



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

SARA VITÓRIA VANDERLEI MOREIRA

INFLUÊNCIA DO GUANO DE MORCEGOS DA FAMÍLIA
MOLOSSIDAE NO CRESCIMENTO DO MILHO (*Zea mays L.*)
CULTIVADO EM VASOS EM CASA DE VEGETAÇÃO

MACAPÁ

2025

SARA VITÓRIA VANDERLEI MOREIRA

**INFLUÊNCIA DO GUANO DE MORCEGOS DA FAMÍLIA
MOLOSSIDAE NO CRESCIMENTO DO MILHO (*Zea mays L.*)
CULTIVADO EM VASOS EM CASA DE VEGETAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Ciências
Ambientais da Universidade Federal
do Amapá, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Dr. Isai Jorge de Castro.

Coorientadora: Prof. M. Elizandra
de Matos Cardoso.

MACAPÁ

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

M838i Moreira, Sara Vitória Vanderlei.

Influência do guano de morcegos da família Molossidae no crescimento do milho (*Zea mays* L.) cultivado em vasos em casa de vegetação / Sara Vitória Vanderlei Moreira. - Macapá, 2025.

1 recurso eletrônico.
32 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais, Macapá, 2025.

Orientador: Dr. Isai Jorge de Castro.

Coorientador: Prof. M. Elizandre de Matos Cardoso.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Ecologia aplicada. 2. Sustentabilidade. 3. Inovação agrícola. I. Castro, Isai Jorge de, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 599.4

MOREIRA, Sara Vitória Vanderlei. **Influência do guano de morcegos da família Molossidae no crescimento do milho (*Zea mays* L.) cultivado em vasos em casa de vegetação.** Orientador: Dr. Isai Jorge de Castro. Coorientador: Prof. M. Elizandre de Matos Cardoso. 2025. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2025.

SARA VITÓRIA VANDERLEI MOREIRA

**INFLUÊNCIA DO GUANO DE MORCEGOS DA FAMÍLIA MOLOSSIDAE NO
CRESCIMENTO DO MILHO (*Zea mays L.*) CULTIVADO EM VASOS EM CASA DE
VEGETAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de
Ciências Ambientais, como requisito
de obtenção ao título de Bacharel
em Ciências Ambientais.

Aprovada em 22 de abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Isai Jorge De Castro (Orientador)

Instituto De Pesquisas Científicas E Tecnológicas Do Estado Do Amapá – IEPA

Prof. Msc. Elizandra De Matos Cardoso (Coorientadora)

Universidade Federal Do Amapá – UNIFAP

Prof. Dr. Arialdo Martins Da Silveira Júnior

Universidade Federal Do Amapá - UNIFAP

Dr. Alexandre Luis Jordão

Instituto De Pesquisas Científicas E Tecnológicas Do Estado Do Amapá – IEPA

MACAPÁ – AP

2025

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, a minha família pelo apoio, o companheirismo e o cuidado diário. Sem esse amor e zelo compartilhado eu não teria forças para sonhar e prosseguir com os meus objetivos acadêmicos e pessoais. Agradeço aos meus pais, por sempre acreditarem no meu potencial mesmo nos momentos que eu não conseguia me enxergar estudando direito. A atenção, carinho e palavras de afirmação foram e são essenciais para o meu desenvolvimento profissional.

Agradeço ao meu orientador, por conduzir, ensinar e orientar este projeto e me auxiliar nas minhas dificuldades como aluna principiante no mundo da pesquisa científica. Agradeço por acreditar no potencial desse estudo e sempre me incentivar a melhorar como acadêmica.

Agradeço à minha coorientadora, pelas suas contribuições, conselhos, e principalmente, por aceitar fazer parte dessa trajetória.

Agradeço em especial, ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, pela oportunidade de aprender, pelo investimento na pesquisa e pela chance de trabalhar com a equipe maravilhosa do Laboratório de Mastozoologia do Instituto.

Agradeço ao National Geographic, pelo investimento no projeto de pesquisa.

Agradeço a professora Cláudia Silva, do Laboratório de Mastozoologia, por suas orientações, conselhos e críticas construtivas.

Agradeço ao Dr. Alexandre Jordão, do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, por suas sugestões, conselhos e apoio durante todo esse processo.

Agradeço aos meus amigos, por sempre me escutarem falando do meu projeto até mesmo naqueles momentos inoportunos. Agradeço, principalmente, ao meu amigo Eduardo por sempre me incentivar e compartilhar todos esses momentos especiais na minha vida desde 2019.

Agradeço a todos que me ajudaram de forma direta e indireta para a realização e a conclusão dessa etapa.

INFLUÊNCIA DO GUANO DE MORCEGOS DA FAMÍLIA MOLOSSIDAE NO CRESCIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L.) CULTIVADO EM VASOS EM CASA DE VEGETAÇÃO

Autora: Sara Vitória Vanderlei Moreira

Orientador: Dr. Isai Jorge de Castro.

Coorientadora: Prof. M. Elizandra de Matos Cardoso.

Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais

Macapá, 10 de abril de 2025

RESUMO

O guano de morcego, um excremento fecal parcialmente decomposto, destaca-se como fertilizante orgânico eficaz na adubação agrícola, sendo uma alternativa viável aos fertilizantes minerais, cujo uso excessivo pode causar impactos ambientais, como a contaminação do solo e dos recursos hídricos. No estado do Amapá, morcegos da família Molossidae, que habitam forros de residências, mostraram-se uma fonte promissora desse insumo. Nesse contexto, este estudo avaliou o efeito do guano no crescimento do milho (*Zea mays*), com foco na agricultura familiar, visando oferecer uma alternativa ambientalmente sustentável. O guano foi coletado em residências de Macapá e Porto Grande, submetido à decomposição por 60 dias e aplicado em cinco tratamentos experimentais: T1 (solo sem adubação), T2 (solo + NPK 04-14-08), T3 (solo + 10% de guano), T4 (solo + 30% de guano) e T5 (solo + 50% de guano). As unidades experimentais consistiram em baldes cilíndricos de 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro, dispostos em um delineamento inteiramente casualizado. As medições foram realizadas a cada 10 dias, totalizando cinco coletas. Os dados foram analisados utilizando a Análise de Variância ANOVA e teste *a posteriori* de Dunnett. Os resultados demonstraram que o guano de morcegos da família Molossidae foi eficaz como fertilizante para o crescimento do milho, especialmente na concentração de 10%, promovendo maior altura, diâmetro do caule e comprimento das folhas. Comparado ao fertilizante mineral (NPK 04-14-08), o guano mostrou-se uma alternativa sustentável e promissora, oferecendo nutrientes essenciais e melhorando as características do solo, como porosidade e retenção de água.

Palavras-chave: Ecologia aplicada. Sustentabilidade. Inovação agrícola.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

N: Nitrogênio

P: Fósforo

K: Potássio

C: Carbono

Ca: Cálcio

Mg: Magnésio

Al: Alumínio

Fe: Ferro

S: Enxofre

IEPA: Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado Do Amapá

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

AP: Amapá

pH: Potencial Hidrogeniônico

MO: Matéria Orgânica

CTC: Capacidade de Troca Catiônica

T1: Solo testemunho, sem adubação (terra de savana)

T2: Solo testemunho e NPK Mineral (04-14-08)

T3: Solo testemunho e 10% de guano

T4: Solo testemunho e 30% de guano

T5: Solo testemunho e 50% de guano

NPK: Nitrogênio, Fósforo e Potássio (fertilizante mineral)

ANOVA: Análise de Variância

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** — Registros feitos durante a coleta de guano. A imagem (A) mostra o Centro Comunitário do Curiaú - AP. A imagem (B) mostra a coleta do guano na localidade. 15
- Figura 2** — Processo da decomposição do guano. A imagem (A) registra a separação do guano para decompôr. A imagem (B) registra os vasos preparados para o procedimento de 60 dias. 16
- Figura 3** — Caracterização do perfil do solo. A imagem (A) ilustra as camadas do solo e as camadas retiradas no trabalho desse experimento. A imagem (B) mostra o registro feito durante a coleta do sono na savana da Universidade Federal do Amapá. 16
- Figura 4** — Vasos posicionados na casa de vegetação. A imagem (A) mostra o tamanho dos vasos utilizados, possuindo profundidade de 1L. A imagem (B) mostra os vasos posicionados para o início do processo inicial do experimento. 18
- Figura 5** — Registro feito durante a manutenção diária das plantas. 19
- Figura 6** — Box plot com as medidas da altura das plantas em relação aos tratamentos. 22
- Figura 7** — Box plot com as medidas do comprimento das folhas em relação aos tratamentos. 23
- Figura 8** — Box plot com as medidas do diâmetro do caule das plantas em relação aos tratamentos. 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Parâmetros físicos e químicos do solo coletado	22
Tabela 2 — Procedimentos para o processamento dos dados coletados	22
Tabela 3 — Análise química do solo do tratamento testemunho (T1).	23
Tabela 4 — Análise da textura e fertilidade do tratamento testemunho (T1).	23
Tabela 5 — Análise química do tratamento 2 (solo de savana e NPK Mineral 04-14-18) e o tratamento 3 (solo de savana e 10% de guano). Onde (59) representa os resultados do T2 e o (60) representa os resultados do T3.	24
Tabela 6 — Análise de textura e fertilidade do tratamento 2 (tratamento testemunho e NPK Mineral 04-14-18) e o tratamento 3 (tratamento testemunho e 10% de guano).	26
Tabela 8 — Aplicação do teste de Dunnett em relação aos resultados referente ao diâmetro do caule.	26
Tabela 9 — Resultado do teste de Dunnett em relação ao comprimento da folha	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1 A ORDEM CHIROPTERA	9
1.1.1 Características gerais	9
1.1.2 Família Molossidae	10
1.1.3 Papel ecológico	10
1.2 GUANO DE MORCEGO	11
1.2.1 Guano de morcego e suas diferenças	11
1.2.2 Benefícios do guano de morcego ao solo	12
1.3 CENÁRIO DO ESTADO DO AMAPÁ	13
2 PROBLEMA	15
3 HIPÓTESES	15
4 OBJETIVOS	16
4.1 OBJETIVO GERAL	16
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
5 MATERIAL E MÉTODOS	17
5.1 COLETA E AMOSTRAGEM DO GUANO	17
5.2 TRATAMENTO DO GUANO PARA O EXPERIMENTO	18
5.3 COLETA DO SOLO	18
5.4 ANÁLISE DO SOLO	19
5.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	20
5.6 VARIÁVEIS AVALIADAS	21
5.7 ANÁLISE DE DADOS	22
6 RESULTADOS	23
6.1 ANÁLISE DO SOLO	23
6.2 ALTURA DA PLANTA	25
6.3 DIÂMETRO DO CAULE	25
6.4 COMPRIMENTO DA FOLHA	26
7 DISCUSSÃO	28
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

1 A ORDEM CHIROPTERA

1.1.1 Características gerais

A ordem Chiroptera é composta pelos morcegos, que são os únicos mamíferos a apresentar estruturas especializadas que permitem um voo verdadeiro (Fenton; Kunz, 1997). Atualmente, existem 21 famílias e 237 gêneros, com cerca de 1.487 espécies, representando cerca de 20% das espécies de mamíferos conhecidas (Mammal Diversity Database, 2025; Simmons e Cirranello, 2025), distribuídas nos mais diversificados biomas e em todos os continentes, exceto nas regiões polares e algumas ilhas oceânicas isoladas (Fenton e Simmons, 2014).

Historicamente, os morcegos foram divididos em duas subordens: Megachiroptera e Microchiroptera (Koopman, 1993). A Microchiroptera era a subordem que englobava os morcegos com a habilidade de eco localizar, utilizando a laringe. A segunda subordem, Megachiroptera, era composta por morcegos que não possuíam essa capacidade, representados pelas raposas voadoras, que podem medir até 2 m de envergadura e pesar mais de 1,5 kg (Nowak, 1994). No entanto, estudos moleculares mais recentes demonstraram que essa classificação não reflete corretamente a filogenia do grupo, e atualmente, os quirópteros são classificados nas subordens Yangochiroptera (que inclui Megachiroptera e mais algumas famílias, como Rhinopomatidae, Rhinolophidae, Hipposideridae, Rhinonycteridae e Craseonycteridae, que estavam incluídas em Microchiroptera) e Yinpterochiroptera (demais famílias de Microchiroptera) (Teeling *et al.*, 2005). Essa nova classificação é amplamente aceita por representar de forma mais precisa as relações evolutivas entre os morcegos, destacando os avanços científicos que aprimoram o entendimento sobre esse grupo.

No Brasil, são encontradas 186 espécies, distribuídas em nove famílias: Emballonuridae (17 espécies), Phyllostomidae (95 espécies), Furipteridae (uma espécie), Molossidae (32 espécies), Mormoopidae (quatro espécies), Natalidade (uma espécie), Noctilionidae (duas espécies), Thyropteridae (cinco espécies) e Vespertilionidae (28 espécies) (Garbino *et al.*, 2024). Na Amazônia brasileira são encontradas nove famílias, com aproximadamente 150 espécies (Bernard *et al.*, 2011). No Amapá, os inventários realizados já documentaram 86 espécies de oito famílias (Emballonuridae, Phyllostomidae, Furipteridae, Molossidae, Mormoopidae, Noctilionidae, Thyropteridae) (Martins *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2013).

1.1.2 Família Molossidae

Os morcegos pertencentes à família Molossidae são insetívoros aéreos e habitam regiões tropicais e temperadas da África, América, Ásia, Europa e Oceania (Simmons, 2005). A família Molossidae destaca-se por ser a segunda mais diversa no Brasil, com presença de oito gêneros e 32 espécies (Garbino *et al.*, 2024). No Amapá, é a terceira família com maior número de espécies registradas (Silva *et al.*, 2013).

Morcegos desta família apresentam características distintas, como uma cauda projetada além da membrana interfemural e glândulas odoríferas que liberam fortes odores, além de possuírem coloração variada, focinho largo e dimorfismo sexual, com os machos sendo geralmente maiores que as fêmeas. São espécies que se adaptaram ao ambiente urbano, abrigando-se em forros de residências, o que, na maioria das vezes, gera conflitos. Esses morcegos se alimentam de insetos e são altamente sociáveis (Mendes, 2017).

No estado do Amapá, os morcegos molossídeos são potenciais fornecedores de guano devido aos seus hábitos de abrigo e comportamento social. Essas espécies possuem forte tendência a formar colônias numerosas, frequentemente com mais de 100 indivíduos (Silva *et al.*, 2012), e escolhem locais protegidos e secos, como forros de residências, para se abrigarem, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Essa proximidade com ambientes antropizados facilita o acesso e a coleta do guano acumulado, que resulta da atividade contínua de defecação das colônias. Além disso, por se alimentarem majoritariamente de insetos, o guano produzido é rico em nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, o que o torna um insumo valioso para a adubação agrícola. Desse modo, o substrato produzido por essas colônias pode ser aproveitado como fertilizante orgânico no cultivo de milho e, de modo geral, na agricultura familiar no Amapá.

1.1.3 Papel ecológico

Os morcegos interagem com uma grande quantidade de organismos e desempenham papéis cruciais na manutenção dos ecossistemas, especialmente em regiões tropicais. Com os vegetais, eles mantêm relações ecológicas, pois, ao ingerirem e conduzirem sementes, atuam como dispersores, contribuindo para a manutenção das áreas florestadas e na sucessão de comunidades vegetais que foram degradadas. Eles são responsáveis pela polinização de mais de 500 espécies de plantas, processos essenciais para a regeneração natural das florestas. Além disso, atuam na supressão de artrópodes, incluindo muitas pragas agrícolas e vetores de doenças (Kunz *et al.*, 2011; Williams-Guillen *et al.*, 2008) e como bioindicadores (Jones *et al.*, 2009).

1.2 GUANO DE MORCEGO

O guano de morcego, que é o excremento fecal parcialmente decomposto desses animais, é um excelente fertilizante para a adubação de plantas na agricultura. Ele tem o potencial de substituir certos produtos químicos utilizados na produção agrícola, os quais são, muitas vezes, caros e de difícil acesso para pequenos agricultores (Dimande; Arrobas; Rodrigues, 2023).

Esse substrato é altamente valorizado na fertilização de plantas devido à sua rica composição química. Ele possui altos níveis de matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo (na forma de fosfato), potássio (K), carbono (C), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), ferro (Fe) e enxofre (S), que auxiliam no controle do pH do solo (Rahman *et al.*, 2023). Uma vez que o guano de morcego, devido à presença de elementos como cálcio e magnésio, atua como um tamponante natural, ajudam a neutralizar solos excessivamente ácidos, que podem prejudicar o crescimento das plantas (Reis, 2018).

Ademais, o guano contém microrganismos de várias famílias bacterianas, como Enterococcaceae e Bacillaceae, que ajudam na absorção de nutrientes pelas plantas, eliminam toxinas do solo e controlam fungos e nematoides, evitando doenças nas plantas (Rahman *et al.*, 2023).

1.2.1 Guano de morcego e suas diferenças

A dieta dos morcegos, que inclui frutas, néctar e insetos, pode resultar em guanos com composições variadas, afetando a eficácia de seus benefícios no solo (Sakoui *et al.*, 2022). Isso destaca a importância de se considerar a origem e a composição do guano ao utilizá-lo como fertilizante, a fim de otimizar seus benefícios para a saúde do solo e das plantas (Alves, 2022).

O guano de morcegos hematófagos (*Desmodus rotundus*) apresenta características distintas em comparação com o guano de morcegos frugívoros e insetívoros. Ele contém níveis mais elevados de carbono, mas é relativamente mais baixo em fósforo. Além disso, apresenta relações de nitrogênio para fósforo (N: P) e de carbono para fósforo (C: P) mais altas do que os guanos das outras duas espécies (Emerson e Roark, 2007).

Em contraste, o guano de morcegos frugívoros apresenta relação C/N mais alta e variável em comparação ao de morcegos insetívoros, devido à baixa concentração de nitrogênio nas frutas. A relação C/N corresponde à proporção entre carbono e nitrogênio em uma amostra e é usada para indicar a qualidade do material orgânico e sua origem dietética. Valores altos, como os encontrados no guano frugívoro, sugerem dietas baseadas em vegetais,

enquanto valores mais baixos indicam maior consumo de proteína, como insetos (Gallant *et al.*, 2021).

Em relação ao guano de morcegos insetívoros, ele é mais rico em nitrogênio do que o de morcegos frugívoros e hematófagos, havendo diferenças substanciais em outros elementos também (Ferreira e Martins, 1999). Esse substrato é altamente valorizado na agricultura em regiões como Sudeste Asiático, África e América Central e geralmente provém de morcegos insetívoros que habitam cavernas (Ramízes-Fráncel *et al.*, 2022).

O guano de morcego produzido no Amapá apresenta um diferencial importante para a produção de milho nas áreas de savana do estado. Proveniente principalmente de morcegos insetívoros que habitam forros de residências urbanas e rurais, esse material é naturalmente rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, elementos essenciais para o desenvolvimento saudável das plantas.

1.2.2 Benefícios do guano de morcego ao solo

O guano de morcego possui propriedades que auxiliam no combate à perda de fertilidade do solo e a diversas doenças que afetam as culturas agrícolas (Sakoui *et al.*, 2022). O enfraquecimento do solo refere-se à perda da capacidade do solo de sustentar a vida das plantas devido à diminuição da matéria orgânica, da biodiversidade microbiana e da capacidade de retenção de água, que pode ocorrer com o uso excessivo de fertilizantes químicos e pesticidas (Alves, 2022).

O guano de morcego ajuda a reverter esse processo, uma vez que sua aplicação pode restaurar a estrutura do solo, aumentar a biodiversidade microbiana e melhorar a retenção de umidade (Simon; Vooja; Khannam, 2024). Nesse sentido, o guano também pode combater doenças causadas por agentes patogênicos presentes no solo, como *Fusarium* e *Phytophthora*, que são responsáveis por infecções fúngicas em várias culturas (Sakoui *et al.*, 2022).

Esses fungos frequentemente se proliferam em solos empobrecidos ou contaminados com agrotóxicos, afetando a saúde das plantas e diminuindo a produtividade agrícola. O guano de morcego, por sua vez, tem propriedades antifúngicas naturais que ajudam a controlar o crescimento desses patógenos, promovendo a saúde do solo e das plantas (Simon; Vooja; Khannam, 2024).

Outro benefício importante do guano de morcego é sua capacidade de reduzir a toxicidade dos solos, que pode ser resultante de acúmulos de substâncias químicas, como os pesticidas. Essas substâncias interferem na microbiota do solo, prejudicando os organismos benéficos e alterando o equilíbrio ecológico, o que leva ao enfraquecimento da capacidade do

solo de fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas (Shetty *et al.*, 2013).

O guano, devido ao seu conteúdo de compostos orgânicos e minerais, contribui para a eliminação de toxinas no solo, ajudando a restabelecer um ambiente saudável para o crescimento das culturas (Kunz *et al.*, 2011). As propriedades do guano variam conforme a dieta dos morcegos, uma vez que os nutrientes presentes no guano são diretamente influenciados pelos alimentos consumidos pelos animais (Do Carmo Graça; Da-Silva, 2019)

1.3 CENÁRIO DO ESTADO DO AMAPÁ

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2019), a área da savana no estado do Amapá apresenta grande potencial para o desenvolvimento da produção de milho, em virtude de características específicas da região, como o clima e a composição do solo. A savana amazônica, com seu clima tropical sazonal e solos ácidos ricos em nutrientes essenciais, oferece um ambiente naturalmente favorável ao cultivo de grãos, como o milho (*Zea mays*).

Nos últimos anos, tanto grandes quanto pequenos agricultores têm recebido incentivos para o cultivo do milho nas regiões de savana do Amapá. Como resultado, essa cultura tem se destacado e atualmente ocupa a segunda posição entre as maiores produções de grãos no estado, com um crescimento de 86% entre os anos de 2021 e 2022 (Portal Governo do Amapá, 2023).

Esse tipo de adubação potencializa o desenvolvimento morfológico das plantas, melhorando características como o comprimento do caule, a formação das raízes e a produtividade geral. Assim, a combinação entre um ambiente propício e um manejo adequado favorece o bom desempenho das culturas agrícolas (Assad *et al.*, 2020).

A produção de milho no Brasil possui grande relevância econômica, pois atende tanto ao consumo humano quanto à demanda da indústria agropecuária e da produção de biocombustíveis. Além disso, representa um dos principais produtos de exportação do país (Maciel; Tunes, 2021).

Nesse contexto, o programa “Amapá Mais Produtivo”, lançado em 2024, tem se destacado ao incentivar seis cadeias produtivas prioritárias — entre elas, mandioca, milho, hortaliças e feijão. A iniciativa, promovida pelo governo do estado, visa à diversificação da produção agrícola e ao fomento da inovação tecnológica, sendo fundamental para garantir a segurança alimentar e ampliar a geração de renda no meio rural.

Dessa forma, promove-se o desenvolvimento sustentável da região (Portal Governo do Amapá, 2024). Considerando que a produção agrícola no Amapá se estende por áreas sensíveis como as savanas, torna-se indispensável priorizar a agricultura familiar como estratégia para o desenvolvimento sustentável. É fundamental que as práticas agrícolas respeitem a biodiversidade local e contribuam para a conservação dos recursos naturais (Hilário *et al.*, 2017).

2 PROBLEMA

Qual o impacto da utilização do guano de morcego da família Molossidae como substrato, em comparação ao uso de um fertilizante convencional?

3 HIPÓTESES

A hipótese nula (H_0) sugere que a aplicação do guano de morcego da família Molossidae não apresenta efeito significativo no crescimento do milho, quando comparado ao uso do fertilizante NPK Mineral (04-14-08) no estado do Amapá.

A hipótese alternativa (H_1) propõe que o guano de morcego exerce um efeito positivo e significativo no crescimento do milho, podendo até demonstrar superioridade ou equivalência em relação ao fertilizante mineral convencional.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do guano de morcego da família Molossidae sobre o crescimento do milho (*Zea mays*), investigando seu potencial como fertilizante orgânico alternativo para a agricultura local no Amapá.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar as alterações nas propriedades físicas do solo após a aplicação do guano de morcego;
2. Descrever as alterações nas propriedades químicas do solo após a aplicação do guano de morcego;
3. Investigar aspectos do desenvolvimento do milho, como altura das plantas, diâmetro do caule e comprimento das folhas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido entre os meses de janeiro e novembro de 2024, em uma casa de vegetação, no Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA) - Rodovia Josmar Pinto Chaves, KM-10 – Fazendinha em Macapá, no qual, foi abrangido tanto a parte técnica e experimental da pesquisa científica, quanto a parte teórica e bibliográfica.

5.1 COLETA E AMOSTRAGEM DO GUANO

O guano de morcegos da família Molossidae foi coletado em três localidades no estado do Amapá: (1) Centro Comunitário do Curiaú, em Macapá; (2) forro de uma residência no bairro Muruci, também em Macapá; e (3) forro de uma residência na área urbana do município de Porto Grande. Esses locais foram selecionados com base na presença confirmada de colônias de morcegos.

Durante a coleta, foram utilizados equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados, como luvas de látex e máscaras com filtro PFF2 ou N95, garantindo a segurança dos envolvidos. A remoção do guano foi realizada com o auxílio de pás pequenas e espátulas, utilizadas para retirar o material do chão nas áreas de acúmulo sob as colônias de morcegos.

Após a coleta, o guano foi acondicionado em recipientes apropriados, como sacos plásticos resistentes e baldes, visando à preservação do material e à prevenção de contaminações. Em seguida, foi transportado até o Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA), onde foi armazenado na área externa do laboratório, em ambiente ventilado e protegido.

O material permaneceu em decomposição por um período de 60 dias, conforme recomendado em práticas de compostagem e preparação de fertilizantes orgânicos, como descrito por Mutumba, Ginhas e Mateus (2020). Durante esse período, o guano foi mantido em temperatura ambiente estável e acondicionado em sacos plásticos. O objetivo desse processo foi promover a degradação da matéria orgânica e a redução da carga microbiana, tornando o material mais estável e seguro para uso agrícola. Desse modo, o guano permaneceu em repouso, o que possibilitou a decomposição natural do material.

Esse procedimento de decomposição visa assegurar que o guano possa ser aplicado ao solo sem oferecer riscos ao meio ambiente ou às culturas agrícolas, favorecendo seu uso como fertilizante orgânico em condições controladas.

Figura 1 — Registros feitos durante a coleta de guano no centro Comunitário do Curiaú – AP.



Fonte: Autora (2025).

5.2 TRATAMENTO DO GUANO PARA O EXPERIMENTO

Após a coleta, o guano foi armazenado e identificado no Laboratório de Mastozoologia do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA), onde deu início ao processo de decomposição.

Figura 2 — Processo da decomposição do guano. A imagem (A) registra a separação do guano para decompor. A imagem (B) registra os vasos preparados para o procedimento de 60 dias.



Fonte: Autora (2025).

5.3 COLETA DO SOLO

O solo utilizado no experimento foi coletado em uma área da Universidade Federal do Amapá – Campus Marco Zero, localizada em uma região de savana. Para realizar a coleta, foram usados uma enxada, uma pá e um saco com capacidade para 30 quilos. Inicialmente, foi removida a camada superficial do solo, que contém matéria orgânica como restos de plantas e animais. Após essa remoção, o solo foi coletado das camadas mais profundas, correspondentes aos horizontes A e B, que são as camadas férteis e adequadas para o desenvolvimento do experimento.

Figura 3 — Caracterização do perfil do solo. A imagem (A) ilustra as camadas do solo e as camadas retiradas no trabalho desse experimento. A imagem (B) mostra o registro feito durante a coleta do sono na savana da Universidade Federal do Amapá.



Fonte: Autora (2025).

5.4 ANÁLISE DO SOLO

A análise do solo foi realizada na EMBRAPA, em Macapá (AP), contemplando a avaliação da fertilidade e da textura. Inicialmente, a análise foi feita no solo testemunho, antes da aplicação dos tratamentos experimentais. Em seguida, foram realizadas novas análises após a aplicação dos tratamentos com NPK e com 10% de guano. Na análise de fertilidade, foram verificados os níveis de nutrientes essenciais, pH, matéria orgânica e a capacidade de troca catiônica (CTC). A análise de textura determinou a proporção de areia, silte e argila, possibilitando a classificação do tipo de solo. Esses dados foram fundamentais para compreender as alterações nas propriedades físicas e químicas do solo ao longo do experimento, orientando a continuidade da pesquisa.

Apesar do experimento contar com cinco tratamentos, a análise do solo foi realizada apenas em três deles, devido a limitações técnicas e operacionais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Os tratamentos analisados foram: T1 (tratamento testemunho, sem adubação), T2 (tratamento testemunho e NPK 04-14-08) e T3 (tratamento testemunho e 10% de guano de morcego).

O tratamento T1 foi escolhido por representar o solo de savana sem qualquer tipo de adubação, servindo, portanto, como referência de solo não modificado. O T2, por sua vez, corresponde ao tratamento com adubação convencional, utilizando fertilizante mineral, permitindo uma comparação direta com o tratamento orgânico T3. Este último, composto por 10% de guano, apresentou os resultados mais promissores em relação à melhoria das características do solo. Já os tratamentos T4 (testemunha e 30% de guano) e T5 (testemunha e 50% de guano) não foram analisados devido a restrições institucionais enfrentadas pela EMBRAPA durante o período da pesquisa.

Tabela 1 — Parâmetros físicos e químicos do solo coletado

Análise	Parâmetros Avaliados
Fertilidade	Nutrientes (N, P, K, Ca, Mg), pH, Matéria Orgânica, Capacidade de Troca de Cátions (CTC)
Textura	Proporção de Areia, Silte, Argila; Classificação do Tipo de Solo

Fonte: Autoria própria (2025).

5.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação, utilizando baldes com 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os seguintes tratamentos: T1 (solo de savana, sem adubação – testemunho); T2 (solo de savana e adubação mineral NPK 04-14-18); T3 (solo de savana e 10% de guano); T4 (solo de savana e 30% de guano); e T5 (solo de savana e 50% de guano). O tratamento T1, composto apenas pelo solo de savana sem qualquer adição de fertilizantes ou aditivos, foi utilizado como grupo controle, servindo de referência para a avaliação dos efeitos dos demais tratamentos.

Em cada balde, foram plantadas dez sementes de milho (*Zea mays*), e, após a germinação, foram selecionadas três plantas por unidade experimental para a realização das medições. As demais plântulas germinadas foram eliminadas, garantindo a uniformidade dos dados coletados.

Figura 4 — Vasos posicionados na casa de vegetação. A imagem (A) mostra o tamanho dos vasos utilizados, possuindo profundidade de 1L. A imagem (B) mostra os vasos posicionados para o início do processo inicial do experimento.



Fonte: Autoria própria (2025).

Quadro 2 — Distribuição dos tratamentos usados na casa de vegetação, no qual, os tratamentos estão agrupados de forma aleatória seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado.

T5 (solo de savana e 50% de guano)	T4 (solo de savana e 30% de guano)	T3 (solo de savana e 10% de guano)	T2 (solo de savana e NPK Mineral 14-14-14)	T1 (solo de savana sem adubação)
T4 (solo de savana e 30% de guano)	T3 (solo de savana e 10% de guano)	T2 (solo de savana e NPK mineral 14-14-14)	T1 (solo de savana sem adubação)	T5 (solo de savana e 50% de guano)
T3 (solo de savana e 10% de guano)	T2 (solo de savana e NPK Mineral 14-14-14)	T1 (solo de savana sem adubação)	T5 (solo de savana e 50% de guano)	T4 (solo de savana e 10% de guano)
T2 (solo de savana e NPK Mineral 14-14-14)	T1 (solo de savana sem adubação)	T5 (solo de savana e 50% de guano)	T4 (solo de savana e 30% de guano)	T3 (solo de savana e 10% de guano)

Fonte: Autoria própria (2025).

5.6 VARIÁVEIS AVALIADAS

O experimento foi conduzido ao longo de 50 dias, no qual foi possível observar o desenvolvimento das plantas desde a germinação até a fase vegetativa inicial. Durante esse tempo, foram analisados os efeitos do guano de morcego no desenvolvimento das plantas. Os 50 dias permitiram a observação de marcos importantes no crescimento do milho, como a formação das primeiras folhas e o aumento do tamanho do caule. Esse período de 50 dias seguiu a metodologia empregada no trabalho de Mutumba, Ginhas e Mateus (2020), que também utilizou esse intervalo de tempo para avaliar o impacto de diferentes fertilizantes no crescimento do milho.

As variáveis escolhidas para a avaliação, incluindo altura da planta, diâmetro do caule e comprimento da folha, foram selecionadas por sua relevância para medir o desenvolvimento físico do milho. A altura da planta foi usada como um indicador direto do crescimento vertical, enquanto o diâmetro do caule refletiu a robustez e a saúde geral da planta. O comprimento das folhas apresentou uma possível relação com a capacidade fotossintética da planta, sugerindo que folhas mais longas podem favorecer maior eficiência na captura de luz. Esses parâmetros foram avaliados a cada 10 dias, o que permitiu um acompanhamento contínuo e detalhado das mudanças no desenvolvimento do milho ao longo do experimento.

Figura 5 — Registro feito durante a manutenção diária das plantas.



Fonte: Autoria própria (2025).

5.7 ANÁLISE DE DADOS

Inicialmente os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias, utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. A comparação dos tratamentos foi realizada por meio de ANOVA, e após a análise de dados, foi aplicado o teste de Dunnett para comparar os tratamentos em relação ao grupo controle. As análises foram conduzidas no software R

Tabela 2 — Procedimentos para o processamento dos dados coletados

Etapa da Análise	Método/Procedimento	Ferramenta
Teste de Normalidade e Homogeneidade 1	Teste de Shapiro-Wilk; Teste de Levene.	R (<i>base</i>)
Análise de Variância	ANOVA	R (pacote <i>vegan</i>)
Teste Posteriori	Teste de Dunnett	R (pacote <i>ggpubr</i>)

Fonte: Autoria própria (2025).

6 RESULTADOS

6.1 ANÁLISE DO SOLO

O solo do Tratamento 1(solo de savana, sem adubação) apresentou pH de 7,6, caracterizando-o como ligeiramente alcalino. A matéria orgânica foi de 210,33 g/kg, e os teores de fósforo (P) e potássio (K⁺) foram de 173 mg/dm³ e 3,45 cmolc/dm³ respectivamente. A soma de bases (SB) foi de 6,6 cmolc/dm³, e a capacidade de troca catiônica (CTC) foi de 9,1 cmolc/dm³, indicando boa fertilidade. A saturação por bases (V) foi de 73%, e não foi observada presença de alumínio tóxico (Al³⁺ 0,0 cmolc/dm³). Contudo, o pH elevado pode reduzir a disponibilidade de nutrientes como ferro e manganês. Este solo serve como base para os tratamentos subsequentes, que incluem a aplicação de NPK Mineral (04-14-18) e guano de morcego.

Tabela 3 — Análise química do solo do tratamento testemunho (T1).

Prot.	pH	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC (pH7)	V	m
	H ₂ O	g/Kg	mg/dm ³	cmolc/dm ³							%	
196	7,6	210,33	173	3,45	3,1	2,8	0,0	2,5	6,6	9,1	73	0

Fonte: Autoria própria (2025).

O resultado da avaliação da textura do solo do T1(solo de savana, sem adubação), revelou que ele é classificado como franco-siltoso, com predominância de silte (631,90 g/kg). O teor de argila foi moderado, com 132,10 g/kg, enquanto a areia grossa representou 192,50 g/kg e a areia fina foi de 41,50 g/kg, indicando uma boa quantidade de partículas mais grossas, que ajudam na aeração.

Tabela 4 — Análise da textura e fertilidade do tratamento testemunho (T1).

Prot.	argila	areia grossa	areia fina	silte	Classificação Textural
	g/kg				SBCS
196	132,10	194,50	41,50	631,90	Franco-siltosa

Fonte: Autoria própria (2025).

O tratamento com NPK Mineral (04-14-18) resultou em um aumento nos teores de alguns nutrientes essenciais no solo. O fósforo atingiu 181 mg/dm³, e o potássio, embora ainda baixo, apresentou um leve incremento (Tabela 4). O cálcio foi de 2,1 cmolc/dm³, valor inferior ao observado no tratamento T1 (terra da Savana; sem adubação), que apresentou teores mais elevados desse nutriente. A acidez trocável (H⁺+Al) e a saturação por alumínio permaneceram em níveis baixos. No entanto, o solo ainda apresenta desafios relacionados ao

pH e aos baixos teores de matéria orgânica, além de não terem sido observados aumentos na soma de bases (SB) e na capacidade de troca catiônica (CTC).

O tratamento 3 (solo de savana e 10% de guano) resultou em melhorias consideráveis nos parâmetros de fertilidade do solo. O fósforo aumentou para 283 mg/dm³. A matéria orgânica aumentou para 16,03 g/kg, contribuindo para a melhoria da estrutura do solo e a retenção de nutrientes. A saturação por bases aumentou para 52%, o que significa que uma maior proporção da capacidade de troca catiônica foi ocupada por nutrientes, melhorando a fertilidade do solo. A acidez trocável e o alumínio não apresentaram mudanças significativas (**Tabela 5**).

Tabela 5 — Análise química do tratamento 2 (solo de savana e NPK Mineral 04-14-18) e o tratamento 3 (solo de savana e 10% de guano). Onde (59) representa os resultados do T2 e o (60) representa os resultados do T3.

Prot.	pH	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC (pH7)	V	m
	H ₂ O	g/Kg	mg/dm ³	cmol _c /dm ³							%	
59	4,8	14,14	181	0,16	2,5	2,1	0,1	3,4	2,7	6,1	44	4
60	4,2	16,03	283	0,16	3,0	2,6	0,1	3,0	3,2	6,2	52	3

Fonte: Autoria própria (2025).

No tratamento 2, referente ao solo testemunho com adição de NPK mineral (04-14-18), os resultados da análise granulométrica indicaram uma composição de 302 g/kg de argila, 288 g/kg de areia grossa, 313 g/kg de areia fina e 97 g/kg de silte. Esses valores resultaram em uma classificação textural franco-argiloarenosa, caracterizando um solo com equilíbrio entre frações finas e grossas (**Tabela 6**).

No tratamento 3, que consistiu na adição de 10% de guano ao solo testemunho, observou-se uma redução nos teores de argila (250 g/kg) e silte (61 g/kg), acompanhada de um aumento na fração de areia grossa (392 g/kg) e uma leve variação na areia fina (297 g/kg). Apesar dessas alterações, a classificação textural manteve-se como franco-argiloarenosa. O aumento da fração arenosa sugere que a adição de guano pode estar influenciando a porosidade e a aeração do solo, favorecendo a drenagem e reduzindo a compactação.

Tabela 6 — Análise de textura e fertilidade do tratamento 2 (tratamento testemunho e NPK Mineral 04-14-18) e o tratamento 3 (tratamento testemunho e 10% de guano).

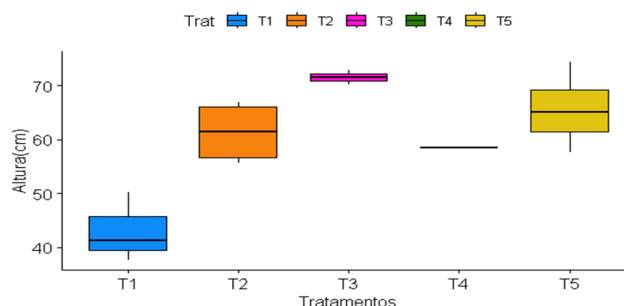
Prot.	argila	areia grossa	areia fina	silte	Classificação Textural
	g/kg				SBCS
59	302,00	288,00	313,00	97,00	Franco-argiloarenosa
60	250,00	392,00	297,00	61,00	Franco-argiloarenosa

Fonte: Autoria própria (2025).

6.2 ALTURA DA PLANTA

No que se refere à altura das plantas, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($F = 8,352$; $p = 0,00425$) (Figura 1). O menor valor médio de crescimento foi registrado no tratamento testemunho (T1), com 41 cm, enquanto o maior valor foi observado no tratamento com 10% de guano (T3), atingindo 70 cm (Figura 1).

Figura 6 — Box plot com as medidas da altura das plantas em relação aos tratamentos.



Fonte: Autoria própria (2025).

Ao comparar os tratamentos utilizando o teste a posteriori de Dunnett, observou-se diferenças significativas entre o tratamento T1 e os tratamentos T2 ($p < 0,05$), T3 ($p < 0,05$) e T5 ($p < 0,05$). No entanto, não foi encontrada diferença significativa entre o tratamento T1 e o tratamento T4.

Tabela 7 — Resultados do teste de Dunnett em relação à altura das plantas.

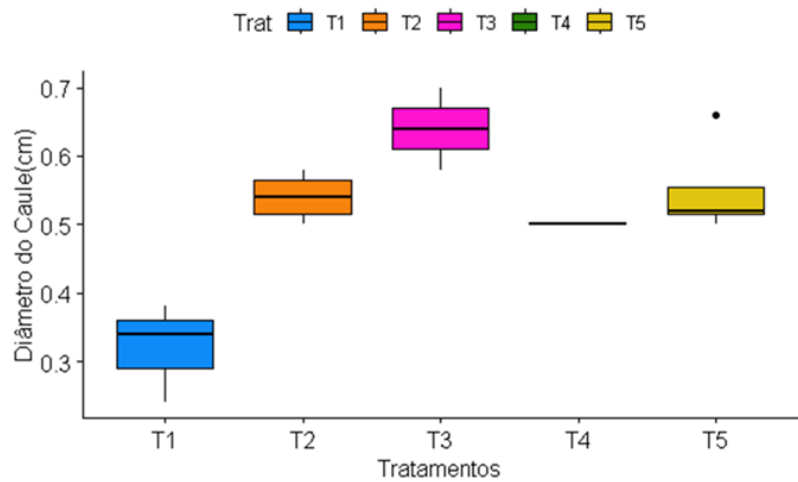
T2 - T1	20.692	4.383	4.721	0.00361
T3 - T1	30.867	5.239	5.892	< 0.001
T4 - T1	17.767	6.627	2.681	0.07832
T5 - T1	24.317	4.383	5.548	0.0012

Fonte: Autoria própria (2025).

6.3 DIÂMETRO DO CAULE

Em relação ao diâmetro do caule das plantas, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($F=9,005$; $p=0,0329$). O tratamento T1 apresentou o menor valor para essa variável, com 0,2 cm, enquanto o T3 obteve os melhores resultados, com 0,7 cm, destacando-se entre os demais tratamentos.

Figura 7 — Box plot com as medidas do comprimento das folhas em relação aos tratamentos.



Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados do teste a posteriori de Dunnett indicaram diferenças significativas entre os tratamentos T2 e T1 ($p<0,05$), T3 e T1 ($p<0,05$), T5 e T1 ($p<0,05$), e também entre T4 e T1 ($p<0,05$).

Tabela 8 — Aplicação do teste de Dunnett em relação aos resultados referente ao diâmetro do caule.

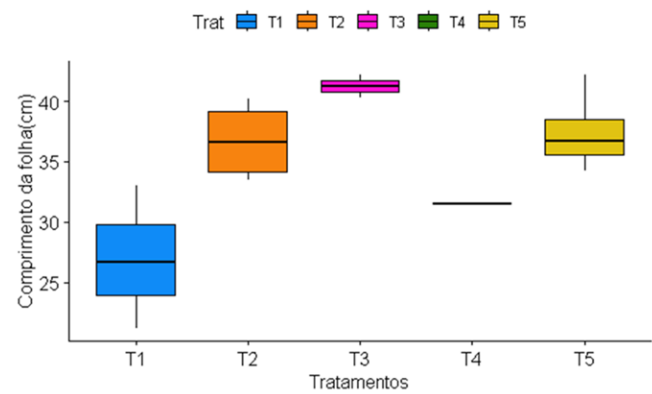
T1 - T2	0.2583333	4.9711	0.0026
T1 - T3	0.3333333	5.3666	0.0015
T1 - T4	0.2333333	2.9698	0.0498
T1 - T5	0.2583333	4.9711	0.0030

Fontes: Autoria própria (2024).

6.4 COMPRIMENTO DA FOLHA

Os resultados obtidos em relação ao comprimento das plantas mostraram diferenças significativas entre os tratamentos ($F = 5,196$; $p = 0,019$). O tratamento T1 apresentou o menor valor, com 21,2 cm, enquanto o tratamento T3 obteve os melhores resultados, com 42,1 cm.

Figura 8 — Box plot com as medidas do diâmetro do caule das plantas em relação aos tratamentos.



Fonte: Autoria própria (2025).

Dessa forma, após a comparação dos tratamentos por meio do teste a posteriori Dunnett, observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos T2 e T1 ($p = 0,0461$), T3 e T1 ($p = 0,0136$) e T5 e T1 ($p = 0,0216$), todos com $p < 0,05$. O tratamento T4 e T1 não apresentaram diferença significativa ($p = 0,6416$).

Tabela 9 — Resultado do teste de Dunnett em relação ao comprimento da folha

T1 - T2	9.833333	3.0229	0.0461
T1 - T3	14.783333	3.8023	0.0136
T1 - T4	5.633333	1.1455	0.6416
T1 - T5	11.408333	3.5071	0.0216

Fontes: Autoria própria (2024).

7 DISCUSSÃO

Este trabalho analisou a eficácia do guano de morcegos da família Molossidae, comum em forros de residências na Amazônia, no crescimento inicial do milho em vasos dentro de uma casa de vegetação. Os resultados indicam que o guano é eficaz nessa fase inicial do crescimento do milho, visto que apresentou resultados satisfatórios em relação ao desenvolvimento e na disponibilização de micro e macronutrientes.

Logo, apresentou conformidade com estudos realizados em outras regiões do mundo, como no continente africano. Marwa, Andrew e Hatibu (2021), assim como Mutumba, Ginhas e Mateus (2020), corroboram essas observações experimentais, destacando o guano como um fertilizante orgânico eficaz com potencial para melhorar o crescimento de culturas como o milho.

A presença expressiva de argila e silte no solo do tratamento 2 indica uma boa capacidade de retenção de água e nutrientes, características que favorecem uma maior coesão entre as partículas do solo e proporcionam uma estrutura mais estável e uma umidade mais uniforme ao longo do tempo. Este tipo de solo é, geralmente, bem adequado para muitas culturas, pois oferece uma boa retenção de água sem causar encharcamento excessivo, além de permitir boa aeração (CASSOL *et al.*, 2004).

Por outro lado, no tratamento 3, com a adição de 10% de guano ao solo testemunho, observou-se uma redução nos teores de argila (250 g/kg) e silte (61 g/kg), enquanto a fração de areia grossa aumentou consideravelmente (392 g/kg), com uma leve variação na fração de areia fina (297 g/kg). A classificação textural continuou a ser franco-argiloarenosa, mas o aumento da fração arenosa sugere que o guano pode estar alterando a estrutura física do solo, promovendo uma maior porosidade e melhor aeração, o que pode resultar em uma drenagem aprimorada e menor compactação do solo (CASSOL *et al.*, 2004).

O guano é um fertilizante orgânico completo, podendo apresentar macronutrientes essenciais, como N, P, K, Ca, Mg e S, além de micronutrientes como Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo e Cl, que auxiliam no crescimento das plantas (Mendes *et al.*, 2020). Além disso, pode provocar alterações nas características físicas do solo, contribuindo para a retenção de água, aeração e porosidade (Guareschi *et al.*, 2013).

Esses benefícios foram evidentes nos resultados obtidos, onde a aplicação de matéria orgânica, como o guano de morcego, proporcionou condições mais favoráveis ao crescimento vegetal. Neste estudo, o tratamento 3 (solo testemunho e 10% de guano) apresentou resultados promissores, mostrando efeitos significativos no diâmetro do caule e no

comprimento da folha. Isso sugere que a adição de 10% de guano ao solo melhora o crescimento das plantas, possivelmente devido à maior disponibilidade de nutrientes essenciais.

Essa eficácia está de acordo com a literatura, que indica que doses moderadas de guano otimizam a nutrição e a saúde do solo, favorecendo um desenvolvimento mais robusto das plantas (Mutumba *et al.*, 2020). Estudos com outras culturas também demonstraram efeitos positivos do guano, como o aumento da altura total e do diâmetro do caule da alface (*Lactuca sativa* L.) (Aydin Can *et al.*, 2019) e o crescimento da cebola (Musadia, 2016).

De maneira geral, os tratamentos com guano, especialmente nas doses de 10% e 50%, mostraram-se eficazes, destacando a importância dos fertilizantes orgânicos na agricultura. A dose intermediária, representada pelo T4 com 30% de guano, não obteve tantos resultados devido ao número reduzido de amostras na casa de vegetação. Isso está de acordo com Fraga (2017), que observou variações na composição do guano e sugeriu que um excesso pode causar desequilíbrios no solo.

Portanto, enquanto doses moderadas de guano (como no tratamento 3) são altamente eficazes para promover o crescimento, concentrações mais altas (como no tratamento 4) podem apresentar limitações. A moderação na aplicação parece ser essencial para maximizar os benefícios do guano, ressaltando a importância de ajustes precisos nas práticas de manejo agrícola para otimizar os resultados.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O guano demonstrou ser uma opção promissora por promover o desenvolvimento das plantas de forma sustentável, fornecendo os nutrientes essenciais ao seu crescimento. Em especial, o tratamento com 10% de guano (T3) apresentou melhorias significativas na fertilidade do solo. O aumento expressivo nos níveis de fósforo (283 mg/dm^3) e de matéria orgânica ($16,03 \text{ g/kg}$) reforça o potencial do guano como adubo orgânico eficaz, contribuindo para a melhoria da estrutura do solo e para a maior retenção de nutrientes.

Além disso, o estudo sugere que o guano de morcego pode ser utilizado experimentalmente em pequenas propriedades rurais no estado do Amapá. A utilização do guano como fertilizante tem o potencial de beneficiar pequenos produtores, proporcionando uma opção ambientalmente amigável em comparação com fertilizantes químicos.

Embora os resultados sejam promissores, é importante ressaltar que o uso do guano de morcegos deve ser acompanhado de mais pesquisas, incluindo estudos que envolvam o ciclo completo do milho. Avaliar o impacto do guano ao longo de todas as fases de crescimento da planta, desde o plantio até a colheita, permitirá uma compreensão mais aprofundada dos benefícios e das possíveis limitações desse tipo de adubo. A realização de experimentos mais abrangentes ajudará a definir com maior precisão as melhores práticas e as quantidades ideais a serem aplicadas no cultivo.

Assim, este estudo serve como um ponto de partida para futuras investigações sobre o potencial do guano de morcego como fertilizante natural. O avanço de pesquisas nesse sentido pode abrir novos caminhos para a agricultura sustentável no estado do Amapá e em outras regiões, contribuindo para o uso mais racional e eficiente dos recursos naturais disponíveis. O incentivo à utilização de alternativas orgânicas pode resultar em um modelo de agricultura mais equilibrado e menos dependente de produtos químicos industriais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, K. J. Efeito dos pesticidas na comunidade microbiana em solos com diferentes diversidades e na rizosfera da soja. 2022. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.11.2022.TDE-10022023-155118>. Acesso em: 13 mar. 2025.
- ASSAD, E. D. et al. Efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado. 2020. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1121719>. Acesso em: 13 mar. 2025.
- CARMO GRAÇA, D.; KNIPPEL, P.; DA-SILVA, E. R. Herói além de Gotham City: a importância do verde urbano para a ordem Chiroptera, um foco global. 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/336122939>. Acesso em: 13 mar. 2025.
- CASSOL, E. A. et al. Escoamento superficial e desagregação do solo em entressulcos em solo franco-argilo-arenoso com resíduos vegetais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 7, p. 685–690, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000700010>.
- DIMANDE, P. et al. Under a tropical climate and in sandy soils, bat guano mineralises very quickly, behaving more like a mineral fertiliser than a conventional farmyard manure. *Agronomy*, v. 13, n. 5, p. 1367, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/5/1367>. Acesso em: 20 set. 2024.
- EMERSON, J. K.; ROARK, A. M. Composição do guano produzido por morcegos frugívoros, sanguívoros e insetívoros. *Acta Chiropterologica*, v. 9, n. 1, p. 261–267, 2007. DOI: [https://doi.org/10.3161/1733-5329\(2007\)9\[261:COGPBM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3161/1733-5329(2007)9[261:COGPBM]2.0.CO;2).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Cultivares de milho: desempenho e potencial no Cerrado amapaense*. Macapá, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195889/1/CPAF-AP-2019-COT-154-Cultivares-de-milho.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.
- FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. *Tropical Zoology*, v. 12, n. 2, p. 231–252, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1080/03946975.1999.10539391>.
- FREIRE, J. K. S. *Valoração de serviços de supressão de insetos por morcegos: uma revisão*. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/52310>. Acesso em: 7 nov. 2024.
- FREITAS, F. S.; BRANDÃO, G. O. *Elaboração de uma cartilha sobre a importância ecológica e econômica dos morcegos*. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biologia) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/6466>. Acesso em: 7 nov. 2024.
- FRAGA, W. R. *Morcegos (quirópteros) e sua participação no processo epidemiológico da histoplasmose no Centro de Pesquisa Canguçu, Pium-TO, Brasil*. 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/1006>. Acesso em: 24 out. 2024.

GALLANT, L. R. et al. A 4,300-year history of dietary changes in a bat roost determined from a tropical guano deposit. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, v. 126, n. 4, p. e2020JG006026, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1029/2020JG006026>.

GARBINO, G. S. T. et al. Updated checklist of Brazilian bats: versão 2024. *Comitê da Lista de Morcegos do Brasil – CLMB. Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros – SBEQ*, 2024. Acesso em: 26 mar. 2025.

GUNNELL, G. F.; SIMMONS, N. B. Fossil evidence and the origin of bats. *Journal of Mammalian Evolution*, v. 12, p. 209–246, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/S10914-005-6945-2>.

GUARESCHI, R. F. et al. Adubação orgânica na produção de biomassa de milho em latossolo de cerrado. *Global Science and Technology*, v. 6, n. 2, 2013. DOI: <https://doi.org/10.14688/1984-3801.V06N02A08>.

HILÁRIO, R. R. et al. The fate of an Amazonian savanna: government land-use planning endangers sustainable development in Amapá, the most protected Brazilian State. *Tropical Conservation Science*, v. 10, p. 1–8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1177/19400829177354>.

KUNZ, T. H. et al. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1223, n. 1, p. 1–38, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x>.

MACIEL, L. M.; TUNES, L. V. M. A importância do controle de qualidade nas sementes de milho. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 49934–49938, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.30011>.

MAMMAL DIVERSITY DATABASE. *Mammal Diversity Database (v2.0)*. Zenodo, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15007505>.

MARWA, E. M.; ANDREW, T.; HATIBU, A. A. Challenges facing effective use of bat guano as organic fertilizer in crop production: a review. 2021. Disponível em: <https://www.academia.edu/100133371>. Acesso em: 24 out. 2024.

MENDES, S. B. *Família Molossidae (Mammalia, Chiroptera) de ocorrência em biomas maranhenses no enfoque morfológico, molecular e circulação do vírus rábico*. 2017. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, 2017. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/1138>. Acesso em: 13 mar. 2025.

MENDES, T. J. et al. Adubos orgânicos e organominerais como alternativa sustentável para a cultura do milho (*Zea mays* L.). *Revista Angolana de Ciências*, v. 2, n. 4, p. 12–24, 2020. DOI: <https://doi.org/10.54580/R0201.13>.

MUTUMBA, F. A.; MANUEL, G. A.; MATEUS, A. S. Adubos orgânicos e organominerais como alternativa sustentável para a cultura do milho (*Zea mays* L.). *Revista Angolana de Ciências*, v. 2, n. 1, p. 230–251, 2020. Disponível em: <https://www.sumarios.org/artigo/adubos-organicos-e-organominerais-como-alternativa-sustentavel-para-cultura-do-milho-zea-mays>. Acesso em: 7 nov. 2024.

NOWAK, R. M. (Ed.). *Walker's Bats of the World*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1994. 278 p.

PERRY, R. W. A review of fire effects on bats and bat habitat in the Eastern Oak Region. In: DEY, D. C. et al. (Ed.). *Proceedings of the 4th Fire in Eastern Oak Forests Conference*, 2011, Springfield. Gen. Tech. Rep. NRS-P-102. Newtown Square, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2012. p. 170–191. Disponível em: <https://research.fs.usda.gov/treesearch/47818>. Acesso em: 13 mar. 2025.

PORTAL GOVERNO DO AMAPÁ. Plantio de milho cresce 86% e já é a segunda maior cultura de grãos do Amapá. *Portal Governo do Amapá*, 24 maio 2023. Disponível em: <https://www.portal.ap.gov.br/noticia/2405>. Acesso em: 19 set. 2024.

PORTAL GOVERNO DO AMAPÁ. Governo do Estado lança programa Amapá Mais Produtivo, que beneficia produtores da agricultura familiar. *Portal Governo do Amapá*, 6 maio 2024. Disponível em: <https://www.portal.ap.gov.br/noticia/0605>. Acesso em: 10 out. 2024.

REIS, A. L. M. *Comportamento da densidade e das características químicas nas camadas de deposição do guano na Gruta do Centenário, Pico do Inficionado*. 2018. Disponível em: <https://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2018/01/andre-luiz-miranda-reis.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2025.

SAKOU, S. et al. The first study of probiotic properties and biological activities of lactic acid bacteria isolated from Bat guano from Er-rachidia, Morocco. *LWT*, v. 159, p. 113224, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113224>.

SHETTY, S.; SREEPADA, K. S.; BHAT, R. Effect of bat guano on the growth of *Vigna radiata* L. *International Journal of Scientific and Research Publications*, v. 3, n. 3, p. 1–8, 2013. Disponível em: <https://www.ijsrp.org/research-paper-0313/IJSRP-P15106.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2025.

SIMMONS, N. B. Order Chiroptera. In: WILSON, D. E.; REEDER, D. M. (Ed.). *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 3. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005. p. 312–529.

SIMMONS, N. B.; GUNNELL, G. F. Fossil evidence and the origin of bats. *Journal of Mammalian Evolution*, v. 12, p. 209–246, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/S10914-005-6945-2>.

SIMMONS, N. B.; CIRRANELLO, A. L. *Bat Species of the World: a taxonomic and geographic database*. Versão 1.7. 2025.

SIMON, J.; POOJA, V.; KHANNAM, A. Efficacy of bat guano as a plant fertiliser on growth of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in sustainable agriculture. *Journal of Agriculture and Environmental Research – JAERI*, v. 25, n. 6, p. 147–155, 2024. DOI: <https://doi.org/10.9734/JAERI/2024/V25I6648>.

TEELING, E. C. et al. A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science*, v. 307, n. 5709, p. 580–584, 2005. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1105113>.

WILLIAMS-GUILLÉN, K.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Bats limit insects in a Neotropical agroforestry system. *Science*, v. 320, n. 5872, p. 70–70, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1152944>.