

## ANÁLISE DOS TEORES DE NUTRIENTES DO BIOFERTILIZANTE SUÍNO NO SOLO

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-012>

**Data de submissão:** 03/03/2025

**Data de publicação:** 03/04/2025

### **Lazaro Quintino Alves**

Doutor em Agricultura Sustentável

Instituição: Universidade Prof. Edson Antônio Velano (UNIFENAS)

E-mail: lazaroqa@yahoo.com.br

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/7702998350209399>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2036-1458>

### **Adriano Bortolotti da Silva**

Doutor em Agronomia / Fitotecnia

Instituição: Universidade Prof. Edson Antônio Velano (UNIFENAS)

E-mail: adriano.silva@unifenas.br

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/7702998350209399>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1316-8243>

### **Willian Aparecido Leoti Zanetti**

Doutor em Agronegócio e Desenvolvimento

Instituição: Faculdade de Ciências e Engenharia; Universidade Estadual Paulista (UNESP)

E-mail: willian.zanetti@unesp.br

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/5157814116688036>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3723-7437>

### **Fernando Ferrari Putti**

Doutor em Agronomia / Irrigação e Drenagem

Instituição: Faculdade de Ciências e Engenharia; Universidade Estadual Paulista (UNESP)

E-mail: fernando.putti@unesp.br

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/1271601437211484>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0555-9271>

### **Bruno Cesar Góes**

Doutor em Agronegócio e Desenvolvimento

Instituição: Centro Paula Souza (CEETEPS) / Faculdade de Tecnologia de Adamantina (FATEC)

E-mail: bruno.goes5@fatec.sp.gov.br

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2697871840722841>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4409-1720>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar através da análise estatística, análise de variância pelo teste F, análise de regressão e análise multivariada o comportamento dos teores de nutrientes do biofertilizante no solo. Para isso, foram utilizados níveis diferentes de doses de biofertilizante suíno líquido para identificar quais variáveis tiveram significância estatística relevante, dentre as variáveis, pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, hidrogênio + alumínio, alumínio, saturação de bases,

boro, cobre, ferro, manganês e zinco. O solo utilizado foi do tipo Latossolo Vermelho. A opção pelo uso do biofertilizante suíno neste experimento se deve ao fato de que no Brasil a atividade suinícola gera grandes quantidades de dejetos que devem ser aproveitados na produção agrícola. O experimento foi realizado com 30 parcelas (vasos de 500 gramas cada) acondicionados e tratados em estufa climatizada à temperatura entre 28°C e 31°C, no laboratório de microbiologia da Universidade Prof. Edson Antônio Velano - Unifenas, Campus de Alfenas, num delineamento inteiramente casualizado - DIC, com 5 tratamentos e 6 repetições. O período de calagem e manutenção da umidade de campo foi de 70 dias. Os tratamentos foram conduzidos com biofertilizante suíno coletado na Fazenda Escola Retiro da Unifenas em Alfenas – MG. A proporção de solo utilizada foi de 40 m<sup>3</sup>, 80 m<sup>3</sup>, 160 m<sup>3</sup>, 320 m<sup>3</sup> e 640 m<sup>3</sup> por ha-1 correspondendo a 10 ml, 20 ml, 40 ml, 80 ml, e 160 ml de biofertilizante respectivamente, mais a parcela controle que não teve adição de biofertilizante e foi denominada como 0ml. As quantidades de biofertilizante foram adotadas após a realização da primeira análise química do solo e do biofertilizante suíno. Para levantamento e apuração dos dados, análise estatística, análise de variância pelo teste F, análise de regressão, determinação do coeficiente (R<sup>2</sup>) e outros, utilizaram-se os softwares Sisvar 19. Os resultados da análise de variância propiciaram verificar que houve efeito significativo em alguns nutrientes conforme o aumento progressivo das doses de biofertilizante, assim, à medida que ocorreu o aumento de doses, aumentaram-se também os teores da carga nutricional do solo. Portanto, o uso do biofertilizante suíno melhorou a estrutura e as características físicas e químicas do solo. Sendo assim, diversos tipos de plantas puderam ser cultivados após a incorporação do biofertilizante suíno no solo, destacando-se nesse caso, as leguminosas, hortaliças e culturas perenes, principalmente as frutíferas.

**Palavras-chave:** Agricultura sustentável. Inovação. Fertilizante natural. Tratamento do solo.

## 1 INTRODUÇÃO

A capacidade produtiva de um solo pode ser melhorada utilizando biofertilizante suíno na forma líquida, que é um fertilizante natural e sustentável produzido a partir dos dejetos de suínos. Esse tipo de fertilizante possui nutrientes mais facilmente acessíveis às mudas, plantas em formação e formadas, em comparação com materiais orgânicos sem digestão (Silva *et al.*, 2012).

Fertilizar o solo com dejetos de animais é uma prática antiga, porém, pode ser perigosa se isso for feito sem os cuidados necessários para evitar a contaminação do solo. Contudo, a incorporação do biofertilizante de forma sustentável ao solo pode trazer diversos benefícios, promover o aumento da fertilidade e melhorar as condições para o cultivo de diferentes tipos de plantas (Santos, 2012).

O biofertilizante suíno é rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, além de micronutrientes essenciais para as plantas. Esses nutrientes são facilmente absorvidos pelas raízes das plantas, promovendo um crescimento saudável e vigoroso. Além disso, o biofertilizante suíno também é uma fonte de matéria orgânica, que pode melhorar a estrutura do solo aumentando a sua capacidade de reter água e nutrientes e beneficiar a produção agrícola sustentável (Villela; Souza; Silva, 2004).

Em alguns tipos de solos como os de pouca possibilidade de produção agrícola ao incorporar o biofertilizante e irrigação, podem-se cultivar plantas adaptadas à realidade desse solo. A opção de cultivo é por plantas com mínimas condições de danos ambientais e que possuem lenta possibilidade de reposição de nutrientes retirados daquele solo pelas plantas (Seganfredo, 1999).

A nutrição do solo e de plantas busca por práticas agrícolas sustentáveis e isso têm sido tema amplamente discutido nos últimos anos. A necessidade é ser o mais natural possível e com menor possibilidade de poluir ou contaminar o meio ambiente, assim, a utilização excessiva de fertilizantes seja, químicos, orgânicos, biofertilizantes e as práticas agrícolas inadequadas, podem causar problemas ambientais irreversíveis e comprometer o futuro da agricultura, flora, fauna, recursos hídricos, animais e pessoas. Como regra, o mais adequado é a utilização de até 5% de biofertilizante diluído, para desenvolvimento vegetal e de até 2% para produção de mudas, ajustado ao sistema de irrigação ou fertirrigação de uso na propriedade (Embrapa, 2017).

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar através da análise estatística, análise de variância pelo teste F, análise de regressão, análise multivariada e correlação de Pearson o comportamento dos teores de nutrientes do biofertilizante no solo.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido parte no viveiro de plantas que é uma área destinada à produção de mudas e parte no laboratório de microbiologia da Universidade Prof. Edson Antônio Velano,

Alfenas – MG. O clima da região de Alfenas é do tipo tropical mesotérmico, alternando entre quente e moderado, com temperatura média anual entre 19,6 °C a 21,0 °C. A pluviosidade média anual é de 1.261mm.

## 2.1 DELINEAMENTO

Para o desenvolvimento do experimento adotou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC, com cinco tratamentos e seis repetições (5 x 6) num total de trinta parcelas de solo, que formaram cinco grupos, cada um contendo seis potes de quinhentos gramas cada, e cada grupo recebeu seis doses diferentes de biofertilizante.

Para determinar as quantidades de água, calcáreo, biofertilizante e a temperatura utilizou-se para os cálculos a regra de três simples e composta.

## 2.2 UMIDADE DE CAMPO

A necessidade de umidificação para manter a umidade de campo foi determinada em 130ml de água para cada pote, e a mesma quantidade de água serviu como base para fazer a incorporação de biofertilizante suíno no solo.

Cada pote foi preenchido com 500 gramas de solo e regado com 130 ml de água. O peso teórico de solo e água foi de aproximadamente 635 gramas. Se na repesagem um determinado pote com peso inicial de 635 gramas, pesasse 590 gramas, a reposição de água seria de 45 ml, assim, se houvesse incorporação de biofertilizante de 10 ml, seriam 35 ml de água e 10 ml de biofertilizante.

A umidade de campo teve início em 15 de junho de 2023 e estendeu-se até 25 de agosto, com a reposição de água realizada a cada cinco ou sete dias.

## 2.3 NECESSIDADE DE CALAGEM – NC

A calagem do solo foi realizada com base no resultado da análise realizada pelo laboratório da Cooxupé, portanto, foi adicionada ao solo 0,05 gramas de calcário dolomítico em cada pote envasado com quinhentos (500) gramas de solo cada um e foram colocados em temperatura ambiente externa por 30 dias.

Os resultados da análise de solo são apresentados a seguir na tabela 1.

**Tabela 1** Resultados da análise de solo

Determinações		Resultados	
pH	pH (CaCl <sub>2</sub> 0,01 mol/L-1)	-	4,7
M.O.	Matéria Orgânica	g/dm <sup>3</sup>	6
P	Fósforo (Resina)	mg/dm <sup>3</sup>	6

K	Potássio (NH4Cl)	mmolc/dm3	0,5
Ca	Cálcio (NH4Cl)	mmolc/dm3	6
Mg	Magnésio (NH4Cl)	mmolc/dm3	1
H+Al	Hidrogênio + Alumínio	mmolc/dm3	23
Al	Alumínio (NH4Cl)	mmolc/dm3	0
V%	Saturação de Bases	%	25
B	Boro (Água Quente)	mg/dm3	0,46
Cu	Cobre (DTPA)	mg/dm3	0,4
Fe	Ferro (DTPA)	mg/dm3	2
Mn	Manganês (DTPA)	mg/dm3	0,7
Zn	Zinco (DTPA)	mg/dm3	0,9

Fonte: Autores 2023

## 2.4 DOSAGEM DE BIOFERTILIZANTE – DB

As trinta parcelas (potes de quinhentos gramas) do experimento foram divididas em cinco grupos de seis parcelas cada um. As dosagens de biofertilizante dos tratamentos foram definidas em ordem crescente, ou seja, 0ml, 10ml, 20ml, 40ml, 80ml e 160ml, calculados de acordo com a metragem cúbica de cada tratamento, sendo que para 0ml usaram-se seis parcelas aleatórias (seis potes de quinhentos gramas).

Para 10ml de biofertilizante, a simulação foi de 40m<sup>3</sup> de solo e assim por diante até 160ml de biofertilizante e 640m<sup>3</sup> de solo.

As dosagens de biofertilizantes até 40ml foram adicionadas de uma vez só. A dosagem de 80ml foi adicionada ao solo em duas vezes. No entanto, a dosagem de 160ml foi adicionada ao solo em 4 vezes, conforme a necessidade de água.

## 2.5 TEMPERATURA DURANTE O EXPERIMENTO

O experimento esteve em temperatura ambiente durante a fase inicial e calagem até a data de incorporação do biofertilizante aos potes de solo. Após a incorporação do biofertilizante, até a data que antecede o envio para análise laboratorial, o experimento permaneceu em estufa controlada com temperatura variável entre 28 °C e 31 °C centígrados.

## 2.6 AMOSTRAS DE SOLO

As amostras do solo usadas nesta pesquisa foram colhidas no setor de Agronomia da Universidade Prof. Edson Antônio Velano (viveiro de plantas), de um monte de solo reservado para experimentos acadêmicos. O solo em questão foi retirado de uma região sem cultivo no município de Alfenas – MG, extraídas na profundidade de perfil entre 0 e 20 cm.

Ao todo foram colhidos 16,30 kg de solo. Desses, uma amostra de solo de 1.300 gramas foi enviada para o laboratório da empresa Cooxupé em Guaxupé – MG, para análise código 6024 para

quantificar os nutrientes básicos e os micronutrientes no solo. Os 15 kg restantes foram peneirados e secados em temperatura ambiente. Decorridos 15 dias, os 15 kg de solo foram envasados em 30 unidades de potes de plástico de 500 gramas cada um.

## 2.7 COLETA DO BIOFERTILIZANTE

A quantidade de biofertilizante utilizado no experimento foi de cinco litros, colhidos na granja da Fazenda Escola Retiro de propriedade da Universidade Prof. Edson Antônio Velano, município de Alfenas, em junho de 2023. Um litro (1000 ml) foi enviado para análise código 5884 para verificar a composição química. O restante foi reservado para o experimento, acondicionado em galão de cinco litros, disposto em local fresco e ao abrigo da luz, até a incorporação da última dose ao solo.

## 2.8 CARATERIZAÇÃO DO BIOFERTILIZANTE

O biofertilizante é um subproduto obtido após a fermentação anaeróbica ou aeróbica procedente de resíduos de lavoura, lixo ou dejetos de animais, que contém nutrientes, hormônios, álcoois, fenóis e microrganismos necessários ao desenvolvimento das plantas, podendo ser usado como fertilizante ou defensivo agrícola. Contudo, o biofertilizante eleva a multiplicação de microrganismo que favorece a saúde do solo (Embrapa, 2017).

O biofertilizante pode ser usado no cultivo de cereais, árvores frutíferas, matas nativas, pastagens e olerícolas. Porém, é importante lembrar que é proibido no Brasil o uso de fertilizante procedente de dejetos de animais no cultivo de hortaliças e vegetais que são ingeridos cruas (Barros, 2021; Oliveira, 2021).

Neste trabalho, o biofertilizante usado foi o de origem suíno, porque essa importante atividade do agronegócio brasileiro produz enorme quantidade de dejetos, que precisam ser utilizados de forma racional para beneficiar outros setores e também para mitigar o alto poder poluidor e os impactos negativos que os dejetos possuem, assim, cria valor aos dejetos e dá destinação certa a eles em busca da sustentabilidade e bem-estar ambiental.

## 2.9 VARIÁVEIS ANALISADAS

Foram analisadas um total de 14 variáveis, sendo elas, pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (k), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H+Al), alumínio (Al), saturação de bases (V%), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

Apesar de todas as ligações entre macronutrientes e micronutrientes, este trabalho analisou e discutiu apenas aqueles nutrientes que apresentaram significância estatística, ou seja, os

macronutrientes como pH, matéria orgânica (MO), saturação por base, potássio (K) e magnésio (Mg) e os micronutrientes, manganês e boro (Br).

### 2.9.1 Macronutrientes e micronutrientes

Quando um elemento é classificado como essencial para o desenvolvimento das plantas, a sua falta muitas vezes impede que a planta complete seu ciclo. Outro fator relevante é saber se esse elemento deve estar contido no solo ou se ele é fornecido via correção. Contudo, é importante também saber se um elemento faz parte da molécula de um constituinte essencial à planta, como por exemplo o magnésio que toma parte da molécula de clorofila (Epstein, 1975).

Os elementos essenciais para as plantas como as moléculas de água ( $H_2O$ ) e qualquer molécula orgânica composta principalmente por carbono e hidrogênio ( $CO$ ,  $H$ ) são absorvidos pelas plantas a partir da água extraída pelas raízes e do  $CO_2$  absorvido via fotossíntese. Outros macronutrientes como o nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) são absorvidos e exigidos em quantidades superiores aos demais. Por outro lado, os micronutrientes como o ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdênio (Mo) e cloro (Cl) são exigidos em quantidades inferiores aos macronutrientes. Contudo, não são menos importantes do que os primeiros para o desenvolvimento das plantas (Mendes, 2007).

Assim, este trabalho estudará apenas os macronutrientes e micronutrientes que apresentaram significância estatística em relação aos teores de nutrientes do biofertilizante no solo. Desse modo, temos os seguintes macronutrientes, pH, matéria orgânica, saturação por bases, potássio e magnésio. Os micronutrientes que apresentaram significância estatística foram o boro e manganês. Os demais macronutrientes e micronutrientes apresentados na análise geral não serão considerados por não apresentarem significância estatística nessa análise.

## 2.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após a obtenção da análise de solo referente aos tratamentos propostos, realizou-se análise de variância pelo teste F e, apresentando efeito significativo, realizou-se também a análise de regressão, levando-se em consideração a utilização de várias doses de biofertilizante. Os dados foram obtidos por meio do software Sisvar 2019.

A principal função do teste F é determinar se os resultados de uma análise de variância são significativos através da observação do valor de P associado à estatística F calculada. Contudo, a estatística F é uma razão das variâncias entre grupos e dentro dos grupos.

O nível de significância a 5% é a probabilidade de rejeição da hipótese nula quando ela é verdadeira. Por exemplo, um nível de significância de 0,05 indica um risco de 5% de concluir que existe uma diferença quando não há diferença real.

Um resultado somente é significativo se tiver sido previsto como improvável de ocorrer por erro de amostragem isoladamente, de acordo com uma probabilidade limiar, no caso o nível de significância.

## 2.11 MÉTODOS DE ANÁLISE DO GRAU DE AJUSTE DO MODELO

A comparação dos resultados de ajustes foi realizada através de modelos matemáticos com regressão polinomial de grau 2 – R<sup>2</sup>, muito aceito na área agronômica por permitir ajustes aos modelos de regressão.

## 2.12 COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R<sup>2</sup>)

O coeficiente de determinação ou R<sup>2</sup> é uma forma de ajuste de um modelo estatístico como a regressão linear simples ou múltipla, ou seja, são os valores observáveis de uma variável aleatória, onde o R<sup>2</sup> varia entre 0 e 1. Para determinar um ajuste de modelo de regressão confiável, é comum realizar o cálculo do coeficiente de determinação R<sup>2</sup>, que representa o valor percentual da variável analisada (Rousson; Gosoniu, 2007).

O cálculo do coeficiente de determinação é obtido pela seguinte fórmula.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Onde:

N<sub>i</sub> : número de observações;

Y<sub>i</sub> : valor observado;

Ŷ<sub>i</sub> : valor estimado de y<sub>i</sub>;

Ȳ : média das observações.

Quando o R<sup>2</sup> for igual a zero, significa que o coeficiente de determinação não explica nada acerca da variação dos dados e quando ele for igual a 1 indica que o coeficiente explica toda a variação dos dados, assim, o R<sup>2</sup> representa o porcentual de variação nos dados (Góes, 2019).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 INTERPRETAÇÃO DA ANÁLISE DO SOLO

O primeiro passo para uma interpretação de uma análise de solo segura reside em verificar se os critérios de interpretação estão de acordo com os métodos analíticos utilizados na análise de solo (Mendes, 2007). Os resultados foram descritos conforme os dados obtidos através do software estatístico Sisvar 19. A análise de variância pelo teste F permitiram verificar que houve significância estatística em algumas variáveis. Assim, nas variáveis com significância, efetuou-se a análise de regressão, que nos permitiu concluir que houve elevação dos nutrientes no solo, conforme o aumento das doses de biofertilizante, como demonstrado na tabela 2 a seguir.

**Tabela 2** Resultados da análise de solo das variáveis que foram significantes

Tratamento	Repetição	pH	MO	K	Mg	B	Mn	V%
0 ml	1	6,7	7	1,2	12	0,09	0,3	84
0 ml	2	6,7	7	1	10	0,08	0,4	83
0 ml	3	6,8	7	0,2	10	0,13	0,5	82
0 ml	4	6,9	7	0,8	10	0,21	0,5	83
0 ml	5	6,9	7	1,1	11	0,23	0,6	84
10 ml	1	6,9	6	0,1	10	0,16	0,5	83
10 ml	2	6,9	7	1,2	12	0,13	0,6	85
10 ml	3	6,8	7	1,1	11	0,15	0,3	82
10 ml	4	6,9	7	0,5	11	0,16	0,5	84
10 ml	5	6,9	7	0,7	12	0,1	0,4	84
20 ml	1	6,9	6	0,3	11	0,12	0,5	83
20 ml	2	7	6	0,3	10	0,1	0,5	82
20 ml	3	7	7	0,7	10	0,15	0,3	82
20 ml	4	6,9	7	0,7	10	0,11	0,5	82
20 ml	5	7,1	7	1,1	11	0,16	0,1	84
40 ml	1	7,2	8	2,1	12	0,14	0,3	86
40 ml	2	7,2	7	1,2	12	0,1	0,4	84
40 ml	3	7,2	8	1,8	11	0,14	0,6	84
40 ml	4	7,2	8	1,8	12	0,14	0,4	85
40 ml	5	7,2	7	1,5	11	0,16	0,5	85
80 ml	1	7,2	7	2,2	11	0,1	0,4	83
80 ml	2	7,1	7	3,1	12	0,21	0,4	85
80 ml	3	7,2	8	2,6	12	0,19	0,4	84
80 ml	4	7,2	8	3,1	13	0,23	0,4	86
80 ml	5	7,2	7	3,6	13	0,24	0,4	86
160 ml	1	7,1	7	6,2	13	0,3	0,4	86
160 ml	2	7,1	7	5,9	12	0,26	0,3	86
160 ml	3	7	8	7,2	13	0,29	0,2	86
160 ml	4	7	7	7,3	14	0,23	0,1	87
160 ml	5	7	7	7,3	14	0,23	0,1	87

Fonte: Autores 2024

### 3.2 ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE NO SOLO

#### 3.2.1 pH

O pH é uma medida que expressa o potencial hidrogeniônico de uma solução, indicando o grau de acidez, de neutralidade ou de alcalinidade de substância que pode ter no solo ou em uma substância aquosa. Aqui usaremos os conceitos da classificação química para análise de solo. A escala de pH varia de 0 a 14, sendo que os valores menores que 6,9 indicam solos ácidos. Valor igual a 7,0 indica acidez neutra e valores maiores que 7,1 indicam solos alcalinos (Mendes, 2007). As classificações do pH são mostradas na tabela 3.

**Tabela 3 - Classificação do pH no solo.**

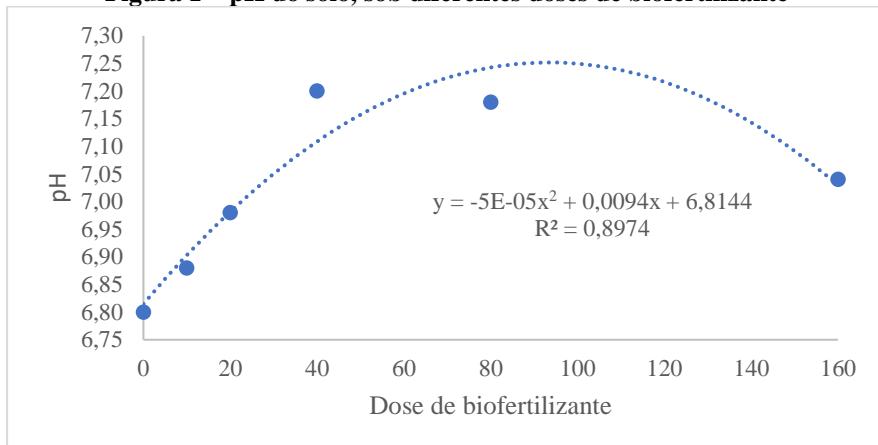
Característica	Classes de interpretação da acidez no solo							
	Classificação química							
pH	< 4,5	4,5 - 5,0	5,1 - 6,0	6,1 - 6,9	7,0	7,1 - 7,8	> 7,8	
<b>Classificação agronômica</b>								
pH	Muito baixo		Baixo	Bom	Alto	Muito alto		
	< 4,5		4,5 - 5,4	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0		

Fonte: Adaptado de Mendes (2007)

O pH desempenha um papel importante na agricultura, afetando diretamente a saúde das plantas e a disponibilidade de nutrientes no solo. Em solos de pH baixo, nutrientes como o fósforo, potássio e cálcio podem se tornar menos acessíveis às plantas. Por outro lado, em solos alcalinos demais os micronutrientes como o ferro, zinco e manganês podem se tornar escassos para as plantas porque o pH alto não permite que esses micronutrientes sejam absorvidos integralmente durante o desenvolvimento das plantas. Portanto, um pH inadequado pode levar à toxicidade ou deficiência de nutrientes. Em solos ácidos, pH baixo, o alumínio do solo pode se tornar tóxico para as raízes das plantas. Por outro lado, o solo alcalino, pH alto, pode causar deficiência de ferro nas plantas. O ideal para as plantas é o pH com acidez neutra a 7 (Lepsch, 2011).

O resultado da análise do pH no solo estudado é demonstrado na figura 1 a seguir.

**Figura 1 – pH do solo, sob diferentes doses de biofertilizante**



Fonte: Autores 2024

Ao analisarmos o gráfico de dispersão de pH (Figura 1), foi observado que houve uma distribuição polinomial quadrática, apresentando uma dose de 94ml de biofertilizante ideal para melhorar a acidez do solo. Entretanto, acima desse valor, o biofertilizante proporciona uma diminuição do pH, voltando o solo a ser ácido. Para essa variável, o ajuste foi de  $R^2 = 0,8974$ , ou seja, indicando que há maior homogeneidade entre os valores analisados.

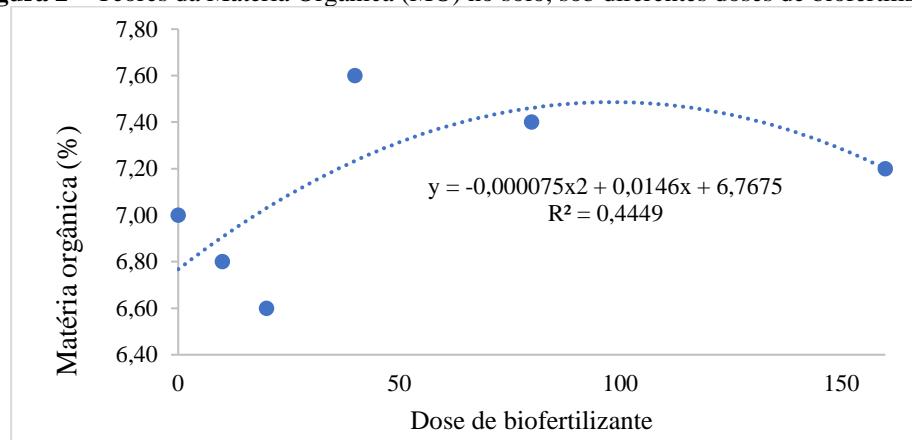
### 3.2.2 Matéria orgânica

A matéria orgânica do solo desempenha um papel fundamental como principal indicador de qualidade do solo e sendo uma base para a sustentabilidade agrícola. Mas isso depende da entrada de material orgânico, taxa de mineralização, textura, clima, pluviosidade, entre outros fatores. Vale destacar que a forma de manejo do solo influencia muito na diminuição, estagnação ou elevação da matéria orgânica do solo (Khorramdel *et al.*, 2013).

Os resíduos orgânicos do solo podem ser de origem vegetal, animal e de produtos de suas transformações, contudo a vegetação é a maior fonte de deposição de materiais orgânicos ao solo. O volume de matéria orgânica do solo é determinado pelo equilíbrio entre a entrada de matéria orgânica e a saída de gás carbônico – CO<sub>2</sub> do solo. O ciclo de renovação da matéria orgânica é de acordo com as taxas de deposição, decomposição e renovação dos resíduos que ocorrem de forma dinâmica (Costa; Silva; Ribeiro, 2013).

O resultado da análise da Matéria Orgânica no solo estudado é demonstrado na figura 2 a seguir.

**Figura 2 – Teores da Matéria Orgânica (MO) no solo, sob diferentes doses de biofertilizante**



Fonte: Autores 2024

A elevação dos teores de matéria orgânica no solo em função das dosagens de biofertilizante ( $0, 10, 20, 40, 80, 160 \text{ ml ha}^{-1}$ ) é demonstrada por meio da análise do gráfico de dispersão, conforme identificada na figura 2.

Ao analisarmos o gráfico de dispersão da matéria orgânica (Figura 2), percebe-se que houve uma distribuição polinomial quadrática, apresentando uma dose ideal de 93,33 ml de biofertilizante, que é o ponto máximo de elevação, apresentando logo em seguida um declínio da matéria orgânica, adotando praticamente o mesmo comportamento se comparado com o pH. Para essa variável, o ajuste foi de  $R^2 = 0,4449$  que não é um percentual ideal, pois ficou abaixo de 70%, porém, em se tratando de matéria orgânica, esse é um nutriente importante para solo e para as plantas.

É possível observar que, pelos dados da análise de solo, após a aplicação do biofertilizante, houve aumento dos teores de matéria orgânica no solo analisado.

### 3.2.3 Saturação por bases

A saturação por bases é um indicador muito relevante dentro da análise de solo, pois ela está relacionada com a fertilidade do deste e à disponibilidade de nutrientes para as plantas. Considerada como uma característica química do solo, ela nos ajuda a entender o seu estado nutricional e nos ajuda a criar estratégias para a sustentabilidade agrícola. Comumente está relacionada ao pH do solo, sendo usada para calcular a necessidade de calagem (Freire, 2006).

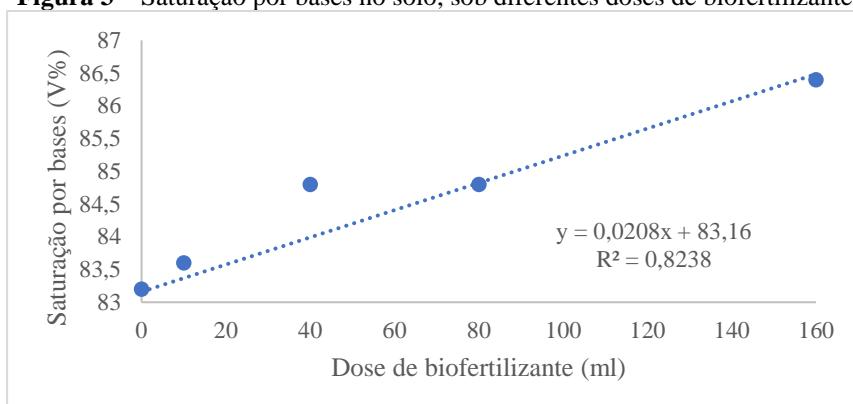
A saturação por bases refere-se à proporção de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca catiônica determinada a pH 7.0 (neutro). Os cátions básicos incluem, cálcio, magnésio, potássio, sódio, alumínio e hidrogênio (Ronquin, 2010).

Conhecer a saturação por bases é fundamental para avaliarmos a fertilidade do solo e entender que um solo com baixo V% pode comprometer o desenvolvimento das plantas e a absorção de água e

nutrientes. Solos com V% maior que 50% são considerados solos férteis, também conhecidos como solos eutróficos por armazenarem mais da metade dos cátions básicos. Solos com V% menor que 50% são chamados de solos não férteis, conhecidos como solos distróficos. Eles geralmente são pobres de bases trocáveis (Ca) e alta saturação por alumínio (Al) (Richert; Gubiani, 2011).

O resultado da análise da Saturação por bases no solo estudado é demonstrado na figura 3 a seguir.

**Figura 3 – Saturação por bases no solo, sob diferentes doses de biofertilizante**



Fonte: Autores 2024

No gráfico de dispersão da saturação por bases (Figura 3), podemos verificar que o  $R^2 = 0,8238$  representa que o ajuste dos valores ao modelo foi elevado, demonstrando maior precisão nos resultados. É possível observar através dos resultados que, há um crescimento linear na saturação por bases quando as doses de biofertilizantes aumentam, aproximadamente 0,02% para cada ml. Isso demonstra que este fertilizante pode favorecer o solo, assim como o desenvolvimento das plantas.

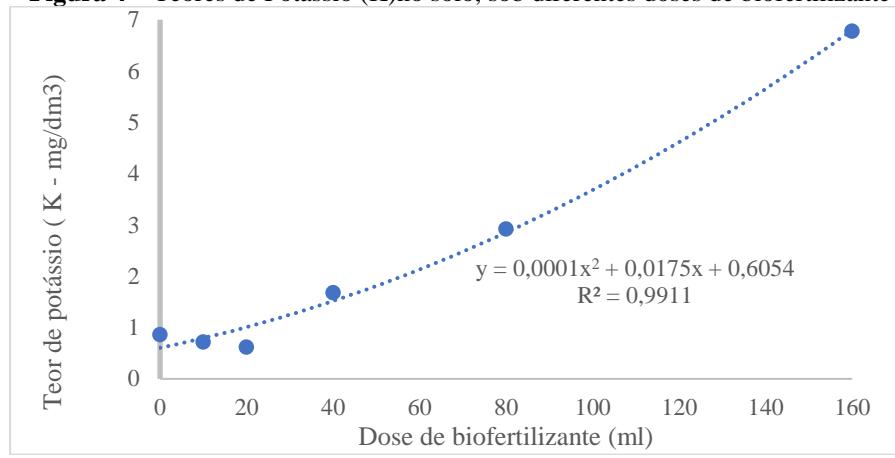
### 3.2.4 Potássio

O comportamento do potássio no solo sob o efeito das diferentes doses de biofertilizante aplicadas no solo é um comportamento quadrático inverso, com um declínio de potássio nas primeiras doses e em seguida ocorre um crescimento linear dos teores de potássio no solo conforme o aumento das doses de biofertilizante. Isso indica que o crescimento linear é proporcional ao aumento das doses.

O potássio pertence ao grupo dos macronutrientes primários, sendo, de maneira geral, absorvido em grandes quantidades pelas plantas. Envolvido em funções essenciais, ele melhora a qualidade do produto agrícola, promove o crescimento saudável das plantas cultivadas (Costa *et al.*, 2009).

Assim, o crescimento e a significância dos teores de potássio no solo são mostrados na figura 4 a seguir.

**Figura 4 – Teores de Potássio (K) no solo, sob diferentes doses de biofertilizante**



Fonte: Autores 2024

O potássio não tem função estrutural nas plantas, embora este elemento desempenhe papel fundamental de participar e ativar vários fenômenos fisiológicos no interior da planta, ele aciona mais de oitenta enzimas. O potássio é um elemento importante na regulação osmótica e atua em outros eventos fisiológicos fundamentais para a planta, como a absorção de água, manutenção do turgor das células, regulação da abertura e fechamento estomático, crescimento vegetal, transporte, redistribuição e armazenamento de carboidratos e nutrientes no interior da planta. Junto com cálcio e magnésio participa da importante função de manutenção do equilíbrio iônico com os ânions (Embrapa, 2012).

Ao analisar o gráfico de dispersão na figura 4 referente ao potássio percebemos que o comportamento do potássio é crescente à medida que se aumenta as doses de biofertilizante. Isso ocorre porque o biofertilizante contém em sua composição grande quantidade de potássio, então, como é de esperar que o aumento da dosagem certamente agraga mais potássio a solo.

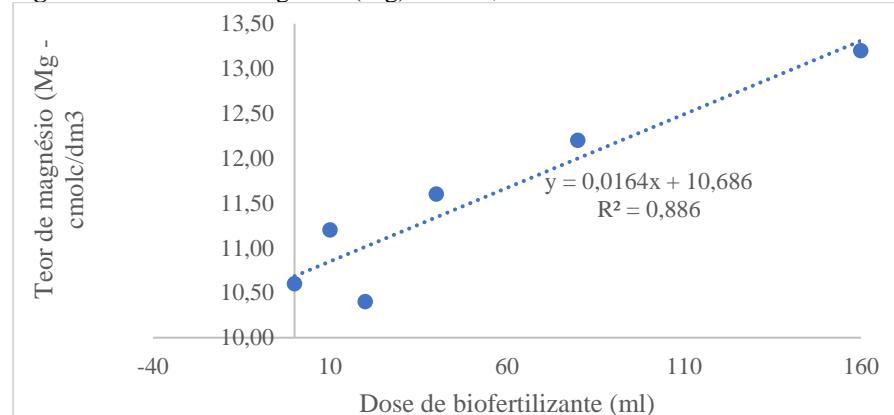
Ao realizarmos uma análise de regressão polinomial para avaliarmos a relação entre a concentração de potássio no solo e a possibilidade de crescimento das plantas o indicador  $R^2 = 0,9911$  sugere que há uma forte correlação entre as variáveis estudadas, indicando que a variação na concentração de potássio no solo explica em grande parte a variação no crescimento das plantas, ou seja, que há 99,11% de possibilidade de as plantas crescerem saudavelmente (Nachtigall; Rau, 2005).

### 3.2.5 Magnésio

O magnésio é considerado um importante macronutriente para as plantas porque participaativamente de diversos processos metabólicos. É essencial para o crescimento e produtividade das culturas agrícolas. O magnésio compõe cerca de 2% da crosta terrestre e tem sua origem em minerais primários silicatados como a biotita, clorita, talco, etc. (Castro *et al.*, 2018).

É possível observar que o comportamento do magnésio é semelhante à matéria orgânica porque apresenta um crescimento linear constante, como pode ser verificado no gráfico de dispersão na Figura 5.

**Figura 5 - Teores de Magnésio (Mg<sup>2+</sup>) no solo, sob diferentes doses de biofertilizante**



Fonte: Autores 2024

Conforme o gráfico de dispersão na figura 5, o teor de magnésio no solo aumenta linearmente proporcional às doses de biofertilizante. Para cada ml, observa-se aumento de 0,016 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> do nutriente. O magnésio tem como função principal ser o átomo central da molécula de clorofila que dá a coloração verde às plantas, assim, cerca de 20% do magnésio da planta faz parte do pigmento verde. Outro papel do magnésio é ser um ativador das enzimas relacionadas ao metabolismo energético. Ele também realiza a ligação entre as estruturas de pirofosfato do ATP e ADP e interage com cálcio e o potássio (Embrapa, 2020).

Ao analisarmos o gráfico de regressão linear, percebemos que há uma forte relação entre a concentração de magnésio no solo e que isso é benéfico para o crescimento das plantas com um  $R^2 = 0,886$ . Isso significa que quase 89% da variação no crescimento das plantas pode ser explicada pela variação nos níveis de magnésio, que é um macronutriente essencial para a fotossíntese e para outros processos vitais para as plantas (Saraiva *et al.*, 2023).

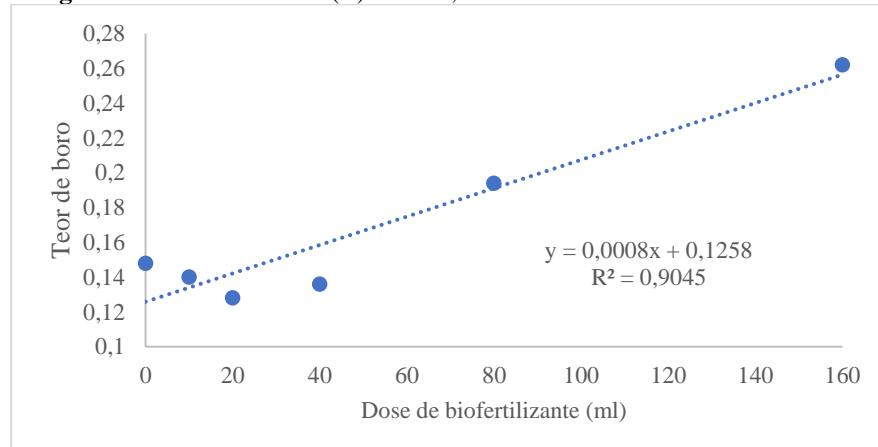
### 3.2.6 Boro

O boro é um micronutriente crucial para o crescimento das plantas, desempenhando um papel vital na regulação de carboidratos e na formação de paredes celulares das plantas (Soares; Alleoni; Casagrande, 2005).

O boro e manganês foram os únicos micronutrientes que tiveram significância estatística em relação aos teores no solo.

O comportamento do boro no solo sob o efeito das diferentes doses de biofertilizante (0, 10, 20, 40, 80, 160 ml ha<sup>-1</sup>) mantém a mesma performance do magnésio e do potássio, como se pode verificar no gráfico de dispersão, visualizado na figura 6.

**Figura 6** – Teores de Boro (B) no solo, sob diferentes doses de biofertilizante



Fonte: Autores 2024

Assim como todos os micronutrientes, o boro é requerido pelas plantas em quantidades bem menores, porém, esse micronutriente é relevante no crescimento vegetal desde que a dose seja adequada. Pouco boro no solo causará deficiência e não haverá sinergismo com o potássio. Em excesso no solo, pode causar toxidez. Vale ressaltar que o baixo teor de fósforo no solo pode interferir no metabolismo do boro, agravando os sintomas de deficiência ou toxidez (Sinha; Dube; Chatterjee, 2003).

O boro é associado ao crescimento, desenvolvimento celular e ajuda a manter a integridade das membranas, assim, como o cálcio e magnésio, ele faz parte das paredes celulares das plantas como as pectinas. O boro também participa na síntese da base nitrogenada uracila que é importante na formação de proteínas e na tolerância ao alumínio. No solo, a principal fonte de boro é a matéria orgânica, quando no solo, o boro pode ser imediatamente absorvido pelas plantas. Em solos brasileiros, os teores totais de boro podem variar de 31 a 54 mg kg<sup>-1</sup> e estar disponíveis de 0,06 a 0,32mg dm<sup>-3</sup>. Porém, elevadas concentrações de cálcio na planta podem proporcionar maior requerimento de boro (Mendes, 2007; Batista *et al.*, 2018).

A adsorção de boro aumenta com elevação do pH e a concentração do nutriente, o que pode reduzir as perdas por lixiviação (Catani *et al.*, 1971). Com um  $R^2 = 0,9045$  em uma análise de regressão linear, conforme figura 6, indica que aproximadamente 90,45% da variabilidade dos dados de boro no solo podem ser explicadas pelo modelo de regressão utilizado, significando que o modelo é bastante

adequado para prever os valores de boro no solo. Isso ratifica que há uma forte correlação entre as variáveis independentes do modelo e a concentração de boro no solo.

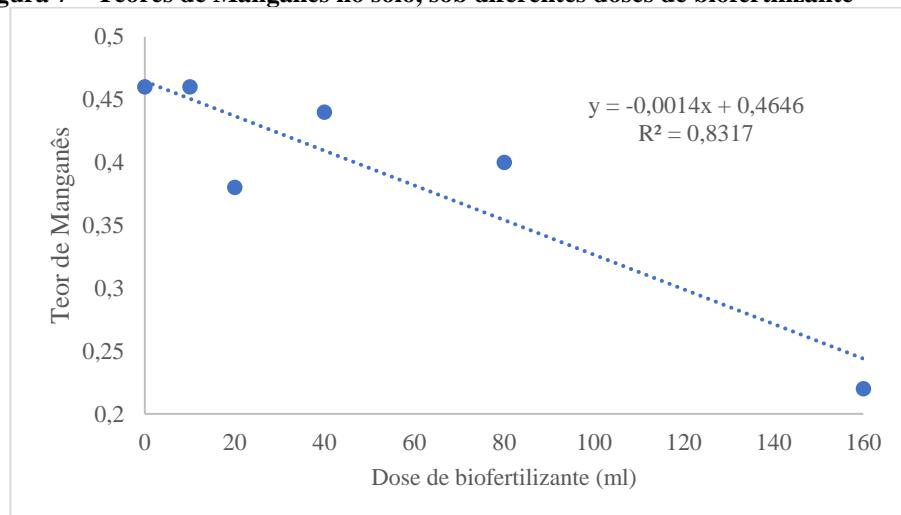
### 3.2.7 Manganês

O manganês no solo tem um papel complexo e ele é um micronutriente essencial para as plantas, porém, deve ser administrado com cautela, porque pode se tornar tóxico em altas concentrações (Borkert, 1991).

Para o manganês, observa-se na figura 7 um efeito linear negativo, ou seja, contrário à matéria orgânica, magnésio e boro. A partir do aumento das doses de biofertilizante, há diminuição linear do teor de manganês no solo, para cada ml diminui  $0,0014 \text{ cmol}/\text{dm}^3$  do nutriente. Esse fato pode ter a ver com a elevação do pH, pois isso pode influenciar na diminuição de alguns micronutrientes e, dependendo, podem ser tóxicos para as culturas. Esse micronutriente deve ser administrado com cautela devido à facilidade de toxidez.

O resultado da análise do Manganês no solo estudado é demonstrado na figura 7 a seguir.

**Figura 7 – Teores de Manganês no solo, sob diferentes doses de biofertilizante**



Fonte: Autores 2024

As boas práticas agrícolas como a calagem podem ser utilizadas para ajustar o pH do solo e, consequentemente, a disponibilidade de manganês. A gestão adequada do pH do solo é crucial para manter o equilíbrio do manganês e evitar tanto a deficiência quanto a toxicidade. No entanto, em solos ácidos (pH baixo), a disponibilidade de manganês aumenta, podendo levar à toxicidade e causar manchas marrons nas folhas e reduzir a absorção de outros nutrientes essenciais. Por outro lado, em solos alcalinos (pH alto), a disponibilidade de manganês diminui, podendo causar deficiência nutricional nas plantas e amarelamento nas folhas (Malavolta *et al.*, 1989).

Como o pH pode influenciar diretamente a disponibilidade de manganês para as plantas, em solo com pH 7 como mostra o gráfico de dispersão, que pode ser considerado neutro, esperava-se que a disponibilidade de manganês fosse moderada, no entanto, o valor de  $R^2 = 0,8317$  indica uma forte correlação entre a variável dependente e independente, sugerindo que o manganês tem um impacto significativo no solo estudado, conforme figura 7.

Portanto, pode-se inferir que o teor de manganês tem impacto considerável na característica do solo estudado, seja ela de fertilidade, estrutura ou outra propriedade relevante. É importante lembrar que correlação não implica causalidade, embora pareça ter impacto significativo, é necessário realizar mais investigação para estabelecer uma relação causal definitiva, porque outros fatores podem influenciar o solo.

#### **4 CONCLUSÃO**

Pela ótica política mundial em busca da sustentabilidade percebe-se que este trabalho aborda a agricultura sustentável, saúde e bem-estar, inovação tecnológica, comunidades sustentáveis, consumo e produção responsáveis, através de pesquisa e estudos sobre a suinocultura, dejetos, biodigestor, biodigestão anaeróbica, biogás, bioenergia e biofertilizante.

Do ponto de vista econômico e social a suinocultura é uma atividade importante para as pequenas e médias propriedades agrícolas, porque fixa o homem no campo gerando empregos diretos e indiretos na produção de alimentos para atender a demanda mundial.

Contudo, o aumento de produção suinícola causa problemas ambientais gravíssimos, por conta do grande volume de dejetos produzidos e a maior parte destes resíduos não recebem tratamento adequado para serem descartados. Ademais, a melhor forma de tratamento dos dejetos é por meio de um biodigestor anaeróbico, que através da digestão anaeróbica transforma os dejetos suínos em biogás e biofertilizante, sendo uma alternativa que deve ser avaliada com seriedade, pois o biodigestor em virtude de seus produtos finais, oferece soluções aos propriedades rurais, relacionados aos problemas de déficit de fornecimento de energia elétrica e da carência nutricional do solo. Sendo assim, pode-se dizer que o equipamento pode ser usado para tratamento dos dejetos de suínos de forma eficiente na produção de energia limpa (biogás) e biofertilizante.

Como o biogás pode ser usado para aquecimento ou produção de energia elétrica por meio de um conversor de energia, ele é uma fonte de energia autossustentável e barata que pode ser usada para gerar outros subprodutos. Ademais, a utilização do biogás diminui consideravelmente a emissão de gases do efeito estufa, a poluição dos recursos naturais e do ar, melhorando a saúde e o bem-estar das pessoas.

O biofertilizante por sua vez auxilia a agricultura e os produtores tornando-os mais acessíveis e sustentáveis economicamente e socialmente, através do consumo e produção responsável. Assim, o biofertilizante quando incorporado ao solo é capaz de elevar os teores de macronutrientes e micronutrientes essenciais para melhorar a estrutura físico-química do solo, revigorando-o as plantas e estimulando o aumento da produtividade.

Os tipos de plantas que podem se beneficiar da nutrição com biofertilizantes suínos incluem as leguminosas como feijão, soja, aveia e ervilha, que são capazes de fixar nitrogênio atmosférico e enriquecer o solo com outros nutrientes e favorecer a irrigação.

As hortaliças como o espinafre, alface e cenoura podem ser cultivadas usando o biofertilizante, para isso, recomenda-se que o solo seja analisado e corrigido para depois usar o biofertilizante suíno. As culturas perenes como as árvores frutíferas e arbustos também podem se beneficiar com o aumento dos teores de nutrientes do biofertilizante suíno no solo como macieira, goiabeira, maracujazeiro, cajuzeiro e outras.

Do ponto de vista de pesquisa futura sobre biogás, energia elétrica, biofertilizante, produção agrícola, sustentabilidade e bem-estar social, este trabalho visa contribuir com os futuros pesquisadores porque facilita o entendimento dos benefícios da aplicação do biofertilizante no solo.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, T. D. Biofertilizante. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas/biofertilizante>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- BATISTA, M. A. et al. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. 2018. Disponível em: <https://backoffice.books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao-9786586383010-06.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2024.
- BORKERT, C.M. Manganês. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p.173-189.
- CASTRO, C. de et al. Magnésio: manejo para o equilíbrio nutricional da soja. [S.l.: s.n.], 2018.
- CATANI, R. A; ALCARDE, J. C.; KROLL, F. M. A adsorção de boro pelo solo. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, v.28, p.189-198, 1971.
- COSTA, E. M., SILVA, H. F., RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.9, n. 17; p. 1842, 2013.
- COSTA, J. P. V.; BARROS, N. F.; BASTOS, A. L.; ALBUQUERQUE, A. W. Fluxo difusivo de potássio em solos sob diferentes níveis de umidade e de compactação. Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental, v.13, n. 1, p.56-62, 2009.
- EMBRAPA. Biofertilizante Hortbio: propriedades agronômicas e instruções para uso. Brasília, 2017. (Circular técnica n.162). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/CT-162.pdf> (embrapa.br). Acesso em 13 out. 2023.
- EMBRAPA. Teores de potássio no solo, estado nutricional e produção de matéria seca de alfafa em função de doses e frequência da adubação potássica após dois anos de cultivo., Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Pecuária Sudeste, v. 33, p.25, 2012.
- EMBRAPA. Fungo trichoderma é aliado no controle biológico de doenças em culturas agrícolas. Brasília. Jun. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/noticia/53541439/fungo-trichoderma-e-aliado-no-controle-biologico-de-doencas-em-culturas-agricolas>. Acesso em 12 maio 2024.
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Tradução e notas de E. Malavolta. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341 p.
- FREIRE, O. Solo das regiões tropicais. Botucatu: FEPAF, 2006.
- GOES, R. J. Modelagem Fuzzy do acúmulo de matéria seca e das variáveis nutricionais de coberturas vegetais de preparo para o sistema de plantio direto em resposta à diferentes doses de nitrogênio. 2019. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Tupã –SP, Tupã, 2019.

KHORRAMDEL, S.; KOCHEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. *Soil & Tillage Research*, v.133, p.25-28, 2013.

LEPSCH, I. F. 19 lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M.L.; CABRAL, C.P.; MATSUNAGA, E. Nota sobre a deficiência de manganês na mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.64, n.2, p.107-117, 1989.

MENDES, A. M. S. Aula ministrada no Curso de Manejo e Conservação do Solo e da Água promovido pela superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado da Bahia – SFA - BA/SDC/MAPA, no auditório da UFBA, em Barreiras-BA, no período de 29/05 a 01/06/2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/35800/1/OPB1291.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2024.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. van. Análise e interpretação do potássio no solo. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 2004, São Pedro -SP. Anais [...]. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 93-118.

OLIVEIRA, R. Oportunidades para uso de fisiológicos e alternativas para escassez de fertilizantes. Agroinsight, 30 dez. 2021. Disponível em: <https://agroinsight.com.br/oportunidades-para-uso-de-fisiologicos-e-alternativas-para-escassez-de-fertilizantes/>. Acesso em: 31 jul. 2023.

RICHERT, J. M.; GUBIANI, P.I. Propriedades químicas do solo.2011. Disponível em: [http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Disciplinas/FundCiSolo/FCS\\_5aProps\\_quimicas.pdf](http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Disciplinas/FundCiSolo/FCS_5aProps_quimicas.pdf). Acesso em: 10 mar. 2024.

RONQUIN, C. Cesar. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

ROUSSON, V.; GOSONIU, N. F. An -Square Coefficient Based on Final Prediction Error. *Statistical Methodology*, v. 4, n. 3, p. 331–340, 2007.

SANTOS, M. R. 2012. Rendimento, qualidade e absorção de nutrientes pelos frutos de abóbora em função de doses de biofertilizante. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.30, n.1, p. 160-167, mar. 2012.

SARAIVA, J. R.; FAQUIN, V.; TOLEDO NETO, S. de; CASTRO, G. de. Dinâmica do Magnésio no Sistema Solo - Planta - Ambiente. *Agromove*, 11 de maio de 2023. Disponível em: <https://blog.agromove.com.br/magnesio-solo-planta-ambiente>. Acesso em. janeiro de 2024.

SEGANFREDO, M. A. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 16, n.3, p.129-141, set/dez. 1999.

SILVA. W. T. L. et al. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbico para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. *Química Nova*. São Paulo. v.35, n.1, 35-40, jan. 2012.

SINHA, P.; DUBE, B. K.; CHATTERJEE, C. Phosphorus stress alters boron metabolism of mustard. *Communication a Soí Science and Plant Analysis*, v. 34, p. 315-326, 2003.

SOARES, M. R.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Parâmetros termodinâmicos da reação de adsorção de boro em solos tropicais altamente intemperizados. *Química Nova*, v. 28, n. 6, p. 1014-1022, 2005.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de; SILVA, J. E. Adubação potássica. In: SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de; LOBATO, Edson (Eds). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.169-182.