



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE**

MATHEUS CAVALCANTE DA SILVA

**FERTILIDADE DE UM LUVISSOLO TRATADO COM ESTERCO CAPRINO
EM DIFERENTES ÉPOCAS DO CULTIVO**

**SUMÉ - PB
2024**

MATHEUS CAVALCANTE DA SILVA

**FERTILIDADE DE UM LUVISSOLO TRATADO COM ESTERCO CAPRINO
EM DIFERENTES ÉPOCAS DO CULTIVO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

Orientador: Professor Dr. Rummenigge de Macêdo Rodrigues.

**SUMÉ - PB
2024**



S586f Silva, Matheus Cavalcante da.
Fertilidade de um luvissole tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo. / Matheus Cavalcante da Silva. - 2024.

40 f.

Orientador: Dr. Rummenigge de Macêdo Rodrigues.
Monografia - Universidade Federal de Campina Grande;
Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Solos agrícolas. 2. Luvissole - fertilidade. 3. Fertilidade do solo. 4. Esterco caprino - fertilização de solo .5. Tratamento de solo - esterco caprino. 6. Sorghum bicolor (L.) Moench. 7. Sorgho granífero. I. Rodrigues, Rummenigge de Macêdo. II. Título.

CDU: 633.033:576.8(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

MATHEUS CAVALCANTE DA SILVA

**FERTILIDADE DE UM LUVISSOLO TRATADO COM ESTERCO CAPRINO
EM DIFERENTES ÉPOCAS DO CULTIVO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Rummenigge de Macêdo Rodrigues.
Orientador - UATEC/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. José Walber Farias Gouveia.
Examinador I - UATEC/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Leidson Allan Ferreira de Lucena.
Examinador II - UATEC/CDSA/UFCG**

Trabalho aprovado em: 31 de maio de 2024.

SUMÉ - PB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, cuja graça e misericórdia têm guiado cada passo do meu caminho. Sem ele, nada disso seria possível. Sua presença constante em minha vida tem sido minha maior fonte de força e inspiração. Somente ele sabe como foi difícil essa trajetória.

Agradeço principalmente aos meus pais, que foram e são meus maiores incentivadores de tudo. Por todo o amor, apoio e sabedoria que me ofereceram ao longo dos anos. Vocês me ensinaram o valor do trabalho árduo, da honestidade e da perseverança. Sou eternamente grato por tudo o que fizeram por mim e por sempre acreditarem em meus sonhos.

A equipe do Laboratório de Fenômenos de Transporte, Hidráulica, Hidrologia, Irrigação e Drenagem (LAFHID), que me acolheu nesses últimos três anos proporcionando momentos únicos de aprendizado e experiência profissional, sou eternamente grato por tudo que fizeram por mim.

À minha noiva Ionara Ferreira, meu amor e minha companheira. Obrigado por estar ao meu lado em cada momento, compartilhando alegrias e desafios, aos “puxões de orelha” e apoio prestado, obrigado por suportar os meus estresse principalmente nesse final de período. Seu amor, paciência e compreensão significam tudo para mim. Você é minha motivação e minha rocha, e sou abençoado por ter você em minha vida. Te amo.

Por fim, mas não menos importantes, agradeço aos meus amigos, que tornaram esta jornada ainda mais especial. Suas amizades, apoio e encorajamento foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Vocês são como uma família para mim, e sou grato por cada momento que compartilhamos.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

O experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a fertilidade de um Luvissole tratado com esterco caprino e cultivado com sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. A pesquisa foi desenvolvida em ambiente protegido por sombrite 70 % localizado em uma área experimental do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, município de Sumé no Estado da Paraíba. Para a execução do estudo, coletou-se materiais da camada de 0-20 cm de um Luvissole Crômico, após coletados e passados na peneira de 0,5 cm, foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade para 5 litros, recebendo cada vaso 3,0 kg de solo. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, com 10 repetições e, constaram de três épocas do cultivo do solo: antes da aplicação de esterco caprino, após aplicação de esterco caprino e após o cultivo inicial de sorgo. Na condução do experimento, foram padronizados os teores de N, P e K para a cultura do sorgo com base na análise de solo e o fornecimento de água, feito de forma manual. A umidade do substrato foi mantida a 70% da capacidade de campo. Para a semeadura, cada vaso recebeu duas sementes, deixando-se, após germinação, apenas a mais vigorosa. As variáveis analisadas foram referentes à fertilidade do solo. Observou-se que a média mais baixa em relação ao pH foi de 7,39 no período após a aplicação do esterco. A MO apresentou redução de 4,5% até a última época de cultivo. O teor de P foi maior após a aplicação do esterco, 3,76 mg/kg, já o magnésio se apresentou maior após o cultivo de sorgo, 5,98 cmolc/kg. Os resultados indicam que a aplicação de esterco caprino afeta significativamente os parâmetros de fertilidade do solo. Inicialmente, há uma redução em atributos como pH, MO, Ca e CTC, provavelmente devido à eliminação do esterco e à liberação de ácidos orgânicos. No entanto, após a investigação do sorgo, muitas dessas parâmetros mostram recuperação ou aumento, indicando que a ingestão contínua do esterco e a absorção de nutrientes pelas plantas melhoram a fertilidade do solo a longo prazo. Este estudo destaca a importância do manejo adequado da matéria orgânica para a sustentabilidade e produtividade agrícola.

Palavras-chave: Semiárido; Matéria orgânica do solo; Sustentabilidade; Manejo conservacionista do solo.

SILVA, Matheus Cavalcante da. **Fertility of a luvisolt treated with goat manure and cultivated with grain sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]**. 2024. 40f. Bachelor Thesis (Curso de Bacharelado em Engenharia de Biosistemas) – Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande – Sumé – Paraíba – Brasil, 2024.

ABSTRACT

The experiment was designed to assess the fertility of a Luvisolo treated with goat manure and cultivated with grain sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. The research was carried out in a screened environment located in an experimental area of the Center for Sustainable Development in the Semi-Arid Region of the Federal University of Campina Grande, in the municipality of Sumé in the state of Paraíba. To carry out the study, materials were collected from the 0-20 cm layer of a Chromic Luvisolo. After being collected and passed through a 0.5 cm sieve, they were placed in plastic pots with a capacity of 5 liters, each pot receiving 3.0 kg of soil. The treatments were distributed in randomized blocks with 10 replications and consisted of three soil cultivation periods: before the application of goat manure, after the application of goat manure and after the initial cultivation of sorghum. When conducting the experiment, the N, P and K levels for the sorghum crop were standardized based on the soil analysis and the water supply was done manually. The humidity of the substrate was kept at 70% of field capacity. For sowing, each pot received two seeds, leaving only the most vigorous after germination. The variables analyzed were related to soil fertility. The lowest average pH was 7.39 in the period after the manure was applied. MO fell by 4.5% until the last growing season. The P content was higher after manure application, at 3.76 mg/kg, while magnesium was higher after sorghum cultivation, at 5.98 cmolc/kg. The results indicate that the application of goat manure significantly affects soil fertility parameters. Initially, there is a reduction in attributes such as pH, MO, Ca and CTC, probably due to the elimination of the manure and the release of organic acids. However, after the sorghum investigation, many of these parameters show recovery or increase, indicating that the continuous intake of manure and the absorption of nutrients by plants improves soil fertility in the long term. This study highlights the importance of proper organic matter management for agricultural sustainability and productivity.

Keywords: Semi-arid; Soil organic matter; Sustainability; Soil conservation management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Delimitação do Semiárido Brasileiro – 2021.....	14
Figura 2 -	Perfil do solo - luvisolo.....	16
Figura 3 -	Esquema da distribuição dos tratamentos em cada bloco. B = bloco; AE = antes da aplicação do esterco caprino; APE = após aplicação do esterco caprino; AS = após cultivo inicial de sorgo.....	22
Figura 4 -	Condução do experimento.....	23
Figura 5 -	Determinação de pH em suspensão solo-líquido na proporção 1:2,5.....	24
Figura 6 -	Determinações de fósforo assimilável.....	25

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** - Valores de pH do solo tratado com esterco caprino em diferentes épocas de cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 26
- Gráfico 2** - Valores de matéria orgânica do solo (MO) de um Luvissole tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 27
- Gráfico 3** - Valores de fósforo disponível do solo tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação de esterco caprino, três meses após aplicação e após o cultivo de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 28
- Gráfico 4** - Valores de cálcio do solo (Ca) tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 29
- Gráfico 5** - Valores de magnésio do solo (Mg) tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 30
- Gráfico 6** - Valores de potássio (K) de um Luvissole tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 31
- Gráfico 7** - Capacidade de troca de cátions (CTC) de um Luvissole tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 32
- Gráfico 8** - Saturação por bases (V%) de um Luvissole tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 33

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AE	Antes da Aplicação de Esterco Caprino.
APE	Após Aplicação de Esterco Caprino.
AS	Após Cultivo inicial do Sorgo.
CA	Cálcio.
CDSA	Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido.
CTC	Capacidade de Troca de Cátions.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
INSA	Instituto Nacional do Semiárido.
K	Potássio.
LAFHID	Laboratório de Fenômenos de Transporte, Hidráulica, Hidrologia, Irrigação e Drenagem.
MG	Magnésio.
MO	Matéria orgânica.
MOS	Matéria orgânica do solo.
N	Nitrogênio.
P	Fósforo.
PH	Potencial Hidrogeniônico.
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solo.
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste.
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande.
V	Saturação por Base.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1	SEMIÁRIDO.....	14
3.2	LUVISSOLO.....	16
3.3	MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO.....	17
3.4	MATÉRIA ORGÂNICA.....	18
3.5	ESTERCO CAPRINO.....	19
3.6	SORGO GRANÍFERO.....	20
4	METODOLOGIA.....	22
4.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	22
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	22
4.3	UNIDADE EXPERIMENTAL.....	22
4.4	MÉTODO DE IRRIGAÇÃO.....	23
4.5	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	23
4.6	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	24
4.7	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6	CONCLUSÃO.....	34
	REFERÊNCIAS.....	35
	APÊNDICE.....	40

1 INTRODUÇÃO

O semiárido é uma região que tem como características longos períodos de seca e escassez de água. As chuvas são irregulares, baixa umidade, o semiárido se estende por toda área do nordeste brasileiro e pelo norte de Minas Gerais, segundo dados do Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2022). A vegetação adaptada, como a caatinga, enfrenta desafios devido à irregularidade das chuvas. De acordo com Filho *et al.* (2009 *apud* Duarte, 2002) boa parte dos solos do Sertão nordestino são Neossolos Litólicos e Luvisolos, solos que possuem características semelhantes sendo pouco profundos e apresentando alta pedregosidade, o que faz com que sejam limitados para uso agrícola devido a sua baixa capacidade de reter água.

Segundo Santos *et al.* (2018) os Luvisolos são solos que apresentam características específicas, variando de rasos a pouco profundos, com horizonte B textural (horizonte resultante de acumulação ou concentração absoluta ou relativa de argila decorrente de processos de iluviação e/ou formação *in situ*) de cores vivas e argila de atividade alta, apresentando horizonte A fraco, de cor clara, pouco espesso, maciço ou com estrutura fracamente desenvolvida. Apresentam uma alta saturação por base, sendo moderadamente ácidos a neutros. Exibem frequentemente revestimento pedregoso na superfície, característica de pavimentação desértica, ou na massa do solo e normalmente possuem uma crosta superficial de 5 a 10 mm de espessura, além de altos teores de silte. São altamente susceptíveis aos processos erosivos, em virtude da grande diferença textural entre o horizonte A e o horizonte B. Pouco propícios para produção agrícola nesse estado, se faz necessário práticas conservacionistas de manejo do solo.

O manejo e conservação do solo são práticas essenciais para garantir a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente principalmente no âmbito agrícola. Existem diversas estratégias utilizadas que auxiliam na saúde do solo e potencializam sua produtividade. Rotacionar diferentes tipos de culturas durante os períodos de cultivo ajudam a prevenir a escassez de alguns nutrientes e também a redução do aparecimento de doenças e pragas. Arelado a isso existe também a cobertura vegetal, prática sustentável utilizada para manter e regular a umidade e temperatura do solo, além de fornecer matéria orgânica ao ser decomposto, tendo como matéria prima os resíduos de colheitas ou qualquer outro tipo de vegetação. Plantio direto; controle da erosão do solo através de barreiras físicas, como curvas de nível por exemplo; o equilíbrio entre adubação orgânica e mineral; uso sustentável da água. Essas e tantas outras práticas existentes, ajudam principalmente no aumento de matéria orgânica no solo, essencial para o desenvolvimento das plantas (Filho & Filho, 2021).

A matéria orgânica é constituída por substâncias de origem vegetal ou animal passando por diferentes estágios de decomposição, influenciando diretamente na saúde e fertilidade do solo. A sua decomposição libera nutrientes fundamentais para o desenvolvimento das plantas, incluindo nitrogênio, fósforo além de micronutrientes. Outras capacidades da matéria orgânica está no melhoramento da estruturação do solo, complementando sua capacidade de retenção de água e promovendo a formação de agregados, facilitando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Capaz de atuar junto às atividades microbianas, contribuindo para os processos biológicos como decomposição, ciclagem de nutrientes e supressão de patógenos, suas camadas protegem a superfície do solo contra a erosão, operando como uma cobertura protetora que minimiza a perda de solo durante chuvas intensas. A utilização de esterco como fonte de matéria orgânica se torna uma alternativa sustentável, pois estará dando finalidade para um resíduo que seria descartado muitas das vezes de forma inadequada (Bettioli, *et al.*, 2023).

O esterco é uma rica fonte de adubação, sendo utilizado como aliviador do estresse hídrico devido ao seu alto teor de matéria orgânica (Souza, *et al.*, 2017), e redutor de custos graças aos químicos, físicos e biológicos encontrados em sua composição (PEREIRA *et al.*, 2013) principalmente N e P nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento de plantas, que os solos do semiárido brasileiro possuem deficiência em sua grande maioria.

O sorgo granífero é uma variedade de sorgo cultivada pelo valor comercial de seus grãos, que são colocados tanto para alimentação humana quanto animal. Segundo Ribas (2003), nativa da África, porém amplamente cultivado em várias regiões do mundo, seus grãos são utilizados na produção de farinha, cereais, e em alguns lugares, até mesmo na produção de cerveja devido ao seu alto teor de açúcar e não ter glúten (Mota, 2022). Sendo uma excelente opção para alimentação animal, possui capacidade de crescer em condições de seca, tornando-se uma opção valiosa em regiões com disponibilidade limitada de água, como o semiárido brasileiro. O trabalho teve como objetivo geral avaliar a variação de atributos da fertilidade de um Luvissole tratado com esterco caprino e cultivado com sorgo granífero.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a variação de atributos da fertilidade de um Luvissole tratado com esterco caprino e cultivado com sorgo granífero.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a determinação de parâmetros químicos referentes à fertilidade do solo;
- Compreender o comportamento da aplicação do esterco caprino durante o cultivo do solo;
- Detalhar a importância da matéria orgânica manejo conservacionista do solo.

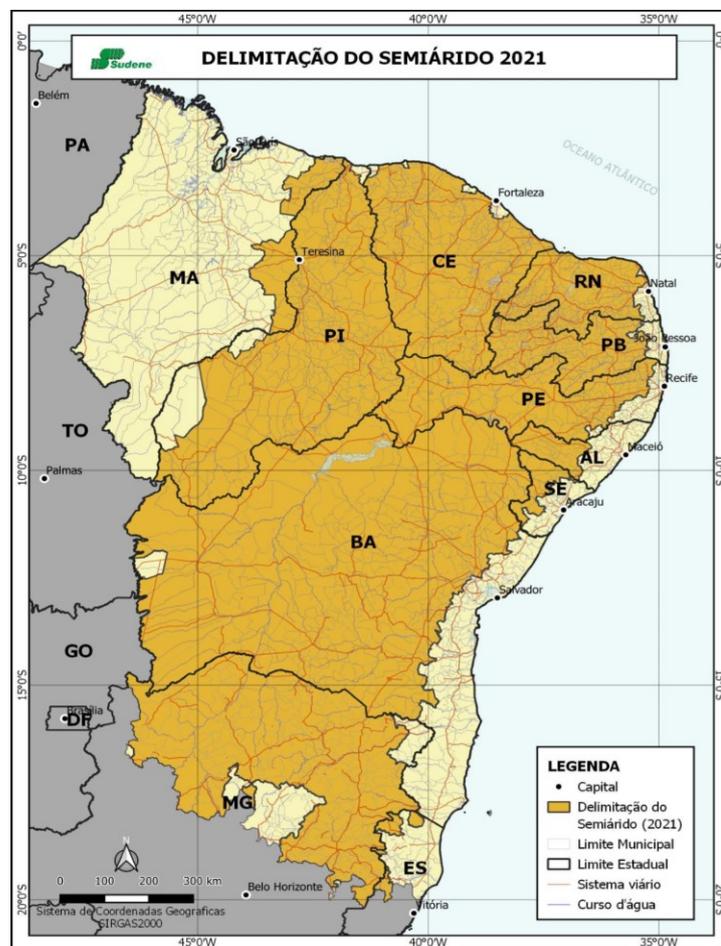
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SEMIÁRIDO

Segundo dados do IBGE (2022), estima-se que a região semiárida do Nordeste brasileiro ocupa 12% do território nacional e abriga cerca de 28 milhões de habitantes divididos entre zonas urbanas (62%) e rurais (38%), sendo portanto um dos semiáridos mais povoados do mundo.

A atual delimitação do Semiárido brasileiro (Figura 1), considerando características climáticas permanentes, e abrange 1.427 municípios quem atingem pelo menos um dos critérios para classificação de pertencimento do semiárido.

Figura 1 - Delimitação do Semiárido Brasileiro – 2021



Fonte: SUDENE/IBGE, 2021.

As áreas de clima semiárido são caracterizadas pela insuficiência e irregularidade de chuvas, com elevadas temperaturas e altas taxas de evapotranspiração que influenciam a paisagem predominante. No Semiárido brasileiro, a limitação hídrica ocorre anualmente e as secas são caracterizadas pela ausência, escassez e elevada variabilidade espacial e temporal das precipitações por longo período. A irregularidade pluviométrica em uma área de escassez hídrica tornou-se a principal explicação das crises regionais, expressas na baixa dinâmica econômica e no flagelo da fome e da miséria de grande parte da população sertaneja (Ab'sáber, 1999; Silva, 2010; Lima & Magalhães, 2018).

Andrade-Lima (1981) apresentam o semiárido brasileiro como um território que tem sua maior parte ocupada por uma vegetação adaptada às condições de aridez, fisionomia variada, nomeada Caatinga. Do ponto de vista biológico, seu ecossistema é visto com extrema importância, sendo um dos poucos que tem sua distribuição totalmente restrita ao território brasileiro. Esses mesmos autores retratam estudos recentes que possuem levantamentos da flora e fauna, mostrando que a Caatinga dispõe de um considerável número de espécies endêmicas, por essa razão, deve ser considerada um patrimônio biológico de valor imponderável.

A composição florística desse bioma não é uniforme e varia de acordo com o volume das precipitações pluviométricas, da qualidade dos solos, da rede hidrográfica e da ação antrópica, sendo que essa heterogeneidade, tanto em relação à fisionomia quanto à composição, tem levado alguns autores a utilizar sua denominação no plural – as Caatingas brasileiras (Andrade-Lima, 1981). Em conformidade com Giuliatti *et al.* (2006) foram mostradas até o momento, cerca de 1.500 espécies para a região, sendo as famílias leguminosae (18,4%), Convolvulaceae (6,82%) Euphorbiaceae (4,83%), Malpighiaceae (4,7%) e Poaceae (4,37%), vistas como as mais ricas em número de espécies. Os mesmos autores ainda retratam que a vegetação desse bioma pode ser denominada com um tipo de floresta de porte baixo, com dossel geralmente descontínuo, folhagem decídua na estação seca e árvores com ramificação profusa, comumente armadas com espinhos ou acúleos sendo frequente a presença de microfilia e características xeromorfas.

Com relação à fauna, esta é diversificada e rica em endemismo, embora haja, de forma geral, informações insuficientes para a maioria dos grupos estudados e, por isso, os números encontrados ainda subestimam a real diversidade desse ecossistema. Porém, assim como as plantas, os animais também desenvolveram adaptações às condições climáticas da região, a exemplo de hábitos noturnos e comportamento migratório. A heterogeneidade ambiental associada à singularidade de certos locais permite supor a possibilidade de a fauna de invertebrados da Caatinga ser riquíssima em diversidade e endemismo, porém o conhecimento

do grupo ainda é pequeno para uma quantificação. Entre os insetos, as abelhas, as formigas e os cupins são os representantes mais estudados, onde a apifauna da Caatinga está representada por cerca de 190 espécies, sendo registrada uma predominância de abelhas raras e elevado percentual de endemismo (Zanella; Martins, 2003).

3.2 LUVISSOLO

Segundo a EMBRAPA (2014), o solo trata-se de uma coleção de corpos naturais tridimensionais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, contendo materiais minerais e orgânicos, podendo ser vegetados na natureza ou por algum evento, modificados por interferências antrópicas. É formado por meio da interação dos fatores ambientais: material de origem, clima, relevo e organismos que agem ao longo do tempo (Jenny, 1941). O Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba (Brasil, 1972), realizado entre as décadas de 1960 e 1970 identificou sessenta e quatro perfis de solo, sendo cerca de 40% pertencentes a três Ordens (1º nível categórico) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo – SiBCS: Neossolo, Luvissole e Planossolo.

Figura 2 - Perfil do solo - luvissole.



Fonte: Embrapa Solo. Foto: José Francisco Lumbreiras. Juazeiro-BA

Esses solos são considerados, pedogeneticamente, pouco a moderadamente desenvolvidos e estão entre as Classes mais comuns em regiões semiáridas, podendo ocorrer associados num complexo padrão de distribuição, o que dificulta o mapeamento de classes individualizadas, mesmo em levantamentos detalhados (Jacomine, 1996). Conforme Oliveira *et al.* (2009), mesmo com os avanços dos estudos relacionados aos solos da região Nordeste e sua importância para as áreas semiáridas, há muitas entrelinhas a serem concluídas, em virtude que, ainda não foram propriamente pesquisadas, e as informações disponíveis são relativamente poucas, principalmente quando comparadas com outros solos.

Os luvisolos compreende solos minerais, não hidromórficos, onde ocorre desenvolvimento expressivo do horizonte diagnóstico B textural aliado à alta atividade de argilas e alta saturação por bases, imediatamente abaixo de horizonte A ou horizonte E (Embrapa, 2014). Em concordância o IBGE (2007) estes solos distribuem-se por boa parte do território brasileiro, com maior predominância, em regiões como o semiárido nordestino (antigos Bruno Não-Cálcicos) Região Sul (antigos Podzólicos Bruno Acinzentados eutróficos) e mesmo na região Amazônica, estado do Acre (antigos Podzólicos Vermelho-Amarelos e Vermelho-Escuros eutróficos com argila de atividade alta).

Localizam-se em áreas de relevo ondulado a forte ondulado, a pouca profundidade e alta suscetibilidade à erosão se constituem em sérias limitações ao cultivo agrícola desses solos no estado da Paraíba. Para um aproveitamento adequado desses solos recomenda-se a utilização de áreas de menor declividade e adoção de medidas de controle à erosão. A forma mais adequada de utilização desses solos é a pecuária e a manutenção da vegetação nativa (Cavalcante, *et al.*, 2005). Jacomine (1996), identificaram que no Nordeste brasileiro as atividades que se destacam-se são a criação extensiva de bovinos, caprinos e ovinos, bem como a produção de forrageiras, com a palma, o sorgo, além do milho e algodão.

3.3 MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

O solo é um recurso natural porque é fonte de todos os fatores (exceto luz) de desenvolvimento vegetal. Sob o ponto de vista de seus nutrientes, que podem ser repostos lentamente pelos processos pedogenéticos, ou mesmo mais rapidamente pela adição de fertilizantes, e de sua estrutura que pode ser modificada pelo manejo, ele é considerado um recurso natural exaurível renovável e, como tal, deve ser melhorado, isto é, deve ser utilizado de forma racional, de maneira que seja mantida indefinidamente a sua produtividade (Junior, 2016).

De acordo com Cereta e Aita (2024) existem diversas operações envolvidas no gerenciamento dos sistemas de manejo, contendo operações de semeadura, adubação, controle de plantas invasoras, além da conservação de solo. Atualmente nas áreas agrícolas brasileiras predomina-se o plantio direto como forma de manejo, sendo considerado o plantio da revolução agrícola, devido a diminuição dos problemas erosivos, reduzindo os custos de produção.

Manejar o solo significa aplicar a ele um conjunto de técnicas com a finalidade não só de protegê-lo como também de melhorar a produção das culturas. No manejo do solo, a melhor decisão é elevar e manter a sua produtividade, como as técnicas e os programas de manejo. Técnicas de manejo são aquelas que visam aumentar e manter a potencialidade dos solos; envolvem o controle de suas propriedades e características e o controle da erosão. Programa de manejo implica em executar um estudo genérico das técnicas de manejo, o estudo dos pré-requisitos e efeitos produzidos pelas diferentes modalidades de atividades agrícolas e a identificação do agrossistema, o que significa conhecer as potencialidades e características de cada um deles e a elaboração do programa de manejo (Cereta & Aita, 2024).

Manejar o solo trata-se de utilizá-lo corretamente, tendo como base os seus diversos coeficientes que afetam a produtividade agrícola, como a rotação de culturas, o uso de adubos verdes, a fertilização, a irrigação correta e o cultivo adequado. Já a conservação refere-se a designação coletiva dos programas de prevenção e controle à erosão, de sua excessiva perda de nutrientes e da perda da capacidade de sustentação da vegetação natural ou agrícola (TIECHER, 2016).

A conservação do solo traz inúmeras vantagens para a produção agrícola, como a prevenção e controle da degradação do solo, o aumento da produção, aumento dos níveis de fertilidade natural, diminuição do uso de fertilizantes e corretivos, consequentemente possibilitando a produção econômica com menos custos. Além disso, também atua na conservação dos recursos naturais e contribui na conservação das águas armazenadas, isto é, evitando a poluição dos recursos hídricos (Guerra & Jorge, 2018).

3.4 MATÉRIA ORGÂNICA

Em ecossistemas terrestres, a matéria orgânica do solo é importante reservatório de carbono, nutrientes e energia. Sem a presença da matéria orgânica, a superfície terrestre seria uma mistura estéril de minerais intemperizados. Além disso, não há dúvidas quanto à sua essencialidade na fertilidade, produtividade e sustentabilidade das áreas agrícolas ou não-agrícolas (Leite, 2004).

A matéria orgânica é um componente importante do solo, afetando diversos processos físicos, químicos e biológicos e, por meio desses, desempenhando importantes funções. Um efeito direto da atividade biológica, por exemplo, está associado à macroestrutura do solo, por meio da formação de poros do solo, como consequência da atividade da fauna e crescimento de raízes e fungos. Por outro lado, efeitos menos diretos são relacionados às mudanças em compostos orgânicos resultantes de processos como decomposição e concomitante mineralização e imobilização de nutrientes. (Leite, 2004).

Ele ainda descreve que o tipo de solo, o clima e sistemas de manejo, define relativamente a significância dessas funções, onde muitas das vezes a função mais importante trata-se de atuar com reserva de nutrientes requeridos pelas plantas e em última análise pela população humana. Portanto, ainda assim, atua no suprimento de nutrientes por meio da sua influência na capacidade de troca de cátions e na absorção de ânions, implicando no impacto de íons tóxicos e agroquímicos biocidas.

O papel da matéria orgânica é também relevante na formação de agregados estáveis influenciando diretamente a estrutura do solo e, portanto, a infiltração de água, capacidade de retenção de água, aeração e resistência ao crescimento de raízes. Em situações em que a umidade do solo é o principal limitante para o crescimento das plantas, os maiores impactos da matéria orgânica são sobre os componentes físicos do solo. (Leite, 2004).

3.5 ESTERCO CAPRINO

O esterco se destaca como uma das diversas fontes orgânicas mais utilizadas na agricultura por melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo (Aguiar, *et al.*, 2012; Mesquita, *et al.*, 2011). Porém, na Região Nordeste do Brasil, de 11 materiais utilizáveis para produção de mudas nenhum possui composição química suficiente para ser utilizado como único componente, por apresentar pelo menos um elemento em baixa concentração, o que acarreta em preparação de formulados com misturas que se complementem, tanto física como quimicamente (Severino *et al.*, 2006).

Melo *et al.* (2009) discursa que no semiárido nordeste brasileiro, a utilização do esterco caprino não é uma prática comum, mesmo com a caprinocultura sendo fonte de renda para a região. O autor ainda alega que esse fator ocorre devido a venda dos estercos, que acontece com o intuito de completar a renda da família, como também, por falta de conhecimento sobre sua importância.

Os teores de nutrientes do esterco animal podem variar com a fase de decomposição do material, a alimentação, o sistema de criação, a idade do animal, a raça, entre outros fatores (RICCI, 2010). Esse esterco ainda é citado como um dos melhores pelas quantidades consideráveis de nitrogênio, fósforo e potássio (Amorim, 2002). Alguns estudos analisaram o potencial de utilização do esterco de caprinos e ovinos e todos destacam o seu valor quando comparados com o esterco de bovinos, entretanto, poucos dados existem na literatura quanto ao seu uso (ALVES&PINHEIRO, 2008).

3.6 SORGO GRANÍFERO

Ribas (2003) descreve que o sorgo é cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica. Embora de origem tropical, o sorgo vem sendo cultivado em latitudes de até 45° norte ou 45° sul, e isso só foi possível graças aos trabalhos dos melhoristas de plantas, que desenvolveram cultivares com adaptação fora da zona tropical. O sorgo é cultivado principalmente onde a precipitação anual se situa entre 375 e 625mm ou onde esteja disponível irrigação suplementar. O sorgo é, entre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético como em velocidade de maturação. Sua reconhecida versatilidade se estende desde o uso de seus grãos como alimento humano e animal; como matéria-prima para produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas e tintas, o uso de suas panículas para produção de vassouras, extração de açúcar de seus colmos, até as inúmeras aplicações de sua forragem na nutrição de ruminantes. Agronomicamente, os sorgos são classificados em quatro grupos: granífero; forrageiro para silagem e/ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta; vassoura.

Dos quatro grupos, o sorgo granífero é o que tem maior expressão econômica e está entre os cinco cereais mais cultivados em todo o mundo, ficando atrás do arroz, trigo, milho e cevada. A produção mundial de grãos de sorgo foi estimada em cerca de 58,9 milhões de toneladas métricas em julho de 2002. A área total cultivada com sorgo granífero é de cerca de 37 milhões de ha e, desse total, Ásia e África participam com 82%. No entanto, a maior produção e produtividade estão na América do Norte. Estados Unidos e México juntos produzem 34% da produção mundial. Entre os maiores produtores de grãos de sorgo do mundo, a Índia detém a maior área plantada, com cerca de 11 milhões de, mas os Estados Unidos lideram a produção mundial, com quase 14 milhões de numa área de pouco mais de 3 milhões de habitantes. Índia, Nigéria, México, Sudão, China, Argentina, Austrália, Etiópia, Burkina,

pela ordem, completam o grupo dos dez maiores produtores mundiais de grãos de sorgo. Na América do Sul a Argentina é o maior produtor, seguido pelo Brasil, que está muito próximo de fazer parte do grupo dos dez. A produção brasileira está crescendo rapidamente e poderá, ainda nesta década, se igualar ou superar a posição da Argentina no Continente.

O sorgo deve ter chegado ao Brasil da mesma forma como chegou à América do Norte e Central através dos escravos africanos. Nomes como “Milho d’Angola” ou “Milho da Guiné”, encontrados na literatura e até hoje no vocabulário do nordestino do sertão, sinalizam que possivelmente as primeiras sementes de sorgo trazidas ao Brasil entraram pelo Nordeste, no período de intenso tráfico de escravos para trabalhar na atividade açucareira.

A área cultivada com sorgo deu um salto extraordinário a partir do início dos anos 90. O Centro-Oeste é a principal região de cultivo de sorgo granífero, enquanto o Rio Grande do Sul e Minas Gerais lideram a área de sorgos forrageiros. O sorgo granífero é cultivado basicamente sob três sistemas de produção, no Brasil: no Rio Grande do Sul, planta-se sorgo na primavera e colhe-se no outono. No Brasil Central, a semeadura é feita em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja. No Nordeste, a cultura é plantada na estação das chuvas ou de “inverno”. Mais recentemente, tem sido observado o plantio de sorgo sob irrigação suplementar tanto no Nordeste como no Centro-Oeste. No segmento de sorgo forrageiro, o sistema é de cultivo exclusivo de verão-outono e a maior área plantada ainda é para confecção de silagem. Nos últimos três anos, cresceu significativamente a área de sorgos para pastejo e/ou corte verde, que também se prestam para formação de palha para plantio direto. Essas modernas cultivares têm-se adaptado muito bem a sistemas integrados de agricultura e pecuária.

4 METODOLOGIA

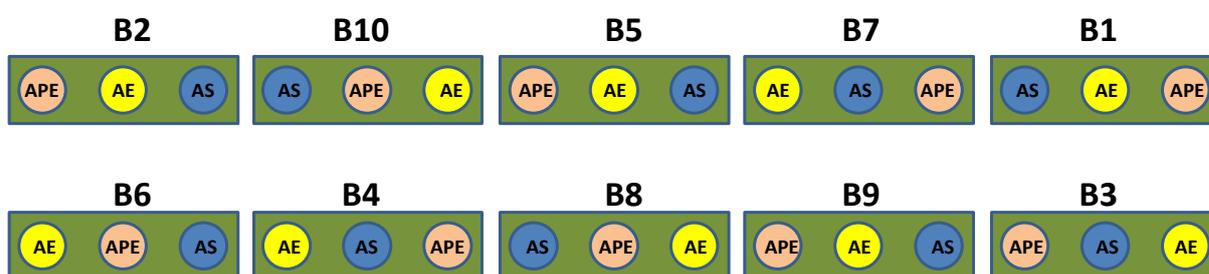
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido por sombrite 70% localizado na área experimental do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Sumé - PB. As coordenadas geográficas do município são: 7° 40' 18'' latitude Sul e 36° 52' 54'' longitude oeste e altitude média é de 518 m, possui precipitação média anual de 538 mm, temperatura média do ar 25,3 °C.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental em blocos casualizados, com dez repetições, constaram de três épocas do cultivo do solo: antes da aplicação de esterco caprino, após a aplicação e após cultivo inicial de sorgo.

Figura 3 – Esquema da distribuição dos tratamentos em cada bloco. B = bloco; AE = antes da aplicação do esterco caprino; APE = após aplicação do esterco caprino; AS = após cultivo inicial de sorgo.



4.3 UNIDADE EXPERIMENTAL

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade para cinco litros, acondicionado com três kg de materiais de um Luvissoleto coletados na profundidade de 0-20 cm e passados em peneira com malha de 0,5 cm conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Condução do experimento.



Fonte: Autor

4.4 MÉTODO DE IRRIGAÇÃO

A irrigação foi feita de forma manual com o auxílio de um balde plástico e um becker de volume conhecido. Inicialmente foi realizada uma amostragem para se encontrar a capacidade de campo do substrato, chegando ao valor de 990 ml ou 100%. Para este experimento trabalhou-se com 70% da capacidade de campo obtendo-se o valor de 693 ml arredondados para 700 ml para assim facilitar a medida.

Dividida em dois momentos, a irrigação foi feita diariamente na parte da manhã e pela tarde, distribuídas de forma igualitária em cada parcela mantendo-as sempre úmidas durante um período de 105 dias. Após esse período ocorreram alguns eventos chuvosos que acabaram interferindo na condução do experimento.

4.5 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Após dispor as unidades experimentais nas bancadas, foi realizada a primeira amostragem de solo, caracterizando a primeira época do cultivo, denominada: época antes da

aplicação de esterco caprino. Em seguida foi realizada a aplicação do esterco, em dose única, na dose de 2% em peso do substrato, correspondendo 4,8 toneladas por hectare. Após a aplicação, o substrato foi mantido a 70% da capacidade de campo por um período de 90 dias. Passado este período, foi realizada a segunda amostragem de solo, consistindo da época denominada: após a aplicação do esterco caprino. 105 dias após a aplicação do esterco foi realizada a semeadura do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] utilizando duas sementes por vaso, semeadas na profundidade de 1,0 cm. Após a germinação, foi realizado o desbaste, permaneceu a plântula mais vigorosa. 60 dias após a semeadura foi realizada a última amostragem de solo, correspondendo à época denominada: após cultivo de sorgo.

Antes da semeadura foi realizada uma adubação com N, P e K com base na análise de solo, fornecendo 222 kg/ha de uréia, 500 kg de superfosfato simples e 667 kg/ha de cloreto de potássio.

4.6 VARIÁVEIS ANALISADAS

As variáveis analisadas foram referentes à fertilidade do solo, as quais constaram do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MO), fósforo (P) disponível, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) trocáveis, capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%), conforme metodologia sugerida por Teixeira *et al.* (2017).

Figura 5 - Determinação de pH em suspensão solo-líquido na proporção 1:2,5.



Fonte: Autor

Figura 6 - Determinações de fósforo assimilável



Fonte: Autor

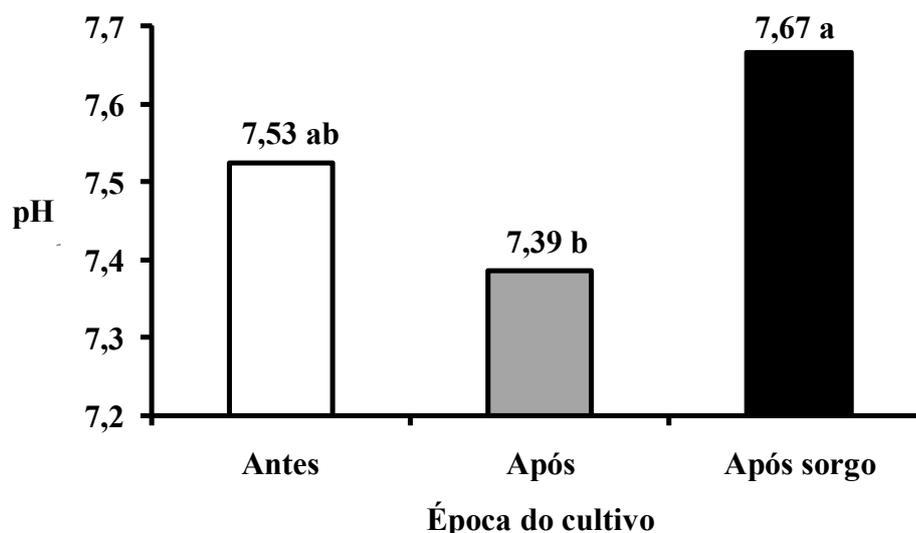
4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a análise dos dados foi utilizado o Software SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2024).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao **pH do solo**, foi constatado efeito significativo entre as épocas do cultivo (tabela 1), cujas diferenças são evidenciadas no gráfico 1. Verificou-se que houve uma redução do pH **após a aplicação do esterco caprino**, de 7,53 para 7,39, com posterior aumento após o cultivo inicial do sorgo, alcançando o valor de 7,67 na última época.

Gráfico 1 – Valores de pH do solo tratado com esterco caprino em diferentes épocas de cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



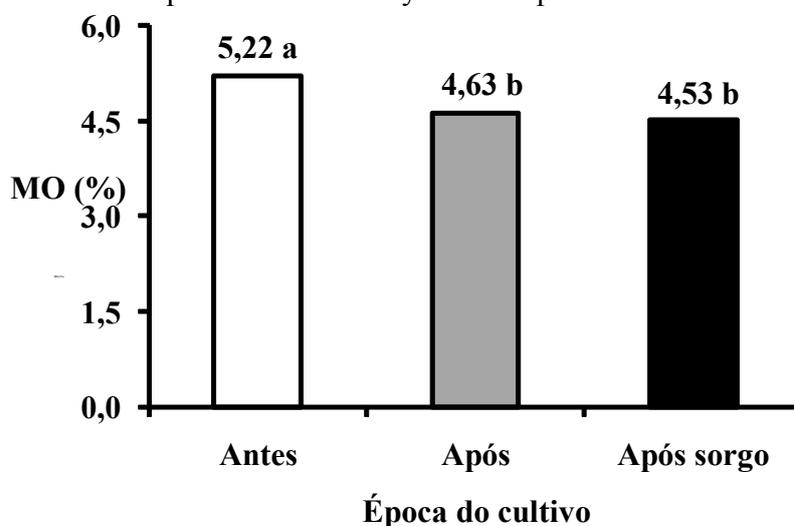
Fonte: Construído com dados da pesquisa.

Provavelmente a redução observada após a aplicação do esterco seja decorrente da sua decomposição, que durante o processo libera ácidos orgânicos que levam a acidificação do solo. Apesar desta diminuição, o valor do pH não atingiu o ideal para a máxima disponibilidade dos nutrientes (Malavolta, 1979), porém aproximou para uma condição de neutralidade.

Comparado aos resultados encontrados por Menezes & Silva, 2008 e Azevedo, 2018, onde trabalharam com esterco bovino em um Neossolo, o valor do pH variou de levemente à médio alcalino, assim como Silva, 2004 que encontrou valores parecidos trabalhando com esterco caprino.

Para os valores de **MO**, houve efeito significativo entre as épocas de cultivo (tabela 1). Observou-se que no período **antes da aplicação de esterco**, de 5,22 como apresenta o gráfico 2, o valor decaiu para 4,63 após o esterco e para 4,53 após o sorgo respectivamente.

Gráfico 2 – Valores de matéria orgânica do solo (MO) de um Luvissole tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Construído com dados da pesquisa.

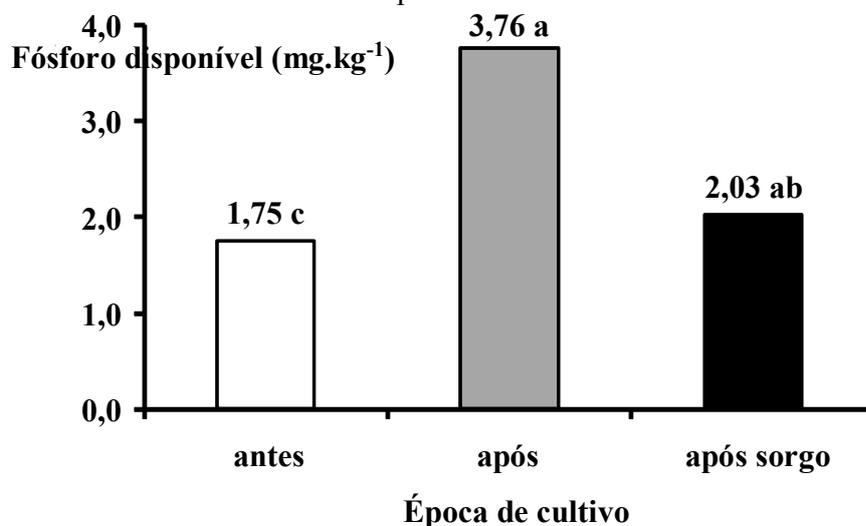
A possível explicação para o fato de que o teor de matéria orgânica antes da aplicação de esterco se apresentou maior do que após a aplicação está ligada ao tempo de decomposição do esterco, Hoffmann *et al.* (2001) fala que para pequenos ruminantes o tempo médio de decomposição para o esterco é de três anos e meio.

Quando coletado o solo por si só apresenta uma quantidade de MO, sendo irrigado diariamente durante um período de 90 dias como descrito na metodologia, acabou lavando o solo, ligado ao que Hoffmann *et al* (2001) descreve, justifica os valores.

A adição de esterco não alterou de maneira significativa o valor de matéria orgânica, assim como Aragão *et al* (2009) expõe em seu trabalho.

O gráfico 3 mostra que houve efeito significativo entre as épocas de cultivo (tabela 1) para o teor de **fósforo disponível**, onde pode-se observar que o valor **após a aplicação de esterco** apresentou um aumento de 1,75 antes do esterco para 3,76 e caiu novamente para 2,03 após o sorgo.

Gráfico 3 – Valores de fósforo disponível do solo tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação de esterco caprino, três meses após aplicação e após o cultivo de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



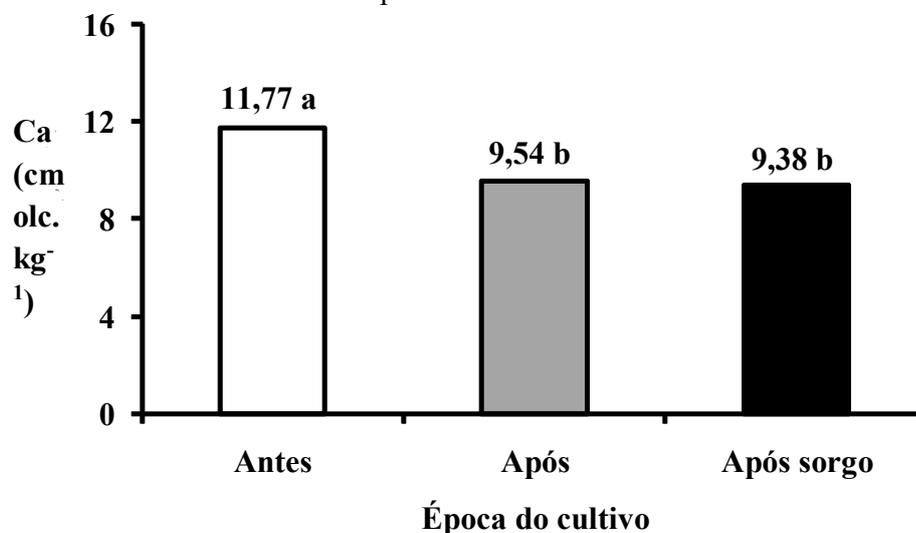
Fonte: Construído com dados da pesquisa.

O esterco caprino é um adubo extremamente rico em nutrientes, entre eles o fósforo. Segundo Amorim (2002) e Alves&Pinheiro (2008) esse tipo de esterco é citado como um dos melhores devido ao seu alto teor de NPK e comparado ao esterco bovino, se destaca pelo seu potencial de utilização.

Um aumento significativo no teor de fosforo após a aplicação de esterco também foi encontrado pelos autores Rocha *et al.* (2013) que trabalharam com diferentes doses de esterco e adubação nitrogenada e concluiu que a adubação orgânica apresentou maiores resultados positivos.

Com relação aos valores de **Ca**, foi constatado efeito significativo entre as épocas do cultivo (tabela 1), das quais as diferenças são evidenciadas no gráfico 4. Verifica-se que houve uma redução do Ca **antes da aplicação de esterco**, de 11,77 para 9,54, e outra redução após o cultivo inicial do sorgo, chegando ao valor de 9,38 na última época.

Gráfico 4 - Valores de cálcio do solo (Ca) tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



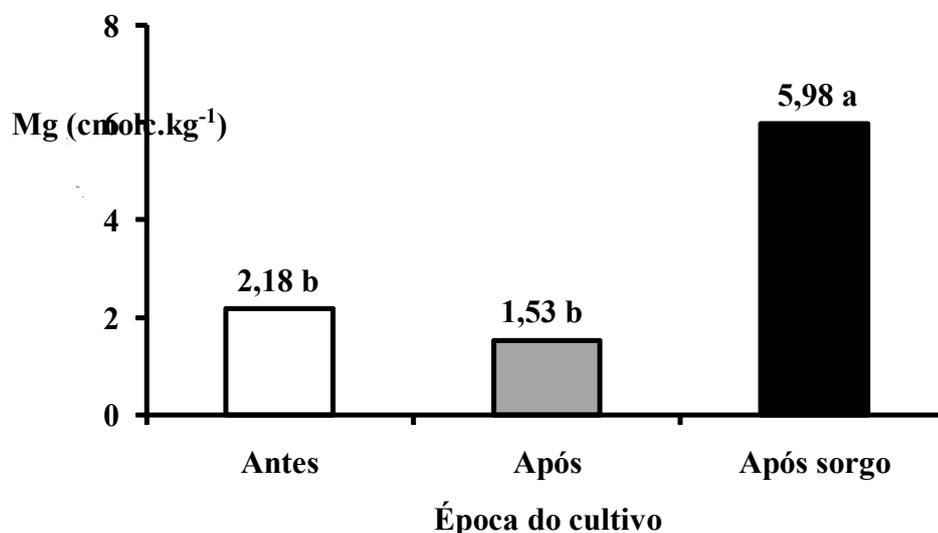
Fonte: Construído com dados da pesquisa.

As características químicas, físicas e biológicas de cada solo variam de acordo com o local de coleta e principalmente o tipo de rocha que deu origem ao solo. Nesse caso, por ser um Luvissole, característico do semiárido, normalmente apresenta alto teor de cátions básicos como nos mostra Giongo&Angelotti (2022).

Assim como Malta *et al.* (2019) revelam em seu trabalho, a adição de esterco não afetou no valor de cálcio disponível. Já Souto *et al.* (2013) pelo contrário, revelam que a adição de esterco influenciou de maneira significativa em relação ao cálcio.

O gráfico a seguir (gráfico 5) ilustra a quantidade de **magnésio** disponível em cada época de cultivo, visto que não apresentou efeito significativo (tabela 1), entre as duas primeiras mas apresentou sobre a última época. Na qual houve uma redução entre a época antes do esterco e após o esterco, de 2,18 para 1,53, com um aumento em seguida, chegando ao valor de 5,98 **após o sorgo**.

Gráfico 5 – Valores de magnésio do solo (Mg) tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



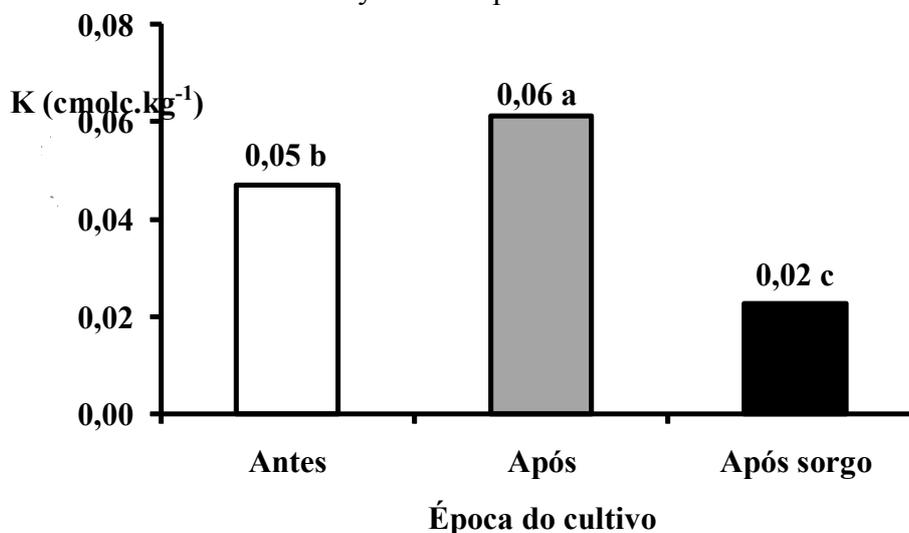
Fonte: Construído com dados da pesquisa.

O aumento do magnésio após o cultivo do sorgo sugere que o processo de cultivo e/ou a preparação do esterco, ligado a liberação de nutrientes ao longo do tempo para uma maior disponibilidade de magnésio no solo.

Ao contrário dos achados de Malta *et al.* (2019), que não observaram variações nos níveis de magnésio em seu estudo, neste caso, após o cultivo do sorgo, obtiveram um aumento significativo na concentração de magnésio em comparação com as outras épocas de cultivo.

O gráfico 6 ilustra o teor de **potássio** das diferentes épocas de cultivo, onde constatou-se efeito significativo entre elas (tabela 1). Verificou-se um aumento do K após a aplicação do esterco, de 0,05 para 0,06, e posteriormente uma queda no valor após o sorgo chegando a 0,02 no último período.

Gráfico 6 - Valores de potássio (K) de um Luvissole tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Construído com dados da pesquisa.

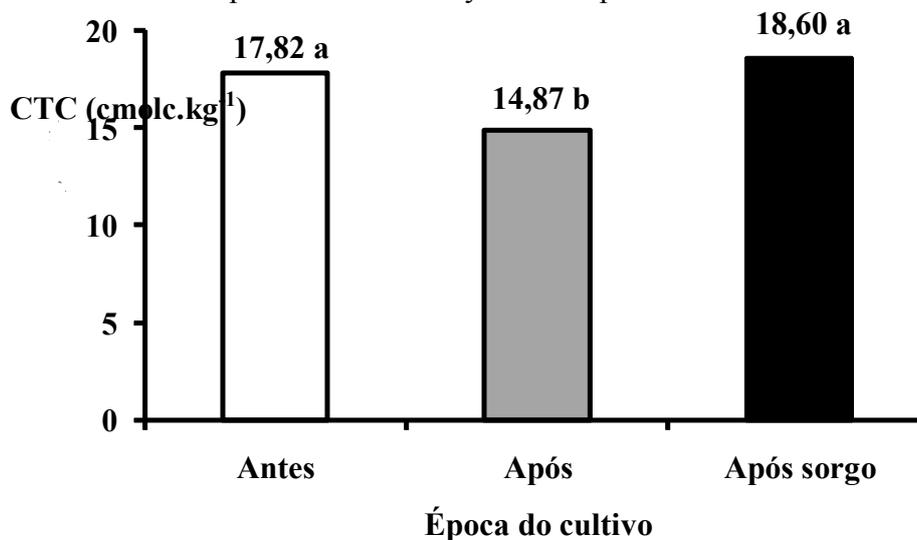
A aplicação do esterco resultou em um leve aumento nos níveis de potássio no solo. Este aumento pode ser atribuído ao conteúdo de potássio presente no esterco caprino, que foi liberado no solo durante a seleção do material orgânico.

Após o cultivo do sorgo, houve uma redução significativa nos níveis de potássio no solo. Possa ser que a absorção de potássio pelas plantas de sorgo durante seu crescimento esteja ligada a isso. O que acontece é que, como muitas culturas, há uma demanda potencial para o seu desenvolvimento, o que resulta na diminuição da disponibilidade desse nutriente no solo.

Da mesma forma que os autores (JUSHO 2013; MENDES, 2019), O valor de K aumentou, porque esse elemento desempenha papel importante no crescimento das plantas, com a função de alongamento da raiz, controle do equilíbrio iônico, melhorar a síntese de proteínas, incentivar a reação enzimática e melhorar o processo de fotossíntese e desenvolvimento das culturas.

De acordo com o gráfico 7, que exibe a **capacidade de troca de cátions**, foi constatado efeito significativo entre as épocas de cultivo (Tabela 1). Houve uma redução da CTC após a aplicação do esterco caprino, de 17,82 para 14,87, seguido de um aumento após o sorgo, chegando a um valor de 18,60 ao final.

Gráfico 7 - Capacidade de troca de cátions (CTC) de um Luvissole tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Construído com dados da pesquisa.

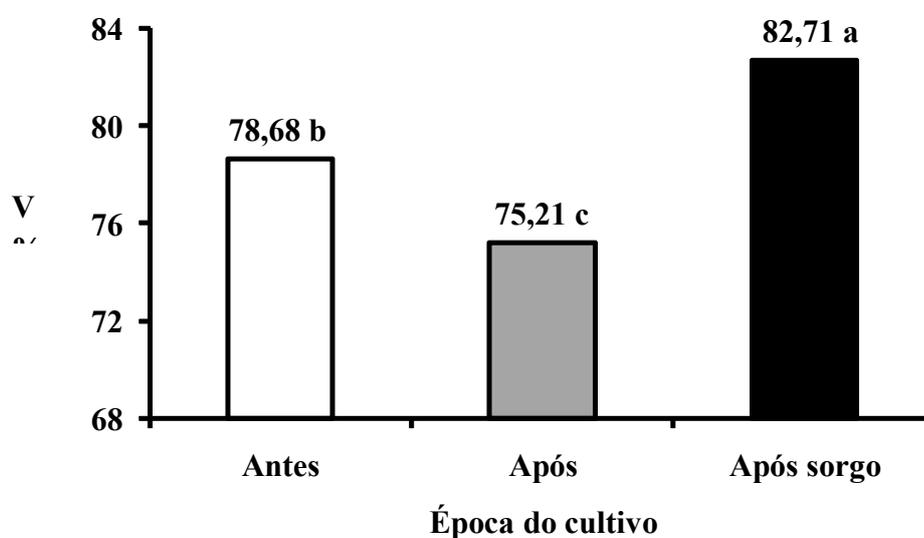
A CTC representa o quantitativo de cátions retidos à superfície do solo em condição permutável ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$) (RONQUIM, 2010).

Ao observar os valores encontrados de Ca, Mg e k nessa pesquisa e comparar com os resultados obtidos no gráfico7, a propósito são convergentes e todas as épocas de cultivo ficaram acima de 10 cmolc.kg^{-1} , considerado alta, provavelmente devido aos valores de pH que de acordo com Batista (2015) influencia tanto quanto a presença de minerais de argila, ou, matéria orgânica.

Conforme descrito por Artur *et al.* (2007) e Costa (2023), o esterco é um componente significativo do substrato, principalmente por sua capacidade de aumentar o teor de Capacidade de Troca Catiônica (CTC).Costa (2023), ao comparar o esterco caprino com outras fontes de adubação, observa que ele proporciona um melhor aumento na Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

Com relação à **saturação por base**, foi constatado efeito significativo entre as épocas do cultivo (tabela 1), cujas diferenças são apresentadas no gráfico 8. Verifica-se uma diminuição da V **após a aplicação do esterco caprino**, de 78,68 para 75,21, seguido de aumento após o cultivo inicial do sorgo, chegando ao valor de 82,71.

Gráfico 8 – Saturação por bases (V%) de um Luvissole tratado com esterco caprino em diferentes épocas do cultivo: antes da aplicação do esterco, três meses após aplicação e após o cultivo inicial de sorgo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Construído com dados da pesquisa.

A saturação por base (V%) é um parâmetro utilizado para separar solos considerados férteis ou eutróficos ($V\% > 50$) de solos de menor fertilidade ou distróficos (Lopes e Guilherme, 2004), comparando aos dados do gráfico 8 todas as épocas de cultivo se apresentaram férteis, com valores acima de 75%. Uma possível explicação para o valor da época de cultivo após o sorgo apresentar-se maior, é que o sistema radicular da cultura ajudou a fixar e manter os nutrientes na camada de cima do solo.

Mattei (2013) discute que, ao aplicar doses crescentes de fertilizantes orgânicos no solo, observa-se um aumento nos valores de saturação por base. Isso ocorre porque os fertilizantes orgânicos liberam cátions, como cálcio, magnésio e potássio, durante sua presença. Essas cátions substituem íons de hidrogênio e alumínio no complexo de troca do solo, o que resulta em um aumento na saturação por bases e, conseqüentemente, melhora a fertilidade do solo e sua capacidade de suportar o crescimento das plantas.

6 CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a aplicação de esterco caprino influencia significativamente os parâmetros de fertilidade do solo. Inicialmente, há uma redução em alguns atributos, como pH, matéria orgânica, cálcio e capacidade de troca de cátions, provavelmente devido à flexibilidade do esterco e à liberação de ácidos orgânicos. No entanto, após a investigação do sorgo, muito desses parâmetros mostram recuperação ou aumento. Isso sugere que a ingestão contínua do esterco caprino e a absorção de nutrientes pelas plantas recomendadas para a melhoria da fertilidade do solo a longo prazo. Este estudo reforça a importância do manejo adequado da matéria orgânica para a sustentabilidade e produtividade agrícola.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida**. Dossiê Nordeste seco, ESTUDOS AVANÇADOS 13 (36), p. 55, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/SJtzrMvDKVPTZ7svpZzFWJM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em:
- AGUIAR, A. A. S. *et al.* Desenvolvimento do milho sob adubação orgânica no município de Corrente-PI. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 90-96, 2012.
- ALVES, F. S. F.; PINHEIRO, R. R. O esterco caprino e ovino como fonte de renda. **Jornal AgroValor**, Fortaleza, v. 2, n. 18, ago. 2007. Seção Artigo, p. 4. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/85867/1/Midia-O-esterco-caprino-e-ovino.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- AMORIM, A. C. **Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes**. 2002, 108 f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / Unesp – Jaboticabal, SP, 2002.
- ANDRADE-LIMA, D de. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.4, p. 149-153, 1981.
- ARAGÃO, A. S. L. de. *et al.* **Valor nutritivo da cunhã submetida a adubação orgânica com esterco de ovinos**. 46º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá, PR, 2009.
- AZEVEDO, M. C. de. **Perdas de fósforo por lixiviação em neossolo regolítico adubado com esterco bovino curtido em condições semiaridas**. 2018. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2018.
- BARBOSA, M. C. **Crescimento inicial de Coffea canephora em solo ácido e arenoso, simulando um sistema organomineral em vaso**. 2021. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira, São Paulo, 2021.
- BATISTA, M. de A; PAIVA, D. W. de; MARCOLINO, A. **Solos para Todos Perguntas e Respostas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014, 87 p.: il. color. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 169).
- BATISTA, F. R. **Fertilidade de diferentes classes de solos sob um gradiente climático da região semiárida**. 2015, 53f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma), Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2015.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para a redelimitação do Semiárido nordestino e do polígono das secas**. Brasília, DF, 2005. 1 CD-ROM

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MA/CONTAP/USAID/BRASIL, 1972. 670p. (Boletim Técnico v. 15; Série Pedologia v.14)

BETTIOL, W.; *et al.* **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília, DF, Embrapa, 2023, 788p.: il. Color. ISBN 978-65-89957-66-9.

CAVALCANTE, F. de S. *et al.* Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. n. 8, 2005.

CERETTA, C. A.; AITA, C. **Manejo e conservação do solo**. Ministério da Educação, 89 p. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/16180/Curso_Agric-Famil-Sustent_Manejo-Conservacao-Solo.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso em: 23 abril 2024.

COSTA, J. R. A. da. **Cultivo de Helianthus tuberosus L. em solo sob degradação do semiárido em função de fontes de adubação orgânicas e minerais**. 2023. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

CUNHA, T. J. F. *et al.* Bioma Catinga – **Luvisolo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/luvisolos>. Acesso em: 18 fev. 2024.

DUARTE, S. L. **A sustentabilidade Agrícola dos solos no assentamento de Lagoa Vermelha, município de Upanema – RN**. 2002. 37 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2002.

FILHO, I. A. P.; FILHO, M. R. de A. **Milho - Rotação de Culturas**. Embrapa Milho e Sorgo, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/rotacao-de-culturas>. Acesso em: 01 de jun. 2024

GIONGO, V. ANGELOTTI, F. **Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas - Experiência brasileira**. Embrapa, cap. 6, p. 93-112, 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/244627/1/Solos-do-semiarido-2022.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2024.

GIULIETTI, A.M.; *et al.* **Flora da Bahia. Sitientibus, Série Ciências Biológicas**. v.6, p.169-173, 2006.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. **Degradação dos Solos no Brasil**. Difel, Rio de Janeiro, 1. ed. 2018. ISBN 978-85-286-2364-2.

HOFFMANN, I.; *et al.* **Famers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria**. Agricultural Ecosystems Environment, v. 86, p.263-275, 2001.

INSA (Instituto Nacional do Semiárido). **Semiárido brasileiro**. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>. Acesso em: 18 fev. 2024.

JACOMINE, P. K. T. **Solos sob caatingas – Características e usos agrícola**. In: ALVARES, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.) O Solo nos grandes domínios morfopluviométricos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS/UFV/DPS, 1996. p. 95-155.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

JUSOH, M.L.C.; MANAF, L.A.; AND LATIFF, P.A. Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. **Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering**, 10:17, 1-9, 2013.

LIMA, J. R. MAGALHÃES, A. R. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. **Parcerias Estratégicas**, 23(46), 191212, jan./jun. 2018.

LEITE, L. F. C. **Matéria orgânica do solo**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2004. 31p.- (Embrapa Meio-Norte. Documentos: 971). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36210/1/Doc97.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2024.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análises de solo: conceitos e aplicação**. 1 ed. São Paulo, ANDA, 2004. 50p (Boletim técnico, 2).

MALAQUIAS, P. J. **Adubação orgânica na fertilidade do solo, trocas gasosas e componentes de produção de meloeiro em neossolo regolítico**. 2016, 105 F. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo), Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2016.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 1979. 256 p.

MELO, R. F.; *et al.* Avaliação do uso de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão caupi em barragem subterrânea. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 4. 1264-1267, 2009.

MENDES, A. K. de S. **Compostagem de serragem com esterco de caprino e os efeitos do composto no sistema solo-planta**. 2019. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Tomé-Açu, 2019.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. da. **Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.3, p.251–257, 2008, Campina Grande, PB. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wTsr9Y6K3HzHkGFTJjHGpCD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 abril 2024.

MESQUITA, E. F. **Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 279-285, 2011.

MOTA, M. R. **Potencialidades da produção de cerveja artesanal sem glúten elaborada com malte de sorgo**. 2022. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroindústria) - Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, 2022.

PEREIRA, R. F. *et al.* Produção de feijão vigna sob adubação orgânica em ambiente semiárido. Agropecuária Científica no Semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.2, p.27-32, 2013. ISSN 1981-8203. Disponível em: [file:///C:/Users/PC-2/Downloads/Dialnet-CrescimentoERendimentoDeFeijaoVignaSubmetidoAAaduba-7397597%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC-2/Downloads/Dialnet-CrescimentoERendimentoDeFeijaoVignaSubmetidoAAaduba-7397597%20(1).pdf). Acesso em: 19 fev. 2024

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 26) ISSN: 1518-4277. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/486642/1/Doc26.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2024.

RICCI, M. S. F. **A Importância da matéria orgânica para o cafeeiro**. [ca. 2010]. Disponível em: http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/mat_org_cafeeiro.html. Acesso em: 20 maio 2024.

ROCHA, M. G. da; BASSOI, L. H.; SILVA, D. J. Atributos do solo, produção da videira ‘Syrah’ irrigada e composição do mosto em função da adubação orgânica e nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 220-229, Jaboticabal – SP, 2015.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010, 26 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8). ISSN 1806-3322.

SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 1, p. 18-48, 2010. Disponível em: [file:///C:/Users/PC-2/Downloads/CAPITULO01PEDROGAMAfinal%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/PC-2/Downloads/CAPITULO01PEDROGAMAfinal%20(2).pdf). Acesso em: 04 abril 2024.

SANTOS, H. G. dos. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. – 5. ed., – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <file:///C:/Users/PC-2/Downloads/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2024.

SEVERINO, L.S.; LIMA, R.L.; BELTRÃO, N.E.M. **Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas**. Campina Grande: Embrapa, 2006. (Comunicado técnico, 27).

SILVA, P. C. G. da. *et al.* **Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos**. SEMIÁRIDO BRASILEIRO: PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO. cap. 1, p. 19 – 48, 2010.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência como Semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. Fortaleza: BNB, 2010.

SILVA, R. M. A. da. *et al.* **Características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no Semiárido brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Edição especial - Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens, v. 55, p. 314-338, dez. 2020.

SILVA, T. O. da. **Adubação orgânica da batata (*Solanum tuberosum* L.) com esterco e/ou *Crotalaria juncea* L. em um neossolo regolítico**. 2004. 47 f Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; NASCIMENTO, J. A. M. do. Liberação de nutrientes de esterco em luvisolo no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, vol. 26, núm. 4, pp. 69-78 Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, 2013.

SOUZA, F. M. de. Crescimento inicial do milho sob doses de esterco caprino e disponibilidade de água no solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, nº 2, p. 241-245, 2017. ISSN 1981-8203. Disponível em: <file:///C:/Users/PC-2/Downloads/Dialnet-CrescimentoInicialDoMilhoSobDosesDeEstercoCaprinoE-7106877.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2024.

SOUZA, R. R. de. *et al.* Qualidade de mudas de mamão produzidas em substrato com esterco caprino e doses de superfosfato simples. **Revista Agrarian**, v.8, n.28, p.139-146, Dourados, 2015. ISSN: 1984-2538. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2713/2400>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

SUDENE, SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO – 2021**. Recife, PE, 2021.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010 26 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8). ISSN 1806-3322. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2024.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2016, 186 p. ISBN 978-85-9489-010-8.

ZANELLA, F. C. V.; MARTINS, C. F. **Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação**. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Ecologia e conservação da Caatinga. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. cap. 2, p. 75-134.

APÊNDICE

Tabela 1: Resultado das análises de variância pelos valores do quadrado médio.

FV	pH		MO		P		Ca		Mg		K		ctc		V%	
Bloco	0,3012	ns	0,2018	ns	25,0000	ns	10,0000	ns	4,0000	ns	0,0001	ns	1,0000	ns	16,0000	ns
Época	0,5894	**	4,0000	***	36,0000	*	54,0000	***	173,0000	***	0,0111	***	116,0000	***	423,0000	***
Erro	0,1077		0,5027		8,0691		3,1300		2,7857		0,0001		1,5715		6,6004	
CV	4,3600		14,8000		112,8800		17,3000		51,7300		24,2100		7,3300		3,2600	
Média	8,0000		5,0000		3,0000		10,0000		3,0000		0,0440		17,0000		79,0000	

FV = fonte de variação; pH = potencial hidrogeniônico; MO = matéria orgânica; P = fósforo disponível; Ca = cálcio trocável; Mg = magnésio trocável; K = potássio trocável; CTC = capacidade de troca de cátions; V% = saturação por bases. Ns = não significativo; *, **, *** = significativo a 5%, 1% e <1%.