

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS CIDADE DE GOIÁS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

**PARÂMETROS QUÍMICOS DE SOLOS SOB SISTEMA DE
PASTOREIO RACIONAL VOISIN NO CERRADO**

GOIÁS, 2025

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- ☐ Tese
☐ Dissertação
☐ Monografia – Especialização
☒ TCC - Graduação
☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____
- ☐ Artigo Científico
☐ Capítulo de Livro
☐ Livro
☐ Trabalho Apresentado em Evento

Nome Completo do Autor: Édipo Santana Benvindo Souza
Matrícula:20211100090432

Título do Trabalho: PARÂMETROS QUÍMICOS DE SOLOS SOB SISTEMA DE PASTOREIO RACIONAL VOISIN NO CERRADO

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA.

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiás - GO, 08/03/2026

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

Edipo Santana Benedito Souza

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

ÉDIPO SANTANA BENVINDO SOUZA
FERNANDO ANTÔNIO LUZ FREITAS JÚNIOR

**PARÂMETROS QUÍMICOS DE SOLOS SOB SISTEMA DE
PASTOREIO RACIONAL VOISIN NO CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Cidade de Goiás.

Orientador(a): Prof.^a Msc. Iara Jaime de Pina

Coorientador(a): Prof.^a Dsc. Anieli Pilar Campos de Melo

GOIÁS, 2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás – Campus Cidade de Goiás

636.084

S729p Souza, Édipo Santana Benvindo.

Parâmetros químicos de solos sob sistema de Pastoreio Racional Voisin no Cerrado / Édipo Santana Benvindo Souza, Fernando Antônio Luiz Freitas Júnior; orientadora, Iara Jaime de Pina, coorientadora, Aniela Pilar Campos de Melo – Cidade de Goiás, 2025.

32 f.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Cidade de Goiás, Departamento de Áreas Acadêmicas, Bacharelado em Agronomia.

1. Agroecologia 2. Cerrado. 3. Fertilidade do solo. 4. Pastoreio racional voisin. I. Pina, Iara Jaime de, orientadora. II. Melo, Aniela Pilar Campos de, coorientadora. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. IV. Título.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás – Campus Cidade de Goiás

636.084

F866p Freitas Júnior, Fernando Antônio Luiz.

Parâmetros químicos de solos sob sistema de Pastoreio Racional Voisin no Cerrado / Fernando Antônio Luiz Freitas Júnior, Édipo Santana Benvindo Souza; orientadora, Iara Jaime de Pina, coorientadora, Aniela Pilar Campos de Melo – Cidade de Goiás, 2025.

32 f.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Cidade de Goiás, Departamento de Áreas Acadêmicas, Bacharelado em Agronomia.

1. Agroecologia 2. Cerrado. 3. Fertilidade do solo. 4. Pastoreio racional voisin. I. Pina, Iara Jaime de, orientadora. II. Melo, Aniela Pilar Campos de, coorientadora. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. IV. Título.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS CIDADE DE GOIÁS

Folha de Aprovação

ÉDIPO SANTANA BENVINDO SOUZA

FERNANDO ANTÔNIO LUZ FREITAS JÚNIOR

**PARÂMETROS QUÍMICOS DE SOLOS SOB SISTEMA DE PASTOREIO RACIONAL VOISIN
NO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de
Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus
Cidade de Goiás, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Monografia defendida e aprovada, em 10 de dezembro de 2025, pela banca examinadora constituída pelos
seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Profa. Msc. Iara Jaime de Pina

Presidente da banca / Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Profa. Dra. Elaine Ferrari Brito

Membro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Gabriel Caymmi Vilela Ferreira

Membro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Goiás – GO

2025

Documento assinado eletronicamente por:

- Elaine Ferrari de Brito, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/12/2025 15:36:44.
- Gabriel Caymmi Vilela Ferreira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/12/2025 15:36:44.
- Iara Jaime de Pina, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/12/2025 15:34:55.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/12/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 726972

Código de Autenticação: cb48ba41ed



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Rua 02, Quadra 10, Lote 01 a 15, Residencial Bauman, S/N, Centro, GOIAS / GO, CEP 76600-000
(62) 3442-0212 (ramal: 0212)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por nos conceder força, sabedoria e serenidade ao longo desta caminhada acadêmica, iluminando nossos passos e permitindo que este trabalho se tornasse realidade.

Aos nossos pais, esposas e familiares, pelo amor incondicional, pelo apoio constante e por acreditarem no nosso potencial mesmo nos momentos de maior dificuldade. Sem vocês, esta conquista não teria o mesmo significado.

À orientadora, Prof.^a Msc. Iara Jaime de Pina, coorientadora Prof.^a Dsc. Anieli Pilar Campos de Melo e ao Prof.^a Dsc. Gabriel Caymmi Vilela Ferreira, pelas orientações atentas, dedicação, paciência e pelas contribuições fundamentais para o desenvolvimento deste estudo. Cada sugestão, leitura e diálogo foi essencial para o amadurecimento científico e pessoal proporcionado por este trabalho.

Aos professores e servidores do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Cidade de Goiás, que contribuíram decisivamente para a nossa formação acadêmica e humana durante estes anos.

À família Nascimento proprietários da área de estudo, pela parceria, disposição e confiança para o desenvolvimento das atividades de campo, fundamentais para a execução da pesquisa.

Aos colegas e amigos que estiveram ao nosso lado nos momentos de aprendizado, desafios e conquistas, compartilhando experiências que levaremos para toda a vida.

Por fim, agradecemos a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta jornada. Cada gesto de incentivo e apoio fez diferença para que pudéssemos chegar até aqui.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 A pecuária no Cerrado	14
2.2 Princípios e Benefícios do Pastoreio Racional Voisin (PRV)	16
5. METODOLOGIA	20
5.1 Área de Estudo	20
5.2 Análise dos Parâmetros Químicos	23
5.3 Análise Estatística.....	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7. CONCLUSÃO	32
9. REFERÊNCIAS	33

RESUMO

O estudo avaliou a evolução temporal dos atributos químicos do solo em uma área manejada sob o sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), no bioma Cerrado, entre os anos de 2019, 2022 e 2025, com o objetivo de analisar sua contribuição para a melhoria da fertilidade do solo e para a sustentabilidade agroecológica das pastagens. Foram analisados pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), capacidade de troca catiônica (CTC), fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica e saturação por bases, na camada de 0–20 cm, a partir de amostras compostas coletadas durante o período chuvoso. Os dados foram submetidos à verificação de normalidade (teste de Shapiro–Wilk) e homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Para as variáveis que atenderam aos pressupostos paramétricos, aplicou-se a análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$). As variáveis que não apresentaram distribuição normal foram analisadas pelo teste não paramétrico de Kruskal–Wallis, com aplicação do teste de Dunn como pós-hoc. Os resultados indicaram aumentos significativos nos teores de Ca, Mg e na CTC, estabilidade do pH e da saturação por bases, além de oscilações naturais nos teores de P, K e matéria orgânica. Conclui-se que o manejo sob PRV favorece a ciclagem biogeoquímica de nutrientes, melhora a fertilidade do solo e constitui uma estratégia eficiente para a regeneração de pastagens no Cerrado.

Palavras-chave: agroecologia; ciclagem de nutrientes; cerrado; fertilidade do solo.

ABSTRACT

This study evaluated the temporal evolution of soil chemical attributes in an area managed under the Voisin Rational Grazing (VRG) system in the Brazilian Cerrado between 2019, 2022, and 2025, aiming to assess its contribution to soil fertility improvement and agroecological sustainability of pastures. Soil pH, calcium (Ca), magnesium (Mg), potential acidity (H+Al), cation exchange capacity (CEC), phosphorus (P), potassium (K), organic matter, and base saturation were analyzed at the 0–20 cm depth using composite samples collected during the rainy season. Data were subjected to normality (Shapiro–Wilk test) and homogeneity of variance (Levene test) assessments. Variables meeting parametric assumptions were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's test ($p < 0.05$). Non-normally distributed variables were analyzed using the Kruskal–Wallis test, with Dunn's post-hoc test. The results showed significant increases in Ca, Mg, and CEC, stability in soil pH and base saturation, and natural fluctuations in P, K, and organic matter contents. The findings indicate that VRG management enhances biogeochemical nutrient cycling, improves soil fertility, and represents an effective strategy for pasture regeneration in the Cerrado.

Keywords: agroecology; cerrado; nutrient cycling; soil fertility.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária bovina ocupa posição de destaque na economia brasileira, representando parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário e constituindo uma das principais fontes de proteína animal para o mercado interno e externo. Segundo a Coleção 10 do MapBiomias (1985–2024), as áreas de pastagens no Brasil totalizavam cerca de 155 milhões de hectares em 2024, o que corresponde a aproximadamente 56,7 % do uso agropecuário do território nacional. Essa extensa ocupação confere à pecuária papel central no uso da terra e na produção de alimentos de origem animal no país (MapBiomias, 2025).

O Brasil possui um dos maiores rebanhos comerciais do mundo, com estimativas que superam 230 milhões de cabeças de bovinos, distribuídas por diferentes regiões e sistemas de produção. A produção de carne bovina, em grande medida, é apoiada em sistemas de pastagens constituídas majoritariamente por gramíneas e outras forrageiras adaptadas às condições climáticas brasileiras. Dados do MapBiomias indicam que cerca de 95 % da carne bovina nacional está associada ao uso de pastagens permanentes e semipermanentes, o que reforça o papel estratégico desse tipo de uso da terra na agropecuária brasileira (MapBiomias, 2025).

Nesse contexto, o bioma Cerrado assume papel central na produção pecuária brasileira. Com área superior a 200 milhões de hectares, o Cerrado responde por uma importante parcela da produção agropecuária nacional, abrigando grande parte das áreas de pastagens permanentes. A expansão da atividade pecuária no Cerrado ocorreu, em grande medida, sob sistemas extensivos, caracterizados por manejo inadequado das pastagens, o que resultou em expressivos níveis de degradação do solo e redução da produtividade em diversas regiões.

Estima-se que uma fração considerável dos hectares de pastagens no Cerrado apresente algum grau de degradação, refletindo problemas como perda de fertilidade, compactação do solo, erosão e redução da cobertura vegetal. Tais condições afetam negativamente a capacidade de suporte das áreas de pastagens, limitando o desempenho produtivo e aumentando a dependência de insumos externos para sustentar a produção.

Diante desse cenário, torna-se imprescindível a adoção de estratégias de manejo que conciliem produtividade com conservação ambiental, promovendo a

recuperação da fertilidade do solo e a sustentabilidade da atividade pecuária. Entre essas estratégias, destaca-se o Pastoreio Racional Voisin (PRV), sistema baseado no controle do tempo de ocupação e repouso das pastagens, fundamentado em princípios ecológicos que favorecem a ciclagem de nutrientes, a melhoria da estrutura do solo e o aumento da capacidade de suporte da pastagem.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento dos parâmetros químicos do solo em uma área manejada sob sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), no bioma Cerrado, localizada no município de Itapuranga - GO, Brasil, analisando sua contribuição para a melhoria da fertilidade do solo e para a sustentabilidade da atividade pecuária.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A pecuária no Cerrado

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma do país e um dos mais ricos em biodiversidade do planeta, desempenhando papel essencial na regulação hídrica, na manutenção do equilíbrio climático e na oferta de serviços ecossistêmicos. Com área superior a 200 milhões de hectares, abriga importantes bacias hidrográficas e constitui o principal polo de expansão agropecuária do Brasil, destacando-se estados como Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (SOUZA; LOBATO, 2004). Nesse contexto, a pecuária bovina assume papel estratégico na ocupação territorial e na economia regional, sendo amplamente desenvolvida sobre áreas de pastagens cultivadas no bioma Cerrado.

No estado de Goiás, a pecuária apresenta elevada relevância socioeconômica, sendo caracterizada, em grande parte, por sistemas extensivos de produção, historicamente baseados no uso contínuo das pastagens e com baixo nível de reposição de nutrientes. Esse modelo de exploração, associado à ausência de práticas adequadas de manejo do solo e das forrageiras, tem contribuído para a degradação progressiva das pastagens, comprometendo a produtividade e a sustentabilidade da atividade pecuária (JÚNIOR; VILELA, 2002; DIAS-FILHO, 2011).

Uma avaliação por geotecnologias identificou que, em alguns municípios do Cerrado, mais de 50% das pastagens cultivadas apresentam indicativos de degradação RAMOS et al. (2017). Essa degradação é resultado de práticas inadequadas, como superpastejo, ausência de períodos adequados de descanso das forrageiras, falta de correção da acidez do solo, uso de espécies pouco adaptadas às condições edafoclimáticas e manejo contínuo sem planejamento (DIAS-FILHO, 2014; PEREIRA et al., 2018). Como consequência, ocorre redução dos teores de matéria orgânica, comprometimento da estrutura física do solo, diminuição da capacidade de retenção hídrica e redução da capacidade de troca catiônica (CTC), favorecendo processos erosivos e queda da produtividade das pastagens (PERON; EVANGELISTA, 2004).

Os solos predominantes no Cerrado goiano, especialmente Latossolos e Argissolos, apresentam naturalmente elevada acidez, baixos teores de cálcio e magnésio e reduzida CTC, características que limitam o desenvolvimento radicular

das forrageiras quando não manejadas adequadamente (SOUZA; LOBATO, 2004; BRASIL, 2018). Nessas condições, a ausência de estratégias que promovam a ciclagem biológica de nutrientes e o aporte contínuo de matéria orgânica intensifica os processos de degradação, resultando em pastagens com baixa capacidade produtiva.

De acordo com a FAO (2011), aproximadamente 25% dos solos do planeta encontram-se degradados, sendo os ambientes tropicais particularmente vulneráveis. No Cerrado, essa vulnerabilidade é ampliada pela combinação entre a fragilidade natural dos solos e a adoção de sistemas de manejo pouco conservacionistas. Como reflexo direto desse cenário, as pastagens apresentam lotações médias em torno de 1,24 unidade animal por hectare (UA/ha), valor significativamente inferior ao potencial produtivo da região, estimado entre 3 e 4 UA/ha em áreas conduzidas sob manejo adequado (EUCLIDES et al., 2008; DIAS-FILHO, 2014).

Além das limitações produtivas, a degradação das pastagens no Cerrado, incluindo o estado de Goiás, possui implicações ambientais relevantes. Pastagens degradadas tendem a apresentar menor cobertura vegetal, redução da produção de biomassa e diminuição dos estoques de matéria orgânica do solo, favorecendo a emissão de carbono para a atmosfera e contribuindo para o agravamento das mudanças climáticas (DIAS-FILHO, 2011; FAO, 2021). Em contrapartida, sistemas de manejo que promovem a recuperação da fertilidade do solo e o aumento da biomassa vegetal podem atuar como importantes sumidouros de carbono, contribuindo para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Diante desse contexto, torna-se evidente a necessidade de adoção de estratégias de manejo que conciliem produtividade, conservação do solo e sustentabilidade ambiental na pecuária do Cerrado goiano. Estudos têm demonstrado que sistemas baseados em princípios agroecológicos apresentam maior capacidade de restaurar a fertilidade do solo, intensificar a ciclagem de nutrientes e elevar a eficiência produtiva das pastagens (MACHADO, 2010; AMADO et al., 2017).

No contexto regional, experiências conduzidas no estado de Goiás indicam que o Pastoreio Racional Voisin (PRV) constitui uma alternativa promissora para a recuperação de pastagens degradadas. Silveira et al. (2014), ao sistematizarem experiências de PRV em propriedades familiares goianas, observaram incrementos expressivos nos teores de matéria orgânica, na capacidade de troca catiônica e na saturação por bases, além de aumento significativo da lotação animal em relação às

médias regionais. Esses resultados evidenciam que a adoção do PRV pode promover melhorias simultâneas nos atributos químicos do solo e no desempenho produtivo das pastagens.

Dessa forma, a discussão sobre a pecuária no Cerrado, especialmente no estado de Goiás, deve considerar não apenas os desafios relacionados à degradação das pastagens, mas também o potencial de sistemas de manejo sustentáveis, como o PRV, para restaurar a fertilidade do solo, aumentar a resiliência produtiva e contribuir para a sustentabilidade ambiental da atividade pecuária.

2.2 Princípios e Benefícios do Pastoreio Racional Voisin (PRV)

O sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV) foi criado pelo pesquisador francês André Marcel Voisin, na França, na década de 1950, a partir de estudos voltados à fisiologia das plantas forrageiras e à dinâmica do pastejo animal. Ao observar a relação entre crescimento vegetal, tempo de repouso e intensidade de desfolha, Voisin estruturou um modelo de manejo baseado na interação equilibrada entre solo, planta e animal, consolidado em quatro leis universais do pastoreio: Lei do Repouso, Lei da Ocupação, Lei do Rendimento Máximo e Lei da Regularidade (VOISIN, 1959). Esses princípios técnicos visam preservar o vigor das forrageiras, otimizar a produção e a qualidade da forragem e assegurar a sustentabilidade do sistema produtivo ao longo do tempo.

No Brasil, o sistema originalmente proposto por Voisin foi posteriormente adaptado, contextualizado às condições tropicais e sistematizado por José Henrique Pinheiro Machado, que incorporou ao PRV fundamentos agroecológicos e regenerativos, ampliando sua aplicabilidade em ambientes tropicais, especialmente no bioma Cerrado (MACHADO, 2010). Essa adaptação fortaleceu a contribuição do sistema para a recuperação da fertilidade do solo, a intensificação ecológica da pecuária e a sustentabilidade dos sistemas pastoris.

Assim, a lei do repouso define o tempo necessário para que as plantas restabeleçam suas reservas orgânicas após o pastejo, e alcancem o ponto ótimo de rebrota. Pastejos realizados antes desse ponto reduzem a energia das raízes e provocam degradação da pastagem. Respeitar o repouso garante forragem de alta qualidade e vigorosa capacidade de regeneração (MACHADO, 2010; MACHADO FILHO, 2021).

A lei da ocupação estabelece que o tempo de permanência dos animais em cada piquete deve ser curto o suficiente para evitar o repastejo das plantas em brotação, prevenindo o superpastejo e permitindo a recuperação uniforme da pastagem (MACHADO, 2010).

A lei do rendimento máximo busca o equilíbrio entre quantidade e qualidade da forragem disponível, ou seja, o momento em que o valor nutritivo e o volume de massa verde atingem seu ponto ideal. Respeitar essa lei resulta em maior eficiência de conversão alimentar e melhor desempenho zootécnico (RIBEIRO FILHO, 1993; MACHADO, 2010).

E a lei da regularidade garante o fornecimento contínuo de alimento de qualidade durante todo o ano, por meio de planejamento da lotação animal e do tempo de descanso dos piquetes. Essa regularidade é fundamental para manter a produtividade estável e evitar períodos de escassez ou excesso de forragem (MACHADO, 2010; RAMOS et al., 2018).

Os princípios do PRV exercem influência direta sobre os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, ao promoverem períodos adequados de descanso da pastagem, reduzirem o pisoteio excessivo e manterem cobertura vegetal contínua. Essas condições favorecem o acúmulo de matéria orgânica, a estabilidade dos agregados e a ciclagem natural de nutrientes (MACHADO, 2010; RAMOS et al., 2018). Como consequência, observam-se múltiplos benefícios: nas forrageiras, maior vigor e uniformidade da rebrota; nos animais, dieta mais equilibrada e nutritiva; e no solo, aumento da cobertura, melhoria da estrutura e incremento da matéria orgânica (RAMOS et al., 2018; COSTA et al., 2019).

De acordo com Ribeiro Filho (1993), o PRV permite o aproveitamento mais eficiente da matéria seca e aumento do ganho de peso por hectare, demonstrando que o manejo racional não apenas favorece o solo, mas também eleva os índices zootécnicos. Segundo Machado Filho (2021), o PRV representa um modelo de intensificação ecológica, no qual o aumento da produtividade não decorre do uso de insumos externos, mas do restabelecimento dos processos biológicos do solo. Essa característica faz do PRV uma tecnologia essencialmente regenerativa, que fortalece a biodiversidade edáfica e a ciclagem natural de nutrientes.

Estudos recentes apontam resultados consistentes da aplicação do PRV em regiões tropicais. Santos et al. (2016) observaram aumento de 15% no teor de matéria orgânica e maior capacidade de troca catiônica (CTC) após três anos de adoção do

sistema no Rio Grande do Sul. Ramos et al. (2018) registraram elevação dos teores de cálcio e magnésio em comparação com pastagens degradadas, e Costa et al. (2019) constataram maior acúmulo de carbono orgânico e estabilidade de agregados.

No bioma Cerrado, Lima et al. (2020) verificaram aumento de 20% na CTC e significativa melhoria na infiltração de água em solos arenosos sob PRV, evidenciando a eficiência do sistema na restauração da fertilidade e na otimização do uso hídrico. Mosier et al. (2022) reforçam que o manejo racional reduz a compactação, melhora a porosidade e eleva a matéria orgânica, consolidando o PRV como ferramenta de sustentabilidade química e estrutural dos solos tropicais. Esses resultados corroboram as conclusões de Machado (2010), que destaca o PRV como instrumento de intensificação ecológica, promovendo a regeneração dos solos a partir da interação equilibrada entre biota e manejo.

Além dos ganhos ambientais, o PRV também contribui para a viabilidade econômica e social da pecuária familiar, uma vez que a melhoria da fertilidade do solo, o aumento da ciclagem de nutrientes e a recuperação da pastagem refletem diretamente em maior produtividade e estabilidade do sistema.

Tal relação entre benefícios ecológicos e resultados produtivos foi evidenciada por Silveira et al. (2014) ao sistematizarem experiências de PRV no Cerrado, identificando três iniciativas em funcionamento em Goiás. De acordo com os autores, nas três experiências visitadas observou-se que a lotação animal por hectare era, no mínimo, três vezes superior à média das pastagens do Cerrado, resultado diretamente associado à melhoria da fertilidade do solo, que também se encontrava acima dos níveis característicos da região. Ao demonstrarem que os ganhos ambientais do PRV se convertem em maior capacidade de suporte, produtividade e sustentabilidade econômica, esses casos reforçam o sistema como alternativa realista para transformar áreas degradadas em sistemas pecuários de alta eficiência produtiva e ambiental.

Pesquisas recentes reforçam tais evidências. Neves et al. (2009) verificaram o aumento da biomassa microbiana e do carbono orgânico total em áreas manejadas com rotação racional em comparação ao manejo contínuo. Segundo os autores, a alternância de períodos de pastejo e repouso cria um microclima edáfico mais estável, com maior retenção de umidade e maior atividade biológica, fatores que influenciam diretamente a liberação de nutrientes e a capacidade de retenção de cátions.

Cordeiro (2023) destaca que a correta aplicação das leis do PRV proporciona aumento na taxa de infiltração, maior diversidade microbiana e redução significativa

da erosão. Gomes et al. (2024), em revisão sistemática, identificaram o PRV como a prática de manejo mais associada à regeneração da matéria orgânica e à melhoria dos atributos biológicos do solo entre os modelos de pastoreio rotacionado no Brasil.

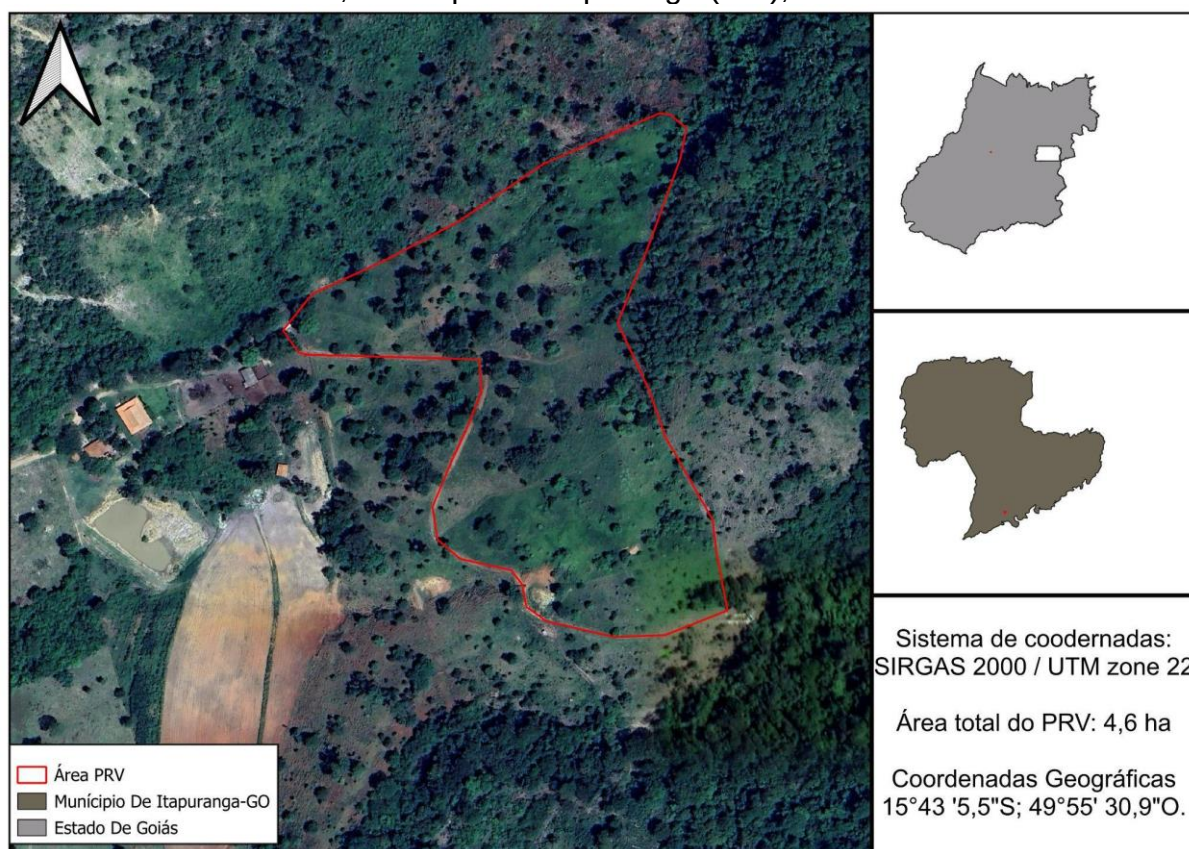
Contudo, embora a adoção ampla do PRV ainda enfrenta desafios; como custos iniciais com cercas e bebedouros, necessidade de capacitação técnica e resistência cultural entre produtores (REIS et al., 2022), estudos como os de Machado (2010), Silveira et al. (2014) e Melado (2016) demonstram que os benefícios ambientais e econômicos superam os custos iniciais, consolidando o PRV como uma das estratégias mais eficazes de manejo sustentável na pecuária tropical.

5. METODOLOGIA

5.1 Área de Estudo

A pesquisa foi conduzida na unidade demonstrativa de Pastoreio Racional Voisin (PRV), implantada em 2019, no município de Itapuranga, estado de Goiás, Brasil, inserida no bioma Cerrado conforme imagem 1.

Imagem 1 - Mapa de localização da área de Pastoreio Racional Voisin (PRV), no Assentamento Bonanza, município de Itapuranga (GO), Brasil.



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

A unidade demonstrativa está localizada na propriedade da família Nascimento, no Assentamento Bonanza, com área total de 4,6 ha, nas coordenadas geográficas 15°43'5,5"S e 49°55'30,9"O.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw, tropical com estação seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,2 °C e pluviosidade média anual de 1.721 mm. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2018), com relevo variando de suave ondulado a ondulado.

Antes da implantação do sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), a área era utilizada sob sistema convencional de pecuária extensiva, caracterizado pelo pastejo contínuo, ausência de divisão em piquetes e baixo nível de adoção de práticas de manejo do solo e das pastagens. De acordo com o histórico de uso da área, não foram realizadas práticas de correção da acidez do solo ou adubação antes ou após a implantação do sistema PRV, mantendo-se as condições naturais de fertilidade do solo ao longo do período avaliado. Registra-se ainda a ocorrência de uma queimada acidental no ano de 2018, que atingiu parte da área.

A área foi implantada por meio do projeto de extensão “Agroecologia em tempos de pandemia: produção e comercialização de alimentos junto às famílias agricultoras na região de Goiás/GO”, contemplado pelo edital nº 09/2020/PROEX/IFG. Se somando à, essa iniciativa, destacam-se o projeto PIBITI “Construção participativa de indicadores de qualidade do solo para monitoramento de pastagens em processo de transição agroecológica”, contemplado pelo edital nº 08/2021/PROEX/IFG, e o projeto PIBITIC “Manejo do solo em área de Pastoreio Racional Voisin (PRV) no Cerrado”, contemplado pelo edital nº 12/2024-PROPPG, os quais possibilitaram o acompanhamento técnico contínuo da área experimental.

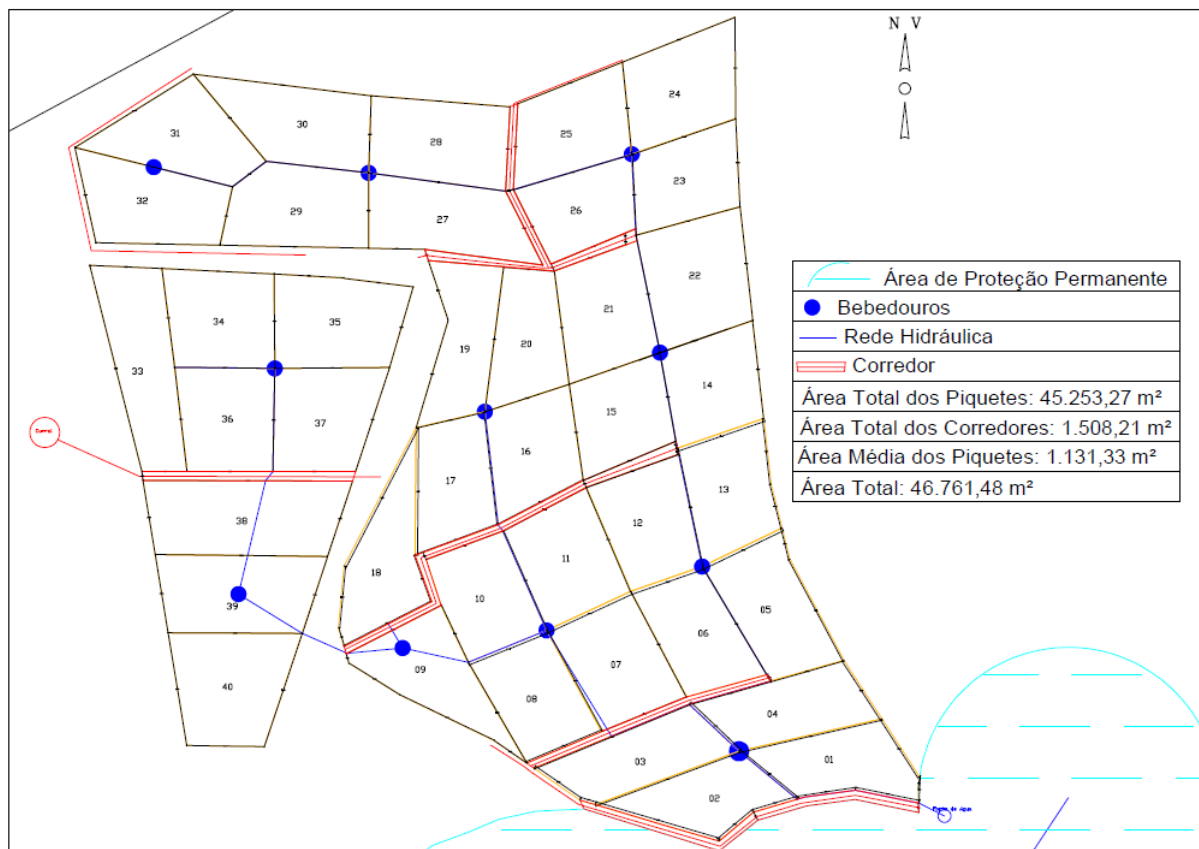
O sistema de Pastoreio Racional Voisin foi implantado com base nos princípios propostos por Voisin, adaptados às condições locais, priorizando o controle do tempo de ocupação e do período de descanso das pastagens. A área foi subdividida em 40 piquetes, permitindo o pastejo rotacionado dos animais, com tempo de ocupação reduzido e períodos de repouso suficientes para a recuperação do vigor das forrageiras. O manejo adotado buscou favorecer a ciclagem de nutrientes, a manutenção da cobertura vegetal e a melhoria gradual das condições químicas e físicas do solo, sem a utilização de insumos externos.

O sistema PRV foi conduzido respeitando suas leis e princípios, mantendo-se, ao longo de todo o período chuvoso, um lote médio de aproximadamente 23 animais. Durante o período seco, em todos os anos avaliados, foi adotada suplementação alimentar complementar, visando atender às exigências nutricionais do rebanho e garantir a continuidade do sistema produtivo.

A área experimental foi subdividida em três glebas (PRV1, PRV2 e PRV3), sendo a PRV1 composta pelos piquetes de números 27 a 32, a PRV2 pelos piquetes de números 14 a 26 e a PRV3 pelos piquetes de números 10 a 13. A organização espacial do sistema de Pastoreio Racional Voisin, incluindo a subdivisão dos piquetes,

a disposição dos corredores e a rede hidráulica da área experimental, está apresentada na Imagem 2.

Imagem 2 - Mapa de organização do sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), evidenciando a subdivisão dos piquetes, a disposição dos corredores e a rede hidráulica da área experimental.



Fonte: Benvindo et al. (2022).

Todas as glebas selecionadas apresentam características edáficas e topográficas semelhantes e encontram-se ocupadas com *Brachiaria brizantha*, cujos solos foram utilizados no presente estudo. Os solos dos demais piquetes do sistema PRV, ocupados por *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* cv. Mombaça, não foram considerados na análise. Posteriormente, foi calculada a média dos resultados obtidos nas três glebas, com o objetivo de aumentar a confiabilidade dos dados e das comparações temporais.

Considerando que áreas manejadas sob PRV tendem a apresentar reorganização biológica progressiva, aumento gradual da fertilidade e melhoria dos atributos químicos do solo ao longo do tempo, o delineamento amostral foi estruturado de modo a permitir a detecção de possíveis transformações positivas decorrentes da

aplicação contínua dos princípios ecológicos do manejo. Dessa forma, a metodologia adotada buscou captar variações temporais compatíveis com sistemas de pastejo que priorizam curtos períodos de ocupação, descanso prolongado dos piquetes e intensificação natural da ciclagem de nutrientes.

5.2 Análise dos Parâmetros Químicos

As coletas de solo foram realizadas exclusivamente durante o período chuvoso, nos meses de dezembro de 2019, abril de 2022 e abril de 2025, visando minimizar os efeitos da sazonalidade climática sobre os atributos químicos do solo e assegurar maior consistência e comparabilidade nas análises temporais. A amostragem do solo foi conduzida segundo o método de amostragem aleatória simples, com a retirada de amostras na camada de 0–20 cm de profundidade, em pontos definidos aleatoriamente por meio de caminhamento em zigue-zague na área experimental, conforme ilustrado na Imagem 3.

Imagem 3 - Coleta de amostra de solo (0–20 cm) utilizando trado na área sob PRV, em Itapuranga – GO.



Fonte: Autores (2025).

A metodologia de coleta estabelecida em 2019 foi rigorosamente seguida nas coletas subsequentes realizadas em 2022 e 2025, garantindo a padronização metodológica e permitindo a avaliação contínua e comparável dos atributos do solo na unidade demonstrativa sob sistema de Pastoreio Racional Voisin.

Em cada uma das glebas, foi coletada uma amostra composta de solo, formada por cinco subamostras simples, que foram homogeneizadas, armazenadas em sacos plásticos e, posteriormente, enviadas a um laboratório especializado para análise química, conforme ilustrado na Imagem 4.

Imagem 4 - Identificação das amostras de solo coletadas na área sob PRV, em Itapuranga – GO.



Fonte: Autores (2025).

Foram determinados os seguintes parâmetros químicos do solo: pH, acidez potencial (H+Al), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e teor de matéria orgânica (MO).

Os métodos utilizados para a obtenção desses resultados podem ser consultados no manual de métodos de análise de solo (SANTOS et al., 2017).

5.3 Análise Estatística

A análise estatística dos dados teve como objetivo identificar possíveis diferenças significativas entre os anos avaliados (2019, 2022 e 2025) e compreender a dinâmica temporal dos atributos químicos do solo sob manejo de Pastoreio Racional Voisin (PRV). Inicialmente, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à verificação dos pressupostos metodológicos exigidos pelo teste paramétrico, incluindo normalidade da distribuição por meio do teste de Shapiro–Wilk e homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene, conforme orientam Montgomery (2019) e Pimentel-Gomes (2009).

Para os atributos que atenderam simultaneamente aos pressupostos paramétricos de normalidade, tais como pH, Ca, Mg, H+Al, K, MO e (V%), foi realizada a análise de variância (ANOVA), considerando o ano como fator. Quando a ANOVA indicou significância ($p < 0,05$), aplicou-se o teste de comparação múltipla de Tukey para discriminar quais anos diferiram entre si. Esse procedimento é amplamente recomendado em experimentos agronômicos por permitir comparações consistentes entre médias, garantindo maior precisão na interpretação da evolução temporal dos parâmetros avaliados (GOMES; GARCIA, 2002; BANZATTO; KRONKA, 2006).

Por outro lado, os atributos que não apresentaram normalidade ou exibiram variâncias heterogêneas, como o P e a CTC, foram analisados por meio do teste não paramétrico de Kruskal–Wallis, adequado para dados que não seguem distribuição normal e menos sensível à presença de assimetria e valores discrepantes, conforme destacam Conover (1999) e Siegel e Castellan (1988).

Quando o teste de Kruskal–Wallis indicou diferenças significativas, aplicou-se o teste de Dunn como procedimento pós-hoc, o qual é apropriado para comparações múltiplas entre grupos não paramétricos e fornece maior robustez à identificação de diferenças específicas entre os anos avaliados. Segundo Holland e Wolfe (2014) e Conover (1999), o teste de Dunn é recomendado por basear-se nas somas dos postos e empregar correções para comparações múltiplas, assegurando maior confiabilidade nas conclusões.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos a partir do estudo, permitiram identificar variações significativas nos teores de nutrientes e na fertilidade do solo, demonstrando os efeitos do manejo racional sobre a sustentabilidade produtiva. Os dados obtidos a partir do estudo, permitiram identificar variações significativas nos teores de nutrientes e na fertilidade do solo, demonstrando os efeitos do manejo racional sobre a sustentabilidade produtiva. As duas tabelas a seguir apresentam, respectivamente, os resultados das análises laboratoriais e os valores provenientes das análises estatísticas aplicadas.

Tabela 1 – Resultado das análises dos parâmetros químicos realizados em laboratório, na área do Pastoreio Racional Voisin (PRV), Itapuranga (GO), nos anos de 2019, 2022 e 2025.

Parâmetros	Unidade	12/2019			4/2022			4/2025		
		PRV 1	PRV 2	PRV 3	PRV 1	PRV 2	PRV 3	PRV 1	PRV 2	PRV 3
pH(Ca,Cl ₂)	-	6,1	6,2	5,8	5,5	5,5	5,7	5,7	5,8	5,8
Ca	cmol/dm ³	6,1	7,8	4,3	10,0	10,4	10,3	8,7	9,9	9,6
Mg	cmol/dm ³	0,7	0,9	0,6	1,8	2,1	2,1	2,4	3	3,2
H+Al	cmol/dm ³	1,2	1,2	1,1	2,9	2,5	2,5	2,6	1,9	1,9
CTC	cmol/dm ³	9,1	10,6	6,2	15,21	15,54	15,43	14,1	15,3	15,2
P(Mehlich I)	mg/dm ³	3,7	4,0	2,4	1,4	2,0	11,0	1,4	5	5
K	cmol/dm ³	1,1	0,7	0,2	0,512	0,537	0,532	0,373	0,455	0,483
Mat. Org.	%	3,7	3,0	2,2	5,8	5,3	6,3	2,7	2,7	3,5
Sat.Base	%	86,81	88,7	82,26	81	84	84	81	87	87

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Tabela 2 – Resultado da análise estatística dos parâmetros químicos do solo avaliados em área sob Pastoreio Racional Voisin (PRV), no município de Itapuranga (GO), nos anos de 2019, 2022 e 2025. Os valores apresentados correspondem às médias obtidas a partir das análises laboratoriais.

Parâmetros	Unidade	Anos		
		2019	2022	2025
pH(CaCl₂)	-	6,03 a	5,57 b	5,77 ab
Ca	cmol/dm³	6,06 b	10,2 a	9,4 a
Mg	cmol/dm³	0,73 c	2 b	2,86 a
H+Al	cmol/dm³	1,16 b	2,63 a	2,13 a
CTC¹	cmol/dm³	8,63 b	15,39 a	14,86 ab
P(Mehlich I)¹	mg/dm³	3,36	4,8	3,8
K	cmol/dm³	0,67	0,53	0,43
Mat. Org.	%	2,96 b	5,8 a	2,96 b
Sat.Base	%	85,92	83	85

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

¹variáveis que não apresentaram distribuição normal foram analisadas pelo teste de Kruskal–Wallis (pós-hoc = teste Dunn).

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise integrada dos atributos químicos do solo sob sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV) revela um padrão consistente de melhoria da fertilidade, com maior frequência de diferenças significativas entre 2019 e 2022. Os resultados estatísticos apresentados na Tabela 3 reforçam essas tendências e permitem compreender com maior precisão a dinâmica temporal de cada atributo ao longo do período avaliado.

O pH apresentou redução significativa de 6,03 (2019) para 5,57 (2022), mantendo-se sem diferença estatística em 2025. Essa diminuição inicial possivelmente está associada ao aumento da mineralização da matéria orgânica, que libera ácidos orgânicos e reduz temporariamente o pH nos primeiros anos de reorganização biológica do PRV Pavan et al. (1992). Esse processo também é influenciado pelo aumento das bases trocáveis, especialmente Ca e Mg, cuja dinâmica em áreas manejadas com PRV já foi descrita por Lima et al. (2020) e Mosier et al. (2022).

Estudos conduzidos em pastagens rotacionadas relatam comportamento semelhante, com redução inicial seguida de estabilização do pH, conforme observado por Melado (2016) e Costa et al. (2021), reforçando que sistemas de manejo intensivo tendem a acidificar levemente o solo antes de alcançar um novo equilíbrio químico-biológico.

Por outro lado, em regiões com maior teor de argila e elevado poder tampão, o pH pode não apresentar redução após a adoção de manejos rotacionados, mantendo-se estável desde o início, fenômeno relatado por Gomes et al. (2024). Essa divergência evidencia que características como textura, mineralogia e capacidade de tamponamento modulam fortemente a resposta química do solo.

O teor de cálcio (Ca) aumentou significativamente de 6,06 (2019) para 10,2 (2022). Esse incremento expressivo confirma a forte ciclagem biogeoquímica promovida pelo PRV nos primeiros anos, impulsionada pela deposição de fezes e urina, pela incorporação de resíduos vegetais e pela exploração de camadas mais profundas pelas raízes durante os longos períodos de descanso característicos do manejo (MOSIER et al., 2022; CORDEIRO et al., 2023).

Resultados semelhantes foram observados por Ramos et al. (2018), Mosier et al. (2022) e Costa et al. (2021), que relataram aumentos marcantes de Ca em sistemas rotacionados que intensificam a ciclagem de nutrientes, demonstrando que a estrutura ecológica do manejo é determinante para a melhoria química do solo.

No entanto, em pastagens mal manejadas ou conduzidas com períodos de descanso insuficientes, o Ca tende a não se redistribuir adequadamente, podendo manter-se estável ou até diminuir, conforme registrado por Peron & Evangelista (2004). Essa divergência reforça a relevância do manejo adequado do PRV, evidenciando que o aumento do Ca está diretamente ligado à eficiência da ciclagem e à qualidade da condução do sistema.

O magnésio (Mg) foi o parâmetro mais expressivo e consistente ao longo do período avaliado, apresentando aumento contínuo de 0,73 (2019) para 2,00 (2022) e 2,86 (2025), com diferenças significativas entre os anos. Essa evolução progressiva evidencia uma ciclagem altamente eficiente do Mg no sistema PRV, favorecida por sua maior mobilidade no complexo sortivo, pelo retorno constante via dejetos e pela redistribuição vertical promovida pela dinâmica radicular e pela elevada produção de biomassa, características que ampliam a disponibilidade desse nutriente ao longo do tempo (MACHADO, 2010; MOSIER et al., 2022).

O acúmulo contínuo de Mg contribuiu diretamente para a neutralização da acidez, para a estabilidade do pH, para a manutenção de altos valores de saturação por bases (V%) e para o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), consolidando-se como um dos principais indicadores de amadurecimento químico do sistema PRV.

Incrementos contínuos de Mg nos primeiros anos de manejo também foram relatados por Ramos et al. (2018) e Costa et al. (2021), reforçando que a reorganização biológica e a intensificação da ciclagem interna são decisivas para o enriquecimento desse nutriente. Os mecanismos descritos por Machado (2010) e Mosier et al. (2022) sustentam que o Mg responde de forma sensível à melhoria da estrutura do solo, ao aumento da matéria orgânica e ao incremento da atividade radicular.

Porém, Souza & Lobato (2004) observaram redução dos teores de Mg em pastagens rotacionadas conduzidas com períodos de descanso insuficientes, evidenciando que a regularidade e a duração dos ciclos de repouso, elemento central do PRV, são fundamentais para que o Mg se acumule, o que explica o comportamento positivo observado no presente estudo.

A acidez potencial (H+Al) apresentou diferenças significativas entre 2019 e os anos seguintes, aumentando de 1,16 (2019) para 2,63 (2022) e posteriormente 2,13 (2025). Esse aumento está diretamente relacionado à intensificação dos processos biológicos promovidos pelo PRV, em especial ao incremento da matéria orgânica, à maior atividade microbiana e à decomposição de resíduos vegetais, que liberam íons H^+ durante a mineralização (AMADO et al., 2017; DIAS-FILHO, 2014).

Pesquisas conduzidas por Amado et al. (2017) e Dias-Filho (2014) relatam comportamento semelhante, com elevação de H+Al em áreas onde há maior acúmulo de matéria orgânica e aumento da atividade biológica, demonstrando que esse padrão é característico de solos tropicais sob manejo conservacionista.

Em áreas onde a MO não aumenta ou a atividade biológica é reduzida, a acidez potencial tende a se manter estável, conforme descrito por Behling et al. (2014), reforçando a efetividade biológica do PRV no atual estudo.

A matéria orgânica do solo (MO) apresentou aumento estatisticamente significativo entre 2019 e 2022, elevando-se de 2,96 para 5,8% no segundo ano de avaliação. Incrementos semelhantes foram descritos por Costa et al. (2021) em sistemas intensificados com alta produção de biomassa.

Por outro lado, Behling et al. (2014) observaram redução contínua da MO após início do manejo em áreas degradadas, sugerindo que o aumento depende da capacidade de produção e reposição de biomassa, aspecto que o PRV favoreceu fortemente na área em que o estudo foi realizado.

A CTC também apresentou aumento expressivo, passando de 8,63 (2019) para 15,39 (2022). Esse comportamento está diretamente associado ao incremento da matéria orgânica, principal componente responsável pela superfície reativa do solo em ambientes tropicais. A relação direta entre aumento da MO e elevação da CTC é amplamente documentada por Erpen (2011), Amado et al. (2017) e Mosier et al. (2022), que destacam o PRV como um sistema capaz de promover, em curto período, melhorias significativas na reatividade química do solo devido ao acúmulo de biomassa e à intensificação dos processos biológicos.

Em contrapartida, em sistemas de pastejo rotacionado convencionais, sem aporte expressivo de biomassa ou com repouso insuficiente, a CTC tende a permanecer estável, conforme observado por Peron & Evangelista (2004). Essa comparação reforça que a dinâmica ecológica do PRV favorece condições superiores de acúmulo de matéria orgânica e, conseqüentemente, de aumento da CTC.

Os nutrientes P e K não apresentaram diferenças significativas entre os anos. A estabilidade estatística desses elementos é coerente com a forte fixação do P por oxihidróxidos de Fe e Al (BRASIL, 2018; DIAS-FILHO, 2011) e com a alta mobilidade do K, sujeito à lixiviação em ambientes tropicais (RAMOS et al., 2018; Mosier et al. 2022).

Comportamentos estáveis para ambos os nutrientes também foram observados por Erpen (2011) e Dias-Filho (2011), indicando que a ausência de adubações e a característica mineralógica do solo são fatores determinantes. Por outro lado, alguns estudos registraram aumento significativo de P e K em áreas adubadas ou com mineralogia diferente, como relatado por Ramos et al. (2018) e Gomes et al. (2024), demonstrando que a resposta depende fortemente do histórico de manejo e do tipo de solo.

A saturação por bases (V%) manteve-se elevada durante todo o período, porém sem diferença significativa. Essa estabilidade reforça o equilíbrio químico alcançado pelo sistema, sustentado pelo retorno eficiente de Ca e Mg via ciclagem biológica. Machado (2010) e Neves et al. (2009) destacam que valores próximos de 80 a 85% são típicos de pastagens bem manejadas no Cerrado, o que coincide diretamente com os resultados obtidos.

Em estudos onde Ca e Mg aumentaram, mas a V% não se manteve estável, o desequilíbrio estava relacionado ao aumento simultâneo da acidez, fenômeno observado por Souza & Lobato (2004) em manejos inadequados.

Entre os parâmetros avaliados, a matéria orgânica (MO) destaca-se por sua importante contribuição na modulação dos atributos químicos do solo, influenciando processos relacionados à disponibilidade de nutrientes, à capacidade de troca de cátions e ao tamponamento da acidez em sistemas sob PRV, conforme amplamente descrito por (Erpen, 2011; Amado et al., 2017; Mosier et al., 2022). Seu incremento influenciou diretamente a CTC, ampliou a retenção de cátions como Ca e Mg, contribui para a manutenção de altos valores de V% e modulou variações na acidez (pH e $H^+ + Al^{3+}$), evidenciando que diversos atributos respondem de forma integrada às mudanças promovidas pelo manejo (LIMA et al., 2020; COSTA et al., 2021).

Um aspecto que melhor esclarece essa correlação entre os parâmetros químicos observada no presente estudo, principalmente entre 2019 e 2022, onde ocorre a maioria das significâncias estatísticas, é o fenômeno conhecido como efeito *priming*. O efeito *priming* refere-se ao estímulo da atividade microbiana do solo associado à entrada de fontes recentes de carbono facilmente assimiláveis, como exsudatos radiculares, fezes, urina e resíduos vegetais jovens, intensificando os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes no solo (Mosier et al., 2022). Esses aportes energéticos favorecem principalmente microrganismos oportunistas, caracterizados por rápido crescimento e elevada capacidade metabólica, que utilizam o carbono fresco como fonte imediata de energia. Como consequência, ocorre a intensificação da atividade enzimática e da mineralização não apenas do carbono recém-adicionado, mas também de frações mais estáveis da matéria orgânica do solo, promovendo a liberação simultânea de nutrientes como Ca, Mg e K para a solução do solo (KUZYAKOV; FRIEDEL; STAHR, 2000; KUZYAKOV, 2010).

Em áreas conduzidas sob o sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), o efeito *priming* pode ser favorecido em função da intensa renovação do sistema radicular das forrageiras, da deposição frequente de dejetos animais e do aporte contínuo de resíduos orgânicos ao solo, conforme discutido para sistemas manejados com elevada ciclagem de carbono (Amado et al., 2017). Esses fatores promovem pulsos sucessivos de carbono lábil, estimulando microrganismos oportunistas e intensificando os processos de ciclagem biogeoquímica, o que contribui para explicar os incrementos registrados nos teores de cálcio e magnésio, bem como o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), especialmente nos primeiros anos de adoção do sistema, período marcado por intensa reorganização biológica do solo. Com a consolidação do manejo ao longo do tempo, observa-se a tendência de

estabelecimento de um novo equilíbrio biogeoquímico, no qual espera-se que a matéria orgânica se estabilize e a magnitude desses efeitos seja gradualmente reduzida.

Dessa forma, o efeito *priming* configura-se como um mecanismo central para compreender por que diversos atributos químicos apresentaram mudanças correlacionadas predominantemente nos primeiros anos de adoção do PRV, reforçando a interpretação da dinâmica biogeoquímica observada neste estudo e evidenciando o papel do manejo racional na reorganização funcional dos solos do Cerrado (AMADO et al., 2017; DIAS-FILHO, 2014).

7. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV) promoveu melhorias significativas nos atributos químicos do solo ao longo dos seis anos avaliados na área do Assentamento Bonanza, em Itapuranga-GO. A análise temporal evidenciou aumento da fertilidade do solo e fortalecimento dos processos de ciclagem de nutrientes, confirmando a eficiência do manejo racional em solos tropicais do Cerrado goiano.

A reorganização biogeoquímica observada, particularmente nos primeiros anos de adoção do PRV, pode ser explicada pela intensificação da atividade microbiana do solo, associada ao efeito *priming*, favorecido pelo aporte contínuo de resíduos orgânicos, renovação radicular e deposição de dejetos animais. Esse mecanismo contribuiu para a maior disponibilidade de cátions básicos e para o aumento da CTC.

De forma geral, os resultados confirmam que o PRV constitui uma estratégia eficaz de manejo sustentável, capaz de recuperar a fertilidade do solo, aumentar a resiliência produtiva das pastagens e reduzir a dependência de insumos externos, configurando-se como alternativa viável para a regeneração de pastagens degradadas no Cerrado. Recomenda-se a continuidade do monitoramento da área e a ampliação de estudos que integrem indicadores físicos e biológicos, de modo a aprofundar a compreensão dos efeitos de longo prazo do PRV sobre a qualidade do solo.

9. REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C. et al. Manejo sustentável de pastagens e indicadores de qualidade do solo no Brasil Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 1, e0170220, 2017.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006.
- BEHLING, M.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J. S. et al. Soil organic matter dynamics in degraded and restored pastures in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 52, n. 7, p. 1–12, 2014.
- BENVINDO, Édipo Santana et al. Transição agroecológica com ênfase na bovinocultura: experiência no Cerrado brasileiro. In: **CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGIA**, 9., 2022, San José. Anais [...]. San José, 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics**. 3. ed. New York: Wiley, 1999.
- CORDEIRO, L. A. M. et al. Efeitos do manejo do pastoreio racional na estrutura física e biológica do solo em sistemas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 53, n. 1, 2023.
- COSTA, D. D. et al. Soil fertility and carbon accumulation under Voisin Rational Grazing in tropical pastures. **Soil & Tillage Research**, v. 212, n. 1, 2021.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. rev. e ampl. Belém: Ed. do Autor, 2011. 215 p.
- DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p.
- ERPEN, N. M. Atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de pastejo rotacionado. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- EUCLIDES, V. P. B. et al. **Manejo das pastagens nos cerrados**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2008.
- FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW 2021)**. Roma: FAO, 2021.
- GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GOMES, R. A.; ALMEIDA, V. P.; COSTA, F. L. et al. Voisin Rational Grazing as a regenerative practice for tropical soils: a systematic review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 362, n. 1, 2024.

HOLLAND, B.; WOLFE, A. W. **Nonparametric statistical methods**. 3. ed. New York: Wiley, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da pecuária municipal: efetivo dos rebanhos**, 2023. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

INSTITUTO FEDERAL DE BRASÍLIA (IFB). Desempenho do sistema PRV-silvipastoril no Cerrado: relatório técnico. Brasília, DF: IFB, 2024.

JANZEN, H. H. The soil carbon dilemma: shall we hoard it or use it? **Soil Biology & Biochemistry**, v. 38, n. 3, p. 419–424, 2006.

JÚNIOR, G. B. M.; VILELA, L. **Pastagem no Cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

KUZYAKOV, Y. Factors affecting priming effects. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, n. 10, p. 1485–1498, 2002.

KUZYAKOV, Y. Priming effects: interactions between living and dead organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, n. 9, p. 1363–1371, 2010.

KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J. K.; STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 32, n. 10, p. 1485–1498, 2000.

LIMA, M. F. et al. Chemical and physical soil improvements under rational grazing management in tropical regions. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 75, n. 2, p. 221–230, 2020.

MACHADO, L. C. P. **Pastoreio racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2010.

MACHADO FILHO, L. C. P. **PRV no Brasil: princípios de manejo sustentável e regenerativo**. Porto Alegre: Edição do Autor, 2021.

MELADO, J. R. **Agroecologia e regeneração de pastagens: fundamentos do pastoreio racional Voisin**. Belo Horizonte: UFV, 2016.

MOLINA-FLORES, B.; MANZANO-BAENA, P.; COULIBALY, M. D. **O papel da pecuária na segurança alimentar, redução da pobreza e criação de riqueza na África Ocidental**. Accra: FAO, 2020.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 10. ed. Hoboken: Wiley, 2019.

MOSIER, S.; APFELBAUM, S.; BYCK, P.; IPPOLITO, J.; COTRUFO, M. F. Improvements in soil properties under adaptive multi-paddock grazing relative to conventional grazing. **Agronomy Journal**, v. 114, n. 4, p. 2584–2597, 2022.

NEVES, M. C. P. et al. Impactos do pastoreio rotativo sobre o carbono orgânico e a biomassa microbiana do solo. **Revista de Agroecologia e Sustentabilidade**, v. 1, n. 2, p. 15–26, 2009.

PARENTE, L.; MESQUITA, V.; MIZIARA, F.; BAUMANN, L. F. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017. **Remote Sensing of Environment**, v. 232, n. 1, 111301, 2019.

PAVAN, M. A. et al. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: **IAPAR**, 1992. (Circular 76).

PEREIRA, O. J. R.; FERREIRA, L. G.; PINTO, F.; BAUMGARTEN, L. Assessing pasture degradation in the Brazilian Cerrado based on MODIS NDVI time-series. **Remote Sensing**, v. 10, n. 11, 1761, 2018.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Nobel, 2009.

RAMOS, T. V. et al. Chemical attributes of Brazilian Cerrado soil under different management systems. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 4, p. 505–510, 2018.

REIS, P. R.; SOUZA, L. S.; CAVALCANTE, T. C. Desafios socioeconômicos da adoção do pastoreio racional Voisin no Brasil Central. **Revista Extensão Rural e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 87–100, 2022.

RIBEIRO FILHO, H. M. N. **Estimativa do consumo de matéria seca e ganho de peso em búfalos e bovinos em regime de pastoreio rotativo racional**. 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SANTOS, H. G. dos et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. **Nonparametric statistics for the behavioral sciences**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1988.

SILVEIRA, A. L. R. et al. Sistematização de experiências de sistemas de pastoreio racional Voisin em propriedades de agricultores familiares e assentados no estado de Goiás. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 3, 2014.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SZAKÁCS, G. G. et al. Soil microbial dynamics and priming under different carbon inputs. **Applied Soil Ecology**, v. 165, n. 1, 2021.

VOISIN, A. **Grass productivity**. Washington: Island Press, 1959.