

**Palavras-chave:** qualidade do solo, sistema agroflorestal, área degradada, manejo.

**ABSTRACT**

This study addresses the characterization of physical and chemical soil attributes in areas with contrasting production systems, focusing on agroforestry systems (AFS) in the Central-West region of Brazil, specifically in Goiânia, Goiás. Soil evaluations were conducted under three different production systems: agroforestry systems, degraded pasture with cover, and degraded pasture without cover. The research highlights the importance of AFS in restoring degraded areas, conserving soil and water, diversifying production, and mitigating atmospheric pressure. Additionally, integrated systems that combine agricultural, livestock, and forestry practices are discussed, aiming for synergistic interactions within the agroecosystem. Physical and chemical

soil analysis is emphasized as a key tool for assessing soil fertility, water quality, presence of pollutants, and estimating organic matter content.

**Keywords:** soil quality, agroforestry system, degraded area, management.

## **RESUMEN**

La investigación aborda la caracterización de los atributos físico-químicos del suelo en áreas con sistemas de producción contrastantes, con énfasis en los sistemas agroforestales (SAF) en la región del Centro-Oeste de Brasil, en Goiânia, Goiás. Se realizaron evaluaciones del suelo en tres sistemas de producción distintos: sistemas agroforestales, pastizales degradados con cobertura y pastizales degradados sin cobertura. Se destaca la importancia de los SAF en la restauración de áreas degradadas, la conservación del suelo y del agua, la diversificación de la producción y la reducción de la presión atmosférica. Además, se discuten los sistemas integrados que combinan prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, buscando interacciones sinérgicas en el agroecosistema. El análisis físico-químico del suelo se señala como fundamental para evaluar la fertilidad del suelo, la calidad del agua, la presencia de contaminantes y la estimación del contenido de materia orgánica.

**Palabras clave:** calidad del suelo, sistema agroforestal, área degradada, manejo.

## **1 INTRODUÇÃO**

O setor agropecuário está vivenciando diversas mudanças graças aos custos mais elevados de produção e à competitividade crescente no mercado. Isso demanda maior produtividade, qualidade e rentabilidade nas atividades, sem prejudicar o meio ambiente. Para alcançar esses objetivos, uma alternativa em destaque é a adoção de sistemas integrados, eles combinam práticas agrícolas, pecuárias e florestais, tanto em termos de espaço quanto de tempo, visando interações sinérgicas no agroecosistema.

Para Sene e Bacha (2024), isso é crucial para garantir a sustentabilidade da unidade de produção, considerando sua harmonização com o ambiente e a valorização dos recursos naturais. Tomando como base dados publicados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), no ano de 2024, compreende-se a importância do agronegócio no cenário brasileiro, onde o Produto Interno Bruto (PIB) correspondente a este setor, no primeiro trimestre deste ano, foi de R\$ 2,45 trilhões (R\$ 1,65 trilhão somente para a agricultura), com estimativa em torno de 21,5% de participação na economia global do país no ano corrente (CEPEA, 2024).

O agronegócio se mostra essencial na composição da economia brasileira, sendo a produção agrícola uma fatia importante no construto do PIB. Assim, a necessidade de produção

envolve, também, a necessidade de se compreender os sistemas integrados de produção, que impactam direta ou indiretamente na intensidade da forma de produzir.

A este respeito, Freire e Cavichioli (2022) salientam que os sistemas integrados podem ser divididos em diferentes categorias: agropastoril (integração lavoura-pecuária – ILP), agrossilvipastoril (integração lavoura-pecuária-floresta – ILPF), silvipastoril (integração pecuária-floresta – IPF) e silviagrícola (integração lavoura-floresta – ILF).

Segundo Felipe et al. (2023) e Balbino et al. (2011), em situações específicas onde há inclusão de componentes arbóreos, como nos sistemas ILPF e IPF, esses sistemas são mais conhecidos como Sistemas Agroflorestais (SAFs).

De acordo com Nair (1993) e Neto et al. (2019), os sistemas agroflorestais (SAFs) são sistemas e tecnologias de uso da terra que buscam aumentar a produção de forma sustentável. Eles combinam o cultivo de árvores perenes com culturas agrícolas e/ou criação animal, podendo ocorrer de forma simultânea ou sequencial na mesma área. Esses sistemas empregam práticas de manejo sustentáveis compatíveis com a cultura e as necessidades da população local.

Tomando como fundamento os estudos de diversos pesquisadores sobre o tema, como Santos et al. (2021) e Neto et al. (2019), torna-se essencial destacar pesquisas específicas sobre SAFs, realizadas na Universidade Federal de Goiás (UFG), que tendem a ser úteis para a citada região. Considera-se, pois, que investigar quais são as melhores combinações de espécies, métodos de manejo e consequências socioeconômicas, pode contribuir para a adoção desses sistemas e restaurar áreas degradadas.

É essencial que a UFG continue apoiando e realizando pesquisas nessa área para ajudar a comunidade e o meio ambiente. Os processos de recuperação e restauração dependem de uma compreensão contextual do solo em áreas degradadas. No Campus Samambaia, que faz parte do complexo da UFG, a presente pesquisa se concentrou em três áreas específicas, envolvendo o Sistema Agroflorestal (SAF), a Área Degradada com Cobertura (PC) e a Área Degradada sem Cobertura (PD). Foram analisados fatores como textura do solo, teor de matéria orgânica, pH, capacidade de retenção de água e microbiota do solo. Tais aspectos são essenciais para orientar os métodos de restauração ecológica, contribuindo para a sustentação dessas áreas degradadas.

A análise físico-química é de expressiva importância para entender e melhorar os SAFs, especialmente em áreas degradadas. A análise da presença de poluentes em locais degradados contribui para implementação de correções e redução de riscos ambientais. Tal análise viabiliza

e orienta às decisões de manejo, recuperação e maximização da produtividade dos sistemas agroflorestais.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo analisar as características dos sistemas agroflorestais localizados na cidade de Goiânia - Goiás, que fica na região Centro-Oeste do Brasil. De forma específica, busca-se considerar o potencial dos SAFs na restauração de áreas degradadas e conservação da terra e da água, considerar seu emprego na variação da produção e salientar os impactos dos SAFs na redução da pressão atmosférica..

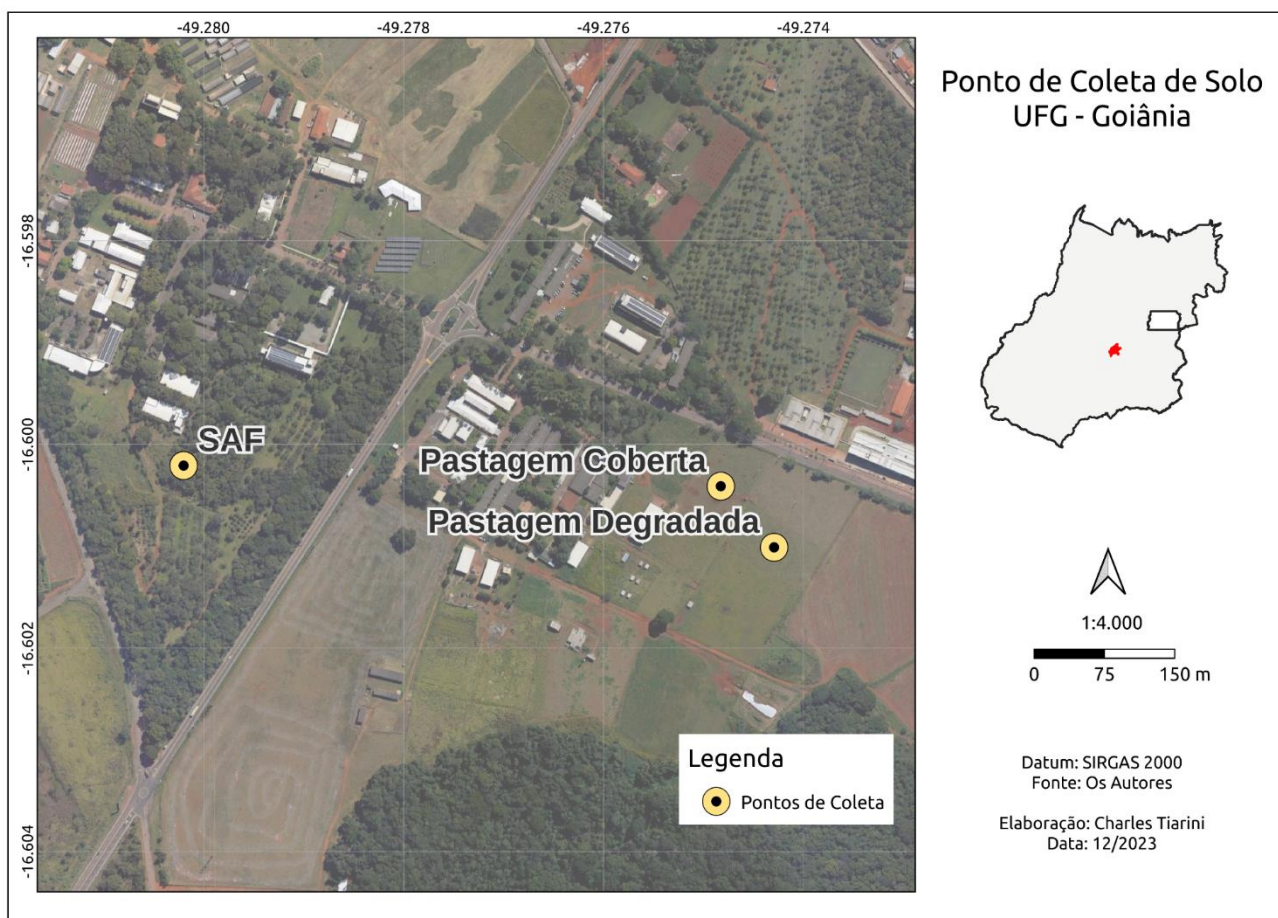
## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado na Universidade Federal de Goiás (UFG) no município de Goiânia - GO, entre os paralelos de latitudes de 17°22'52"S e 15°46'41"S em relação ao Equador, e entre os meridianos de longitudes 50°14'10"W e 47°49'16"W em relação ao Meridiano de Greenwich.

No cenário brasileiro, há diversas categorias de climas. Com base em Wilhem Köppen, citado por Cavalcanti e Ferreira (2021), a região Centro-Oeste envolve classificação em Aw, sendo esse um tipo de clima tropical de savana, incluindo verão quente e úmido, com inverno seco e estação chuvosa no verão, além de apresentar precipitação média anual de 1500 mm.

A altitude média da região é de 749 m. A Figura 1, a seguir, ilustra a localização da área de estudo, onde está situada a unidade do Campus Samambaia, integrante do complexo UFG, na cidade de Goiânia-GO, bem como as regiões de coleta das amostras utilizadas na pesquisa.

Figura 1. Localização geral da área de estudo.



Fonte: elaborado pelos autores.

O perímetro de análise foi demarcado de forma expandida, considerando-se a significativa extensão da área onde a coleta foi realizada. Sendo assim, foram realizadas avaliações de químico e física dos solos, a fim de verificar o efeito dos sistemas na conservação do solo.

Para a análise química, foram amostrados pontos de 00 - 0,2 m e 0,2 - 0,4 m de profundidade que compreendem a zona de desenvolvimento de 80% das raízes de plantios comerciais. Para a avaliação da física do solo, foram amostradas 00 - 0,2 m e 0,2 - 0,4 m de profundidade para a composição granulométrica, retiradas amostras deformadas para caracterização da densidade do solo e análise de resistência dinâmica, a fim de avaliar a compactação dos solos nas camadas de solo 0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m, 0,2 - 0,3 m e 0,3 - 0,4 m de profundidade.

Optou-se por selecionar um ponto aleatório em cada área previamente selecionada, promovendo-se a uma limpeza básica da superfície com o uso de tipos variados de ferramenta, incluindo enxada, enxadão, bem como uma pá de corte. Após essa etapa, foi utilizado um trado, com a finalidade de retirar amostras do respectivo solo em uma profundidade almejada, inserindo cada amostra em sacos e baldes plásticos, com identificação de cada qual a partir de etiqueta descritivas.

Ao empregar o enxadão, foi escavada uma vala e, com a ajuda de uma pá de corte, extraiu-se uma porção com profundidade de 3 cm, descartando-se as bordas e depositando a amostra central no recipiente plástico de escolha. Esse procedimento foi realizado por 20 vezes na mesma área, acessando as seções de forma aleatória, movendo-se em zigue-zague para o próximo ponto de coleta das amostras. Os pesquisadores coletaram amostras somente em áreas com paisagens similares, evitando-se comprometer a precisão dos resultados na análise do solo.

Para a caracterização física do solo, foram realizados testes de composição granulométrica, densidade do solo pelo método do anel volumétrico e umidade do solo (MAV), com base em Cavalcanti e Ferreira (2021) e, conforme citado por Brito *et al.* (2024), a resistência dinâmica, mensurada através de avaliação com penetrômetro Stolf de impacto do tipo IAA/Planalsucar. Neste contexto, o penetrômetro utilizado possui cursor em queda livre de 400 mm, com formato cônico e angulação sólida equivalente a 30°, com 12,8 mm de diâmetro de base, assim como 9,5 mm de diâmetro em relação à haste de inserção ao solo. Uma interpolação também foi executada, a partir do método de Krigagem, visando criar um nível contínuo.

Conforme Ottoni *et al.* (2024), o solo da região foi classificado em LATOSSOLO VERMELHO Ácrico - LVw. A área de estudo foi representada por três diferentes sistemas de produção, sendo eles: 1 - Sistema agroflorestal (SAF); 2 - Pastagem degradada com cobertura (PC); 3 - Pastagem degradada sem cobertura (PD).

Foram avaliados os parâmetros Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ), Fósforo (P), acidez potencial (H + Al), capacidade de troca catiônica (CTC), Matéria orgânica (MO), Saturação de bases (V%) e pH( $\text{CaCl}_2$ ). A resistência do solo foi calculada utilizando a área de ponta de ( $A=2,23 \text{ cm}^2$ ) e expressos em  $\text{kgf/cm}^2$ , baseado em indicação da *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE), conforme orientações trazidas em pesquisas desenvolvidas por Farsaie *et al.* (1983) e citadas pela Embrapa (CARON *et al.*, 2024). Os resultados obtidos foram

submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ), onde houve significância estatística, as médias dos tratamentos qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS QUÍMICOS DOS SOLOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os valores de pH, na profundidade de 0 - 20 cm foi inferior ao ideal agrônômico somente na pastagem degradada (4,8), sendo a faixa de pH indicada entre 5,5 e 6,3 (Sousa; Lobato, 2004; Oliveira *et al.*, 2014). No entanto, ao se analisar a profundidade de 20 a 40 cm, observa-se que o SAF passa a ter o menor pH. De acordo com Silva Júnior *et al.* (2012), o pH mais baixo em profundidade no SAF, pode ser decorrente da mineralização da matéria orgânica e exsudados ácidos liberados pelas raízes das árvores presentes no sistema agroflorestal, que contribuem para aumentar a acidez do solo, como descrito nos dados constantes da Tabela 1:

Tabela 1. Atributos químicos do solo em duas profundidades sob diferentes sistemas de cultivo

Sistemas	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	P	K	M.O	V
	N/A	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	%	
0 - 20 cm										
PC	6,0	4,2	1,6	0,0	1,4	7,28	5,0	32,0	20,0	81,0
PD	4,8	1,7	0,6	0,0	5,0	7,59	20,0	112,0	31,0	34,0
SAF	5,5	2,6	1,0	0,4	3,3	5,52	52,0	46,0	12,0	68,0
20 - 40 cm										
PC	6,1	3,3	1,2	0,6	1,4	5,97	5,0	28	16,0	76,0
PD	4,7	1,1	0,2	0,4	3,4	4,86	9,0	62,0	20,0	30,0
SAF	4,5	0,7	0,3	0,4	3,1	4,2	58,0	28	10,0	26,0

PC = Pastagem coberta; PD = Pastagem degradada; SAF = Sistema agroflorestal.

Fonte: elaborado pelos autores.

De acordo com a Tabela 1, tem-se que, na profundidade de 20-40 cm, todos os solos apresentaram teor médio de alumínio, visto que em pH inferior a 5,5, indica que o alumínio está

na forma de  $Al^{3+}$ , que pode ser tóxico às plantas (Prezotti; Guarçoni, 2013). Já a acidez potencial ( $H + Al$ ) é considerada média em PD e SAF, sendo que na pastagem degradada os valores foram altos em ambas as profundidades avaliadas, visto que os valores de  $H + Al$  são maiores em solos ricos em matéria orgânica, principalmente quando apresentam baixos valores de pH (Prezotti; Guarçoni, 2013), assim como é observado no PD.

Para o teor de P, na profundidade de 0-20 cm, a PD apresentou teor adequado de P, enquanto o SAF, apresentou alto teor, sob qualquer tipo de manejo adotado (Sousa; Lobato, 2004). Na profundidade de 20-40 cm, o SAF, ainda, apresenta alto teor de P. No trabalho de Silva Junior *et al.* (2012), o SAF também apresentou os maiores teores de P, contudo foram teores entre baixo (10-20 cm) e médio (0-10) para este elemento. O tratamento SAF foi o que apresentou menor teor de M.O. em todas as profundidades avaliadas, corroborando com o trabalho de Silva Junior *et al.* (2012), em que esse manejo proporcionava perdas de carbono orgânico e menor aporte de material orgânico. Para Cardoso *et al.* (2011) e Melloni *et al.* (2018), a matéria orgânica do solo permanece estável sob vegetação natural, mas ao ser submetida ao uso agrícola, pode sofrer uma significativa diminuição em seu teor.

Conforme disposições da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2016), a avaliação da fertilidade do solo é realizada com base nos resultados de suas análises químicas, que envolvem a identificação das características do solo essenciais para fundamentar as orientações sobre a aplicação de calcário e adubos contendo N, P e K.

Assim, é válido salientar que a quantidade de Matéria Orgânica (MO) é um dos fatores considerados na mensuração do nitrogênio. Esse elemento permite deduzir certas características, a exemplo da ciclagem de nutrientes e da competência de troca de cátions, assim como da capacidade de tamponamento. Os respectivos fatores influenciam na presença de nutrientes e na acidez ou correção desta para o solo.

Neste caso, ainda conforme a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2016), considera-se que os solos ácidos resultam do processo de formação, que envolve a modificação e decomposição do material original (minerais primários), levando à geração de argilominerais e óxidos. Esse fenômeno é, em grande parte, provocado pela elevada presença de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) na sua composição hídrica.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Segundo Imhoff (2000), a qualidade física do solo é um importante fator para a manutenção da produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas pelo fato das plantas exigirem uma boa estruturação do solo, o que permite o melhor desenvolvimento das raízes (RESENDE *et al.*, 2007). As alterações físicas podem influenciar na maioria dos fenômenos importantes que ocorrem no solo, incluindo a quantidade de calor, água e gases transportados, e sua resistência mecânica (LARSON *et al.*, 1980).

Como salientado por Santana *et al.* (2014), a investigação do solo para avaliar o nível de compactação é uma etapa fundamental na avaliação de sua qualidade física, pois é por meio desse indicador mecânico que se determina a necessidade ou não de realizar a subsolagem durante o plantio. A utilização do penetrômetro para diagnosticar compactação em extensas áreas requer investimento de tempo e mão de obra, e com a adoção de técnicas de agricultura de precisão, a amostragem se torna mais volumosa.

Nas camadas superficiais, até 40 cm de profundidade, quando a pastagem tradicional apresenta valores de resistência do solo (RP) inferiores, em comparação ao iLPP, tal diferença pode estar relacionada o aumento de umidade do solo nas mencionadas camadas, reduzindo a utilização de água pelas plantas. Por sua capacidade superior de absorção hídrica, as plantas florestais podem rapidamente diminuir a umidade de solos novos, por sua menor capacidade de retenção de água. E a interceptação da chuva pela parte aérea das plantas em sistemas agroflorestais também contribui para a redução da quantidade de água que atinge o solo e, conseqüentemente, sua infiltração (Santana *et al.*, 2014).

Foi observado que o sistema de uso do solo não exerceu influência estatisticamente significativa ( $p > 0.05$ ) na densidade e no teor de umidade do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) e umidade do solo (%) sob diferentes usos em profundidade de 0-20 cm

Sistemas	Densidade	Umidade
	$\text{g cm}^{-3}$	%
PC	1,28	17
PD	1,26	14
SAF	1,13	16
F	1,76 <sup>NS</sup>	2,71 <sup>NS</sup>

PC = Pastagem coberta; PD = Pastagem degradada; SAF = Sistema agroflorestal; NS = Não significativo a  $p < 0,05$ .

Fonte: elaborado pelos autores.

Foram discernidas variações notáveis entre os diferentes sistemas de uso da terra. Especificamente, a maior densidade aparente de  $1,28 \text{ g cm}^{-3}$  foi registrada na Pastagem coberta, seguida pela Pastagem degradada com densidade aparente de  $1,26 \text{ g cm}^{-3}$ . Em contrapartida, o Sistema agroflorestal apresentou a menor densidade aparente, medindo  $1,13 \text{ g cm}^{-3}$ .

A diminuição da densidade aparente no SAF pode ser atribuída à ausência de tráfego de animais, mitigando assim a compactação do solo, em comparação com os outros dois sistemas que sofrem pressão significativa dos cascos dos animais. Além disso, a incorporação e redistribuição de macro detritos do componente arbóreo do Sistema agroflorestal pela fauna do solo contribui para o aumento da porosidade do solo, diminuindo ainda mais a densidade aparente (Batista *et al.*, 2020; Schowalter, 2016).

Ao se examinar o teor de umidade do solo, Pastagem degradada apresentou o menor percentual, 14%. Este resultado foi antecipado devido à redução da cobertura do solo, resultando em maior exposição e maior perda de umidade por evaporação (Dalmago; Bergamaschi, 2017). Em compensação, Pastagem coberta e Sistema agroflorestal apresentaram teores de umidade de 17% e 16%, respectivamente.

A qualidade da estrutura do solo é um indicador de sustentabilidade de sistemas agrícolas, e deve ser avaliada por inúmeros indicadores, pois processos biológicos, químicos e físicos são conjuntamente responsáveis pela definição de um nível de organização e funcionalidade do solo (Lima *et al.*, 2013).

Uma forma possível de identificar áreas compactadas e medir a intensidade desse problema, é avaliar a resistência do solo à penetração (RSP), utilizando um penetrômetro (Leite,

2022; Molin; Amaral; Colaço, 2015). A resistência do solo à penetração é um fator que é modificado pelos sistemas de preparo do solo (Tormena *et al.* 2002).

De acordo com Vogel *et al.* (2017), a análise da densidade do solo é um processo essencial para verificar a qualidade física do terreno. A compactação refere-se à interação entre os diversos fatores do solo, e seu diagnóstico é realizado através de métodos específicos que apresentam alta precisão, como a medição da densidade e da porosidade do solo. Entretanto, essas diretrizes trazem dificuldades em sua implementação, além de serem custosas e requererem uma grande quantidade de trabalho e tempo para serem estabelecidas.

Pelos valores apresentados na Tabela 3, observa-se que as camadas 0-5 cm e 5-10 cm apresentaram diferença significativa entre os três tipos de manejo, sendo que o manejo Pastagem degradada sem cobertura (PD) possuiu maior valor de MPa, seguido do manejo Pastagem degradada com cobertura (PC) e Sistema Agroflorestal (SAF).

Tabela 3. Valores médios de resistência do solo à penetração (MPa) sob diferentes usos e profundidades (Z, cm)

Z	PC	PD	SAF
	MPa		
0-5	2,86ab	6,07a	1,48b
5-10	3,32ab	6,53a	1,93b
10-20	3,31a	6,76a	4,23a
20-40	5,04a	7,10a	5,61a
0-40	4,52a	6,81a	4,40a
F <sub>0-5</sub>		5,64**	
F <sub>10-5</sub>		7,90**	
F <sub>10-20</sub>		4,26 <sup>NS</sup>	
F <sub>20-40</sub>		4,98 <sup>NS</sup>	
F <sub>0-40</sub>		4,14 <sup>NS</sup>	

PC = Pastagem coberta; PD = Pastagem degradada; SAF = Sistema agroflorestal; NS = Não significativo a  $p < 0,05$ ; \*\* Significativo a 5%. Letras minúsculas devem ser comparadas em linhas, se iguais, os resultados das médias são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados acima apresentados refletem no grau de compactação dos sistemas. Segundo Conte *et al.* (2008) e Leite (2022), com intuito de avaliar a influência do pastejo na RSP, constatou-se um aumento no grau de compactação do solo até 15 cm de profundidade, que aconteceu em áreas com intensidade do pastejo.

Esses parâmetros obtidos sugerem que a força que o solo impõe à raiz que tenta penetrá-lo, induz à sua compactação, havendo impacto direto de sua densidade, porosidade e do nível de umidade do solo durante a análise. Portanto, relevante se faz considerar que a relação identificada entre os dados obtidos nos solos analisados pode ser positiva, especialmente no que se refere à resistência à penetração e compactação do solo. Por outro lado, indica-se uma relação negativa para a resistência à penetração e a porosidade total (Caron *et al.*, 2024; Cavalcanti; Ferreira, 2021; Felipe *et al.*, 2023; Brito *et al.*, 2024).

É essencial que a UFG continue apoiando e realizando pesquisas nessa área, para ajudar a comunidade e o meio ambiente. Os processos de recuperação e restauração dependem de uma compreensão contextual do solo em áreas degradadas, considerando-se as informações obtidas nas áreas investigadas, após verificação da textura do solo, teor de matéria orgânica, pH, capacidade de retenção de água e microbiota do solo, uma vez que a presente pesquisa foi relevante para orientar os métodos de restauração ecológica, ajudando a sustentar essas áreas degradadas (Brito *et al.*, 2024; Ottoni *et al.*, 2024; Santos *et al.*, 2021).

A análise físico-química foi de expressiva importância para entender e melhorar os SAFs de áreas degradadas, demonstrando-se sua importância para a produtividade em várias situações de manejo e permitindo avaliar a fertilidade do solo, além da escassez ou deficiência de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas. A análise química foi fundamental para entender se a água é adequada para irrigação ou consumo pelas plantas. Analisar a presença de poluentes também permite orientar correções e redução dos riscos ambientais, com melhorias nas decisões de manejo e recuperação de áreas degradadas.

#### **4 CONCLUSÃO**

A análise dos atributos químicos do solo revelou que áreas de pasto degradado, tanto coberto quanto descoberto, apresentam valores superiores em comparação com áreas sob sistema agroflorestral (SAF). Em relação a física do solo não houve diferença para os valores de densidade

e umidade dos sistemas. Por fim, a resistência à penetração é superior para os sistemas de pastagem degradada coberta e sistema agroflorestal em superfície (0-10 cm).



## REFERÊNCIAS

BALBINO L. C.; KICHEL A. N.; BUNGENSTAB D. J.; ALMEIDA, R. G. Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações. *In: Bungenstab D. J (Ed). Sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta: a produção sustentável. Campo Grande. Embrapa Gado de Corte*, p. 13-24, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/938882>. Acesso em: 19.ago.2024.

BATISTA, P. H. D., ALMEIDA, G. L. P. DE ., SILVA, J. L. B. DA ., LINS, F. A. C., SILVA, M. V. DA ., & CORDEIRO JUNIOR, J. J. F. Hydro-physical properties of soil and pasture vegetation coverage under animal trampling. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 12, p. 854–860, 2020. Doi: [doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p854-860](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p854-860).

BRITO, D. L.; SILVA FILHO, E.; DUARTE, M. L.; AGUIAR, R. F. Avaliação da compactação do solo em uma área no perímetro urbano do município de Porto Velho – RO. **Revista Foco**, Curitiba (PR), v. 17, n. 2, e4376, p. 1-15, 2024. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/download/4376/3103/9799>. Acesso em: 22.set.2024.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Rev Bras Ciênc Solo**, v. 35, n. 2, p. 613–22, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200030>.

CARON, L.; COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E. R.; KINDLEIN, L.; DUARTE, S. C. **Modernização da inspeção sanitária em abatedouros de frango de corte - inspeção baseada em risco - Opinião Científica**. Documento 245. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024. 245 p. e-ISSN 2965-8047.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J. **Clima das regiões brasileiras e variabilidade climática**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8076347/mod\\_resource/content/1/ClimadasRegi%C3%B5esBrasileiras.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8076347/mod_resource/content/1/ClimadasRegi%C3%B5esBrasileiras.pdf). Acesso em: 22.set.2024.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). PIB do Agronegócio Brasileiro. **Universidade de São Paulo (USP)**. Departamento de Economia, Administração e Sociologia / ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP: USP, 2024. Disponível em: [www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx](http://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx). Acesso em: 05.out.2024.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; MAZURANA, M.; DEBIASI, H. Resistência mecânica do solo e força de tração em hastas sulcadoras de semeadoras-adubadoras em sistema de integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 730-739, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000400013>.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H. Evaporation of the soil water in response to the amount of straw and evaporative demand. **Agrometeoros**. Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 361-371, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173936/1/ID44313-2017v25n2p361Agrometeoros.pdf>. Acesso em: 05.out.2024.

FARSAIE, A.; CARR, L. E.; WABECK, C. Mechanical harvest of broilers. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 6, p. 1650-1653, 1983. In: CARON, L.; COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E. R.; KINDLEIN, L.; DUARTE, S. C. Modernização da inspeção sanitária em abatedouros de frango de corte - inspeção baseada em risco - Opinião Científica. Documento 245. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024. 245 p. e-ISSN 2965-8047.

FELIPE, R. T. A.; RAYOL, B. P.; VASCONCELOS, B. N. F.; SALES, E. F.; PENEIREIRO, F. M.; FRANCO, F. S.; *et al.* Sistemas agroflorestais agroecológicos: trajetórias, perspectivas e desafios nos territórios do Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 1, p. 9-43, 2023. Doi: <https://doi.org/10.33240/rba.v18i1.23702>.

FREIRE, D. N.; CAVICHIOLI, F. A. Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF): uma estratégia tecnológica para o agronegócio. **Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 680-90, (2022). ISSN (On-Line) 2447-0864.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, p.1493-1500, 2000. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000700025>.

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C.; USECHE, R. A. Compression of agricultural soils from eight soil orders. **Soil Science Society of American Journal**, v. 44, p. 450-457, 1980. Doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400030002x>.

LEITE, M. R. L.; COSTA, R. M.; COSTA, P. M.; *et al.* Resistência do solo à penetração em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar sob diferentes ciclos de cultivo. In: **Pesquisas agrárias e ambientais**. [livro eletrônico]. volume XII, páginas 171-178, Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022.

LIMA, R. P; LEÓN, M. J. D; SILVA, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 577-581, jul./ago. 2013. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/50ce272e-3bfd-4ee8-8ba2-d3b7c6f3af13/content>. Acesso em: 05.out.2024.

MELLONI, R.; COSTA, N. R.; MELLONI, E. G. P.; LEMES, M. C. S.; ALVARENGA, M. I. N.; NUNES NETO, J. Sistemas agroflorestais cafeeiro-araucária e seu efeito na microbiota do solo e seus processos. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 784-795, 2018. Doi: <https://doi.org/10.5902/1980509832392>

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

- NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Kluwer Academic Publishers incorporates the publishing programmes of D. Reidel, Martinus Nijhoff, Dr W. Junk and MTP Press, 1993. Disponível em:  
[https://apps.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/32\\_An\\_introduction\\_to\\_agroforestry.pdf?n](https://apps.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/32_An_introduction_to_agroforestry.pdf?n). Acesso em: 05.out.2024.
- NETO, A. L. F.; NASCIMENTO, A. F.; ROSSONI, A. L.; MAGALHÃES, C. A. S.; ITUASSÚ, D. R.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; *et al.* **Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 658-667.
- OLIVEIRA, P. P. A.; BERNARDI, A. C. C.; ALVES, T. C.; PEDROSO, A. F. Evolução na recomendação de fertilização de solos sob pastagens: eficiência e sustentabilidade na produção pecuária. **IX Simpósio de Produção de Gado de Corte**, 2014. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/992955/1/EvolucaoRecomendacaoFertilizacao.pdf>. Acesso em: 05.out.2024.
- OTTONI, M. V.; SOUZA, L. R.; BARBOSA, S. M.; ANDRADE, R.; TEIXEIRA, W. G.; INDA, A. V.; CURI, N. Informe técnico-científico de estudos hidrológicos e hidrogeológicos. **Embrapa**, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2024. Disponível em:  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1163287/1/Mineralogia-estrutura-e-comportamento-fisico-hidrico-de-Latossolos-Brasileiros-2024.pdf>. Acesso em: 05.out.2024.
- PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras: UFLA, 2007. 322p.
- SANTANA, A.; FERREIRA, E.; GUIMARÃES, L.; CALIL, F.; TSAI, H. Resistência à penetração em solo sob sistema integração lavoura-pecuária-floresta, pasto convencional e mata nativa do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014. Disponível em:  
<https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2876>. Acesso em: 10.out.2024.
- SANTOS, L. A. C.; SOUZA, W. G.; SOUZA, M. M. O.; SILVA NETO, C. M. Indicadores socioambientais de sistemas agroflorestais no Cerrado Goiano. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 54-65, 2021. Doi:  
<http://doi.org/10.6008/CBPC21796858.2021.001.0006>.
- SCHOWALTER, T. D. Decomposition and Pedogenesis. **Insect Ecology**, 477–510, 2016. Doi:  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803033-2.00014-5>
- SENE, S.M.; BACHA, C.J.C. Adoção dos sistemas integrados na agropecuária do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 1, p. 1-21, 2024. Doi:  
<https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.264625>

SILVA JÚNIOR, C. A.; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. Atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 566-572, 2012. Disponível em: [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/09/912887/change-in-soil-fertility-in-amazonian-forest-conversion-for-dif\\_oiAqKbi.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/09/912887/change-in-soil-fertility-in-amazonian-forest-conversion-for-dif_oiAqKbi.pdf). Acesso em: 10.out.2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. [s. l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p. ISBN: 978-85-66301-80-9.

SOUSA, D .M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; DA COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 795-801, 2002. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000400026>.

VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; GRILLO, J. F.; MICHALOVICZ, L.; FEY, R. Avaliação dos penetrômetros de impacto e eletrônico na determinação da resistência mecânica a penetração do solo. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 30-36, jul./set. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/download/52220/33589>. Acesso em: 10.out.2024. e-ISSN 1983-2443.