



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

ÍTALO LUIS DE MELO SILVA

**ESTERCO BOVINO ASSOCIADO COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM
PIMENTÃO SOB SISTEMA DE TRANSIÇÃO ORGÂNICO NO AGRESTE
PARAIBANO**

**AREIA
2023**

ÍTALO LUIS DE MELO SILVA

**ESTERCO BOVINO ASSOCIADO COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM
PIMENTÃO SOB SISTEMA DE TRANSIÇÃO ORGÂNICO NO AGRESTE
PARAIBANO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da Universidade
Federal da Paraíba, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias.

Coorientador: Dr. Ramon Freire da Silva.

**AREIA
2023**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586e Silva, Ítalo Luis de Melo. Esterco bovino
associado com substâncias húmicas em pimentão sob
sistema de transição orgânico no Agreste Paraibano /
Ítalo Luis de Melo Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2023.
34 f. : il.

Orientação: Bruno de Oliveira Dias.

Coorientação: Ramon Freire da Silva.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Agricultura familiar. 3. Ácido
húmico. 4. Adubação orgânica. I. Dias, Bruno de
Oliveira. II. Silva, Ramon Freire da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

ÍTALO LUIS DE MELO SILVA

**USO DE ESTERCO BOVINO ASSOCIADO COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM
PIMENTÃO SOB SISTEMA DE TRANSIÇÃO ORGÂNICO NO AGRESTE
PARAIBANO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da Universidade
Federal da Paraíba, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 10/05/2023

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
DSER/CCA



Dra. Kalline de Almeida Alves Carneiro
Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTI)



Dr. Renato Francisco da Silva Souza
Universidade Federal do Amazonas (UFPB)
Instituto de Educação Agricultura e Ambiente (IEAA)

Aos meus familiares, em especial aos meus pais Reginaldo Luis da Silva e Verônica de Melo Silva, por todo o amor, dedicação, paciência e incentivo. DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por estar sempre junto a mim, me fortalecendo a cada barreira imposta em meu caminho.

Aos meus pais Reginaldo Luis de Silva e Verônica de Melo Silva pela dedicação e amor incondicional, por todo o esforço e em momento algum deixarem faltar nada em minha trajetória, mesmo diante das dificuldades. Devo a eles tudo que sou, pois, essa conquista também é deles.

A minha irmã Ialli Luiza de Melo Silva, por todo o tempo dedicado, amor e carinho.

Aos amigos e irmãos(as) de coração Ednaldo, José Cleiton e Rogério, toda amizade e momentos de tristeza e alegria.

A meu orientador Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias por todos os ensinamentos profissionais e pessoais que carregarei por toda minha vida.

A meu coorientador e amigo Dr. Ramon Freire da Silva por todos os ensinamentos e momentos.

A toda a equipe do Laboratório de Matéria Orgânica do Solo em especial a professora Vânia Fraga, Renato, Kalline, Geizy e Rodolpho por toda amizade e ensinamentos antes e durante a execução desse trabalho.

A fabricante de motos Honda, por ter montado a moto que me ajudou a se deslocar por toda a graduação.

Ao Bar do João, Mineiro, Aroma da Serra, Castelo por todas as refeições e bebidas a mim servidas.

A Xãina por todo companheirismo incondicional.

Aos os amigos de bloco Franklin, Rayan, Vinícius, Silas por todo o apoio e amizade.

Aos amigos e colegas de curso Bruna, Ery, Thomazia, entre outros por toda amizade e troca de conhecimentos.

A Rhadija Gracyelle por toda a ajuda e disponibilidade de tempo para obtenção dos dados deste trabalho, além de sua amizade e companheirismo.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba – FAPESQ pelo financiamento parcial do projeto de pesquisa: Viabilidade de adubos orgânicos na produção de hortaliças em empresas de transição e/ou com certificação orgânica no Agreste paraibano, aprovado pelo edital Nº 09/2021 Demanda Universal.

A Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de realizar um curso superior.

“Complicações surgiram, continuaram e foram superadas”.

Capitão Jack Sparrow

RESUMO

A produção orgânica no Nordeste brasileiro, está intimamente associada as pequenas áreas de cultivo e produções familiares, sendo estas, extremamente importantes para os aspectos social, econômico e ecológico. A redução na disponibilidade de adubos orgânicos, tais como o esterco bovino, fez com que os produtores buscassem alternativas para diminuição da dependência por esse insumo, sem haver a perda na produtividade, dessa forma, a utilização de modo associado com substâncias húmicas tem se mostrado uma excelente alternativa, visando a maior disponibilidade de nutrientes na solução do solo. Objetivou-se Determinar a concentração de nutrientes no solo adubado com esterco bovino associado com substâncias húmicas na cultura do pimentão. A pesquisa foi desenvolvida na propriedade rural Canteiro Cheiro Verde, localizado no município de Nova Floresta, microrregião do Curimataú Paraibano, apresentando coordenadas geográficas 6° 27' 8" latitude Sul, 36° 12' 26" longitude Oeste, 660 metros de altitude, com clima classificado por Köppen tipo As' ", que significa Clima Tropical com estação seca de verão, chuvas de inverno-outono. O solo da área experimental, de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo – SiBCS foi classificado como Latossolo Amarelo Eutrófico típico. Os tratamentos seguiram em delineamento fatorial, organizados em parcelas subdivididas 4 x 3, 4 repetições e 4 plantas por repetição, 16 plantas por parcela, formando um *stand* de 192 plantas. As unidades experimentais foram constituídas por 12 tratamentos, com 4 doses de esterco bovino 8,0; 18,0; 28,0 e 38,0 t ha⁻¹ e 3 doses de Humus organomineral 0; 33; e 42,5 ml por parcela, na proporção 1: 10 (m:v) correspondendo a 0; 8,0; 12,0 Kg ha⁻¹ sendo aplicados linearmente e parcelado em 4 aplicações: transplântio, crescimento vegetativo, início da frutificação e primeiras colheitas. A adição excessiva de esterco pode favorecer relações antagônicas, reduzindo assim, a disponibilidade de determinados elementos na solução do solo, tais como, o magnésio. O fomento na liberação dos ácidos orgânicos, propicia a maior solubilização de P na solução do solo. Os teores de potássio no solo são favorecidos com a adição de doses crescente esterco, acarretado pela elevação da CTC e redução do processo de perdas. A adição de esterco ao solo favorece o aspecto químico de maneira que, o controle das dosagens se faz necessário. Ao utilizar a quantidade que propicia a maior produção das plantas de pimentão, um novo ciclo de cultivo pode ser iniciado sem a necessidade de incremento na adubação.

Palavras-Chave: agricultura familiar; ácido húmico; adubação orgânica.

ABSTRACT

Organic production in the Brazilian Northeast is closely associated with small areas of cultivation and family production, which are extremely important for social, economic and ecological aspects. The reduction in the availability of organic fertilizers, such as cattle manure, has made producers seek alternatives to reduce dependence on this input, without loss of productivity. an excellent alternative, aiming at greater availability of nutrients in the soil solution. The objective was to determine the concentration of nutrients in the soil fertilized with bovine manure associated with humic substances in the pepper crop. The research was carried out on the rural property Canteiro Cheiro Verde, located in the municipality of Nova Floresta, microregion of Curimataú Paraibano, with geographic coordinates 6° 27' 8" South latitude, 36° 12' 26" West longitude, 660 meters of altitude , with a climate classified by Köppen type As' "", which means Tropical Climate with a dry summer season, winter-autumn rains. The soil in the experimental area, according to the criteria of the Brazilian Soil Classification System – SiBCS, was classified as a typical Eutrophic Yellow Latosol. The treatments followed a factorial design, organized in 4 x 3 split plots, 4 replications and 4 plants per replication, 16 plants per plot, forming a stand of 192 plants. The experimental units consisted of 12 treatments, with 4 doses of bovine manure 8.0; 18.0; 28.0 and 38.0 t ha⁻¹ and 3 doses of organomineral humus 0; 33; and 42.5 ml per portion, in the ratio 1: 10 (m:v) corresponding to 0; 8.0; 12.0 Kg ha⁻¹ being applied linearly and divided into 4 applications: transplanting, vegetative growth, beginning of fruiting and first harvests. The excessive addition of manure can favor antagonistic relationships, thus reducing the availability of certain elements in the soil solution, such as magnesium. Fostering the release of organic acids provides greater P solubilization in the soil solution. Potassium levels in the soil are favored with the addition of increasing doses to manure, resulting in an increase in CEC and a reduction in the loss process. The addition of manure to the soil favors the chemical aspect so that dosage control is necessary. By using the amount that provides the highest production of pepper plants, a new cultivation cycle can be started without the need to increase fertilization.

Keywords: family farming; humic acid; organic fertilizer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rota de formação das substâncias húmicas.	16
Figura 2 - Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K), Fósforo (P), *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.	23
Figura 3 - Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K), Fósforo (P), *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.	244
Figura 4 - Análise de componentes principais (ACP) para variáveis nutricionais do solo: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Fósforo (P), Potencial Hidrogeniônico (pH), Acidez Potencial (H + Al), Carbono Orgânico (C), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca.	26
Figura 5 - Variáveis nutricionais do solo Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K), Fósforo (P).	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-químicas de esterco bovino.....	13
Tabela 2 - Caracterização química do solo pré-instalação do experimento.....	19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1	Esterco na Agricultura	12
3.2	Produção Orgânica.....	13
3.3	Certificação Orgânica no Brasil.....	14
3.4	Cultura do Pimentão	15
3.5	Importância Econômica	15
4	MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1	Caracterização da área experimental	17
4.2	Fontes de adução orgânica.....	18
4.3	Condução do experimento	18
4.4	Coleta do solo e análises	19
1.1	Análises Químicas	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
6	CONCLUSÃO	27
	REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

A produção orgânica no Nordeste brasileiro, está intimamente associada as pequenas áreas de cultivo e produções familiares, sendo estas, extremamente importantes para os aspectos social, econômico e ecológico, a qual, possibilita a alimentação das famílias, geração de renda e preservação dos recursos naturais.

A aplicação de corretivos e adubação representa em média 23,4% do custo de produção da cultura do pimentão (RIBEIRO, 2000). Fatores como a qualidade e o rendimento das culturas, sofrem grande influência pela disponibilidade de nutrientes e armazenamento de carbono no solo (BHUNIA et al., 2021). De maneira que, o uso prolongado de fertilizantes sintéticos, provoca a poluição das fontes de água subterrânea, afeta negativamente o pH do solo e prejudica a saúde dos microrganismos promotores do crescimento das plantas (LIN et al., 2019).

Um dos principais entraves na produção orgânica, está ligada a aquisição de insumos orgânicos para as áreas de cultivo. Fatores como o frete e valor do insumo, sofreram um aumento substancial em decorrência das variações de preço ocasionada pelos reflexos econômicos da pandemia de Covid-19.

A associação do uso do esterco bovino ao disponibilizar nutrientes para as plantas com as substâncias húmicas, as quais aumentam a atividade das ATPases membranares favorecendo a entrada de nutrientes nas células vegetais e ativador de genes promotores de fitohormônios, é uma estratégia de manejo de adubação importante para melhorar a qualidade e a produtividade de hortaliças. Entretanto, o efeito dos bioestimulante é fortemente dependente da fonte, dose, conteúdo em moléculas bioativas, peso molecular e modo de aplicação da substância (NARDI et al., 2021). Portanto, estudos para definição e adequação as condições ambientais nos ecossistemas de cultivos são necessárias para maximizar o efeito dos bioestimulantes nos ecossistemas de cultivos.

A produção de hortaliças no Brasil é uma atividade que se estende por todo território nacional. A comercialização de produtos hortifrutigranjeiros em 2021, movimentou cerca de 17.490.997 toneladas de produtos, representando R\$ 47,54 bilhões, de maneira que, o estado da Paraíba representou cerca de 187.459 toneladas de produtos, representando R\$ 414.405.507 milhões (CONAB, 2022).

Apesar de que, os pimentões não sejam uma das principais hortaliças a serem consumidas em todo o mundo, o mesmo, tem demonstrado um aumento na sua procura de 55% nos últimos vinte anos (FAO, 2018). Atualmente, os pimentões são reconhecidos como um

“superalimento” (KANTAR et al., 2016). As pimentas são frutos que dispõem de baixos níveis calóricos (31 Cal/100g), têm sabor intenso e alta concentração de vitaminas (MOHAMMADI et al., 2017). Desse modo, calcula-se que a demanda do mercado por pimentas seja alavancada, acarretando um aumento substancial da produção (WYNGAARD e KISSINGER, 2019).

O aumento do fluxo de informações e estudos acerca dos hábitos alimentares, aliado as melhores condições de renda, propiciaram a elevação global do consumo de vegetais. As preferências alimentares da população demonstram uma mudança de paradigma nos últimos 20 anos, evidenciando o crescente interesse no seguimento de alimentos orgânicos (EYINADE et al., 2021).

Diversos especialistas da indústria alimentícia, apontam que existe um grande potencial para o mercado de alimentos orgânicos, sendo que, seu consumo tornou-se preeminente em todo o mundo (ASIAN et al., 2019). A busca por alimentos com menor ou nenhum uso de agroquímicos, é impulsionada mediante os impactos negativos causados pelos mesmos a saúde humana.

As espécies do gênero *Capsicum* – pimentões e pimentas – têm grande importância econômica e agrícola, sendo largamente produzidas e consumidas mundialmente. Em virtude principalmente de seus atributos culinários e alto valor nutricional, incluindo seu conteúdo de vitamina C, antioxidantes e capsaicinóides (WANG et al., 2016).

2. OBJETIVOS

Determinar a concentração de nutrientes no solo adubado com esterco bovino associado com substâncias húmicas na cultura do pimentão.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Esterco na Agricultura

Os resíduos dos animais, tem a capacidade de ser uma matéria prima rica em nutrientes, propiciando a produção de fertilizantes orgânicos (IGLESIAS et al., 2021). O esterco, apresentasse como um dos principais fertilizantes orgânicos, sendo amplamente utilizado pelos produtores, quando incorporado ao solo, tem a capacidade de melhorar a fertilidade, disponibilidade de nutrientes, além de prevenir o efeito de acidificação do solo (MEI et al., 2021).

A utilização de esterco, apresenta potencialidade de substituir fertilizantes de origem industrial, minimizando o impacto da fertilização química nos solos (Li et al., 2018). É uma realidade bastante difundida, que os fertilizantes químicos usados na agricultura tem a capacidade de poluir o meio ambiente (PEDRAYES et al., 2023). Sendo considerado um

recurso natural atraente, fomentando a melhoria das propriedades químicas e físicas do solo (TALLOU et al., 2020). Além do que, a aplicação de esterco por longo período de tempo, estimula o aumento de bactérias, fungos e outros microrganismos (WANG et al., 2020).

A adubação orgânica além de disponibilizar nutrientes pelo processo de mineralização contribui para a melhoria da estruturação do solo, equilíbrio térmico, favorecendo a aeração, melhorando a dinâmica de água no solo (VOLTR et al., 2021).

Com o desenvolvimento acelerado da pecuária, o esterco de gado é gerado em grande escala nas fazendas (GONG et al., 2023). A qual, pode ser considerado como a excreção da espécie animal bovina herbívora abrangendo tanto as fezes quanto a urina, em proporcionalidade de cerca de 3:1, a excreção é resultado de sua dieta, sendo composta especialmente de materiais lignocelulósicos e minerais, tais como, de ferro, magnésio, manganês, cobre, cobalto e enxofre (ONWOSI et al., 2022). Elementos como nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo e zinco podem ser encontrados em quantidades maiores (FONT-PALMA, 2019). podendo haver alterações nos teores de nitrogênio, carbono orgânico, íons metálicos, microflora e teor de umidade dos dejetos animais entre um rebanho para outro (ALFA et al., 2014).

O esterco de gado, possui uma comunidade microbiana variada, incluindo espécies bacterianas como *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Enterobacter* e *Corynebacterium*, levedura pertencente às espécies *Saccharomyces* e *Candida* e protozoários (RANDHAWA e KULLAR, 2011).

Na tabela 1, possibilita a observação dos teores nutricionais e a capacidade de troca catiônica do esterco bovino:

Tabela 1. Características físico-químicas de esterco bovino.

	N total	P disponível	K trocável	Ca trocável	Mg trocável	CTC
Quantidade t ha⁻¹	-----	mg kg ⁻¹ -----	-----	-----	cmol _c kg ⁻¹ -----	-----
20	500 - 650	31,0 - 30,3	250,8 - 265,2	8,5 - 8,7	2,7-3,0	19,1-21,0

Fonte: (RAYNE e AULA, 2020).

3.2. Produção Orgânica

A agricultura orgânica é praticada em sua essência por pequenos produtores, que ao longo dos anos passaram os ensinamentos de bem estar natural entre gerações, de maneira que, ao longo dos anos um nicho de mercado foi aberto, acarretando na adesão de produtores de

grande porte ao setor. No ano de 2019 cerca de 187 países, e 72,3 milhões de hectares de terras agrícolas foram manejados organicamente, a qual, admitiam 3,1 milhões de pessoas, totalizando vendas globais de alimentos e bebidas orgânicas de 106 bilhões de euros (FAO, 2021).

Muitos desses países apresentam menos de 10% de suas terras agricultáveis destinados a agricultura orgânica, de maneira que, os países da América Latina representam cerca de 8,3 milhões de hectares, elemento preocupante, tendo em vista que, esse tipo de cultivo é considerado uma tendência (WILLER et al., 2021).

No Brasil a discussão sobre orgânicos tomou força nos anos 70, muitas dessas desses movimentos em repressão ao maior uso de tecnologias provenientes da revolução verde. O primeiro passo foi dado com a normativa que reconheceu oficialmente os orgânicos, sendo publicada em 1999, normativa 007, a qual, depois de alguns anos foi estabelecida a Lei 10.831 de 2003 que determinou regras para produção e comercialização de produtos de origem agrícola e pecuário no âmbito de todo território nacional.

No país, há um total de 64.690 estabelecimentos orgânicos, sendo 15.360 estabelecimentos que não estão classificados como agricultura familiar e 49.330 estabelecimentos da agricultura familiar (IBGE, 2021).

3.3.Certificação Orgânica no Brasil

Com o estabelecimento da normativa de número 007, apresentou o conceito do que seria considerado um produto orgânico a partir daquele momento. (MAPA, 1999). A instrução normativa de nº 19, publicada no ano de 2009, balizou os parâmetros de avaliação para certificação orgânica, estabelecendo a regulação dos Sistemas Participativos de Garantia (SPGs) e seus Organismos Participativos de Avaliação da Conformidade (OPAC). De forma a definir criação das Organizações de Controle Social (OCSs) e o funcionamento dos Organismos de Avaliação da Conformidade (OAC) como as certificadoras. Possibilitando assim, a ação de mecanismos de controle de qualidade e informação de produções orgânicas (MAPA, 2009).

Para que o produtor consiga a certificação orgânica, deve inicialmente, contatar uma das certificadoras credenciadas pelo INMETRO, MAPA ou um Organismo Participativo de Avaliação da Conformidade (OPAC). Posteriormente, será realizado um diagnóstico em conformidade com as alterações técnicas sugeridas, levando em consideração os custos orçamentários para possíveis adequações. Logo após, é emitido um documento juntamente com a responsável pela certificação, para realização das mesmas, de maneira imediata a formalização do processo de adequação, dar-se entrada com processo na auditoria para

conquista da certificação, posteriormente, são marcadas as visitas técnicas (auditorias) (DANTAS; FREITAS, 2020).

3.4. Cultura do Pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum*) é uma planta pertencente à família Solanaceae de origem a América do Sul, comumente conhecido como pimenta doce, capsicum, pimenta verde (ROKNI et al. 2021).

Cerca de 42 espécies tornaram-se descritas no gênero *Capsicum*, incluindo cinco espécies domesticadas: *Capsicum annuum* L., *Capsicum frutescens* L., *Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum baccatum* L. e *Capsicum pubescens* (BARBOZA et al., 2020). Sendo o *C. annuum* considerado a espécie mais difundida em termos de cultivo dentre as domesticadas (CAO et al., 2022).

As espécies de *Capsicum* apresentam porte arbustivo, anual, produzindo flores com corolas predominantemente estreladas a rotativas, excepcionalmente também urceoladas ou campanuladas, com variados padrões de coloração, e bagas carnosas, principalmente globular, de tamanhos e cores irregulares (GARCIA et al., 2016).

As plantas de pimentão, produzem frutos carnosos não climatéricos, nos quais o amadurecimento e a senescência são definidos por importantes mudanças visuais e metabólicas, sendo a variação de cor causada pela degradação da clorofila e biossíntese de novos pigmentos, sendo consideradas as mais óbvias (CHAKI et al., 2015). Os frutos de pimentão apresentam uma ampla variedade de cores e sabores (SIDEMAN, 2020).

A crescente popularização dos pimentões pode ser associada ao frescor e firmeza da fruta após a colheita, a qual é convencionalmente mantida ao longo do processo de distribuição da cadeia de frio (MA et al., 2021). Juntamente ao seu sabor agradável e delicado, aliado ao elevado teor de várias vitaminas e elementos minerais, tendo um papel importante na dieta humana (SREEDHARA et al., 2013).

3.5. Importância Econômica

A produção de pimentões concentra-se principalmente no continente Asiático 66,2%, seguidos por Europa 9,9%, África 11,1%, América 12,7% e por fim no continente da Oceania 0,1% (FAO STATISTIC, 2020). No ano de 2020, seguindo a mesma base de dados FAO (2020) a produção mundial total foi 4.157.14 milhões de toneladas, cultivados em uma área total 1.1615.14 mil hectares, dentre esses os maiores produtores mundiais foram China, México e Indonésia com 16.6; 2.8; 2.7 milhões de toneladas, respectivamente.

O setor chega a movimentar cerca de R\$ 25 bilhões, impactando por volta de 7 milhões de empregos diretos e indiretos. Em termos comparativos, a cadeia da soja gera pouco menos de 3,8 milhões de empregos diretos, em quantidade de área superior a 34 milhões de hectares de Norte a Sul do País.

Segundo o último censo IBGE (2018), a produção brasileira de pimentão no ano de 2017 foi de 224.286 t, produzido em 32.507 estabelecimentos rurais. Os principais estados produtores foram São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e Rio de Janeiro, que juntos no ano de 2017, cultivaram 8.292 hectares de pimentão (IBGE, 2018). No mesmo ano o Estado Paraíba produziu 3.519 t, correspondendo a 1,56% do total produzido.

3.6. Substâncias Húmicas

As substâncias húmicas (SH), são classificadas como compostos orgânicos concentrados, gerados por meio da ação microbiana e que diferem dos biopolímeros por sua estrutura molecular e elevada permanência no solo (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014).

O termo substâncias húmicas é utilizado cientificamente para caracterizar componentes específicos, gerados durante o processo de humificação, e que, seu isolamento e fracionamento pode ser efetuado de várias maneiras (HAYES e SWIFT, 2020). A constituição e o processo de decomposição das (SH), são refletidos em diversas funções ecológicas e qualidade do solo, a qual, englobam-se capacidade de retenção de umidade, estabilidade estrutural e sua biologia (Figura 1) (O'ROURKE et al., 2015; SARKER et al., 2018).

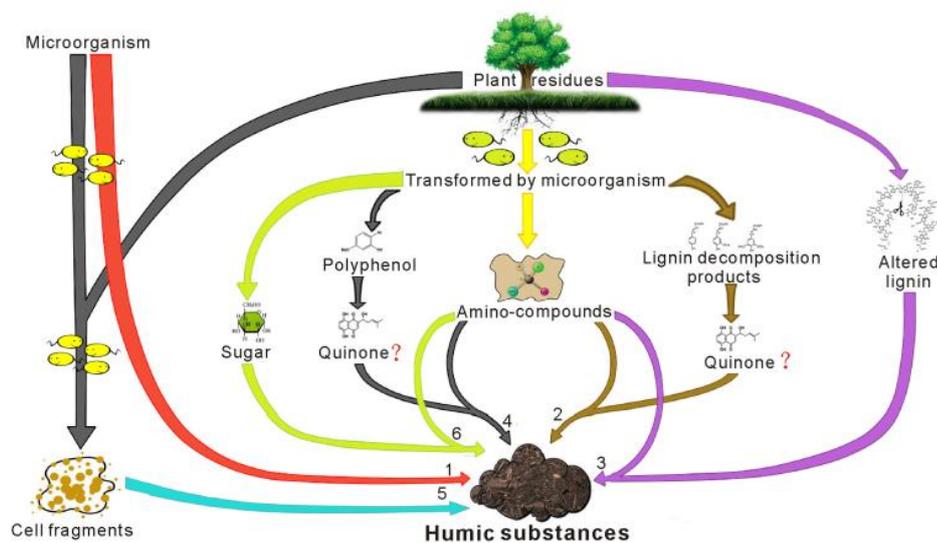


Figura 1. Rota de formação das substâncias húmicas.

Fonte: Dou, (2020).

As substâncias húmicas, apresentam um padrão estrutural único, sendo diferente de qualquer um outro grupo de compostos do solo, e a composição de seus produtos químicos, podem muito bem corresponder a da matéria orgânica natural (GARCÍA et al., 2019; OLK et al., 2019).

A matéria orgânica do solo (MOS), atua de forma vital no transporte global de (C), a qual, contém mais (C) orgânico do que, o identificado na atmosfera e nas plantas vivas (SCHLESINGER e ANDREWS, 2000). Podendo ser considerada um importante captador de carbono, que tem a capacidade para amenizar o efeito estufa (WU et al., 2022). Além de, realizar diversas funções ecológicas e ambientais, tais como, preservar a fertilidade do solo, fomentar o crescimento das plantas e controlar do destino da contaminação ambiental (GERKE, 2018).

É estimado que entre 50 a 80% da matéria orgânica do solo, seja composta pelas substâncias húmicas, as quais, são constituídas pelas frações ácidos fúlvicos (F-AF), ácidos húmicos (F-AH) e huminas (F-HU), sendo os componentes mais abundantes e reativos da MOS, além de ser um marcador chave para a qualidade do solo (LI et al., 2019; SHAKER et al., 2012).

A complexidade das interações químicas e bioquímicas das SH nos solos, também são responsáveis por otimizar a qualidade do solo e manutenção da fertilidade do mesmo, além da dissociação de íons H^+ principalmente de grupos carboxílicos e fenólicos, criando sítios negativos para facilitar a capacidade de troca catiônica (TIWARI et al., 2023). A adição de SH ao solo, proporciona a manutenção da capacidade tampão do solo, como também a imobilização de metais pesados, incremento na concentração de C orgânico, macro e micronutrientes (HU et al., 2021).

3.7. Bioestimulador na cultura do pimentão

Os bioestimulantes são considerados como substâncias biológicas que estimulam os processos e funções fisiológicas das plantas, elevam a eficiência de absorção de nutrientes e tolerância a estresses, além de, otimizar a qualidade da cultura (WOO e PEPE, 2018). Os bioestimulantes, agem como impulsionadores metabólicos, fitoestimuladores, biofertilizantes, estimulantes biogênicos, reguladores de crescimento vegetal, elicitores, fortificantes vegetais e condicionadores (AYED et al., 2022).

Entretanto, o efeito dos bioestimulante é fortemente dependente da fonte, dose, conteúdo em moléculas bioativas, peso molecular e modo de aplicação da substância (NARDI et al., 2021). Portanto, estudos para definição e adequação as condições ambientais nos ecossistemas de cultivos são necessárias para maximizar o efeito dos bioestimulantes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

A pesquisa foi desenvolvida na propriedade rural Canteiro Cheiro Verde, localizado no município de Nova Floresta, microrregião do Curimataú Paraibano, apresentando coordenadas geográficas 6° 27' 8" latitude Sul, 36° 12' 26" longitude Oeste, 660 metros de altitude, com clima classificado por Köppen tipo As' "", que significa Clima Tropical com estação seca de verão, chuvas de inverno-outono (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental, de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo – SiBCS (EMBRAPA, 2018) foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Eutrófico típico.

O Canteiro Cheiro Verde é uma empresa agrícola de base familiar, que originou-se no ano de 2003, em uma área de 500 m², produzindo apenas coentro e alface para autoconsumo familiar. Atualmente, o canteiro dispõe 3,5 hectares, 17 funcionários, produzindo mais de 25 tipos de hortaliças com bases agroecológicas, além disso, comercializa outros produtos de parceiros, que são agricultores familiares locais, contribuindo com geração de emprego e renda no Curimataú Paraibano. A empresa está em fase final de certificação orgânica pela certificadora *IBD – Organix*.

4.2. Fontes de adução orgânica

A fonte de adubação orgânica utilizada foi esterco bovino, oriundos de vacas leiteiras, o esterco foi curtido e coletado para análise de seus parâmetros físico-químicos.

Utilizou-se o bioestimulador Húmus (*Humi[K] wsp*), constituído por 70% de ácidos húmicos, 15% ácido fúlvico e 12% de Potássio (K). Apresentando as seguintes características físico-químicas: índice salino 26%; solubilidade em água 300 g l⁻¹ a 20°C; ctc 200 cmol_c kg⁻¹; pH em solução 1:10 (m:v) 9,68. A fonte das substâncias húmicas foi do mineral Leonardita associado com hidróxido de potássio.

4.3. Condução do experimento

A área experimental foi dividida em quatro canteiros, os quais apresentavam as dimensões de 20,8 m de comprimento, 0,8 m de largura e 0,2 de altura. As plantas foram plantadas em fileiras duplas, distantes 0,4 m entre fileiras e plantas, com área útil de 0,64 m² por parcela.

Inicialmente procedeu-se o preparo do solo por meio de um escarificador e os canteiros formados por um encanteirador motorizado, após isso, o solo foi protegido com cobertura tipo *Mulshing* para redução da perda de umidade do solo.

Seguiu-se os tratamentos em delineamento fatorial, organizados em parcelas subdivididas 4 x 3, 4 repetições e 4 plantas por repetição, 16 plantas por parcela, formando um *stand* de 192 plantas.

As unidades experimentais foram constituídas por 12 tratamentos, com 4 doses de esterco bovino 8,0; 18,0; 28,0 e 38,0 t ha⁻¹ e 3 doses de Humus organomineral 0; 33; e 42,5 ml por parcela, na proporção 1: 10 (m:v) correspondendo a 0; 8,0; 12,0 Kg ha⁻¹ sendo aplicados linearmente e parcelado em 4 aplicações: transplântio, crescimento vegetativo, início da frutificação e primeiras colheitas.

A variedade de pimentão utilizada no experimento foi a Kolima *Top Seed* (verde), cuja apresenta ciclo de 105 dias, frutos com formato quadrado (tipo *blocky*), com parede espessa, comprimento comercial de 10 cm e peso comercial de 240 g. As mudas foram semeadas em bandejas de sementeira medindo 53 cm de comprimento, 27 cm largura e 4,2 cm de altura com capacidade de 200 células, utilizando como substrato 1 saco com capacidade para 60 kg de fibra de coco, 0,02 m³ de vermicomposto, 0,005 m³ e 100 ml de microrganismos eficientes (EM) aplicados à lanço no substrato, e após 35 dias (DAP) transplântas para o local de cultivo, quando as plântulas atingirem 15 cm de altura e 5 folhas definitivas.

A irrigação nos períodos de ausência de precipitação foi efetuada pelo sistema de gotejamento (fita gotejadora), com turno de rega de 30 min dia⁻¹, vazão 1,5 l hora⁻¹, tendo uma estimativa de lâmina média diária aplicada de até 7,5 mm dia⁻¹, fracionada em duas aplicações médias de 3,75 mm, no início da manhã e no fim da tarde.

4.4. Coleta do solo e análises

As amostras de solo foram coletadas na profundidade 0-20 cm, em três pontos dentro de cada parcela, sendo os pontos amostrais posicionados nas extremidades e no intermédio de cada parcela. Foram realizadas 3 coletas, nos períodos: inicial - para caracterização química e física do solo (1 amostra); pré-frutificação - para avaliação da disponibilidade nutricional (48 amostras); residual - para avaliar a disponibilidade nutricional para um próximo ciclo de cultivo no sistema de sucessão orgânico (48 amostras). Posteriormente a coleta, o mesmo foi seco à sombra por 48 horas e peneirado em peneira com abertura de malha de 2 mm (TFSA) para subsequentemente ocorrer a caracterização dos atributos químicos.

Tabela 2. Caracterização química do solo pré-instalação do experimento.

Atributos químicos								
pH (água)	P(Melich1)	K+	Ca2+	Mg2+	Na+	Al3+	H+Al3+	M.O
	mg kg ⁻¹	----- cmolc kg ⁻¹ -----						g kg ⁻¹
7.4	410.17	0.7	12.24	3.84	2.18	0	0	42

1.1. Análises Químicas

pH

Definido por meio de medição eletroquímica da concentração efetiva de íons H^+ na solução do solo (SILVA et al., 1999).

Carbono Orgânico

Foram pesadas 0,2 gramas de solo, previamente macerado e peneirados em peneira de 0,05 mm, a massa de solo foi transferida para tubos de digestão, onde foram adicionados 5 ml de dicromato de potássio $K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L^{-1} e 10 ml de ácido sulfúrico H_2SO_4 p.a. Os tubos foram colocados em placa digestora por 30 minutos a 170°C. Depois de retirados da placa, os tubos permaneceram 20 minutos resfriando. Posteriormente transferiu-se o conteúdo de cada tubo para erlenmeyers e adicionou-se 10 ml de ácido fosfórico concentrado H_3PO_4 p.a. O volume de cada amostra foi elevado para aproximadamente 50 ml com água destilada. Adicionou-se 3 a 4 gotas do indicador difenilamina. Após esses procedimentos, realizou-se a titulação com solução de sulfato ferroso $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ 0,4 mol L^{-1} . Os teores de carbono orgânico foram calculados pela seguinte equação:

$$C\text{- total (\%)} = (A) \times (\text{Molaridade do SFA}) \times (0,003) \times (100) / \text{Peso da Amostra (g)}$$

$$\text{Em que: } A = ((BA - S) \times (BNA - BA) / BNA) + (BA - S).$$

Em que, A é o fator de correção, SFA sulfato ferroso amoniacal, Ba a média das leituras dos brancos aquecidos, BNA a média de leitura dos brancos não aquecidos, S o valor de leitura da amostra (YEOMANS e BREMNER, 1988).

Acidez Potencial (H^+ + Al^{3+})

A quantificação da acidez potencial do solo foi realizada utilizando-se solução de acetato de cálcio tamponado a pH 7,0, sendo determinada volumetricamente com solução de NaOH empregando fenolftaleína como indicador (TEIXEIRA et al., 2017).

Cálcio Trocável (Ca^{2+})

O teor de Ca^{2+} foi determinado utilizando-se solução KCL 1M e por complexiométrica em presença do indicador ácido calcon carbônico (TEIXEIRA et al., 2017).

Cálcio + Magnésio Trocáveis (Ca^{2+} + Mg^{2+})

Os teores de Ca e Mg trocáveis foram quantificados pela utilização da solução de KCL

1M e determinados por complexometria com EDTA, usando-se como indicador o negro-de-eriocromo – T (TEIXEIRA et al., 2017).

Potássio e Sódio

A determinação de K^+ e Na^+ extraível com Mehlich-1 foi definida por fotometria de chama (TEIXEIRA et al., 2017).

Fósforo do Solo

O fósforo foi determinado espectrofotometricamente, por meio da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico (MURPHY e RYLEY et al., 1962).

Soma de Bases (SB)

A SB foi determinada a partir da soma das bases trocáveis do solo, sendo elas cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K) e sódio (N) (RAIJ, 2001).

Capacidade de roca catiônica (CTC)

A CTC foi determinada a partir da soma da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) e soma de bases (SB) (RAIJ, 2001).

Análises Estatísticas

Os dados das variáveis respostas foram submetidos à análise de variância pelo teste - *F*, até 5% de probabilidade e os valores médios foram comparados pelo teste - *Tukey* até 5% de probabilidade. A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada com o intuito de sumarizar os valores obtidos dos atributos químicos, o critério utilizado na escolha dos componentes principais a serem interpretados foi o percentual da variância explicada. Após isso foi utilizado o agrupamento de *Cluster* para identificar grupos semelhantes entre os tratamentos, baseando-se nos atributos químicos do solo. As análises foram realizadas utilizando o software estatístico R® 4.2.0, pacote FactoMineR versão 2.4 para as análises multivariadas. As figuras foram desenvolvidas utilizando o software SigmaPlot® 12.5.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis pH, carbono orgânico e acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) não sofreram influencia pela adição de esterco, bem como substancias húmicas (*P* valor ≤ 0.05), não tendo efeito significativo.

Em pré-frutificação os teores de Ca^{2+} e K^+ sofreram influencia pela adição de esterco (P valor ≤ 0.01), sendo o P e Mg^{2+} influenciados a (P valor ≤ 0.05), a qual, não foram observadas interferência pela adição das substâncias húmicas (SHs) (Figura 2).

De maneira que, a matéria orgânica, pode exercer função como um agente de ligação, que combinada com partículas de argila, acarreta na formação de agregados de solo (KRAVCHENKO et al., 2011). O papel fundamental da matéria orgânica para atividades microbianas e ciclagem de nutrientes é evidente (RATH e ROUSK, 2015). Agentes fertilizantes de ácido húmico, são insumos orgânicos frequentes, que desempenham funções importantes na melhoria do solo (LIU et al., 2020).

Alterações na estabilidade química, podem ser ocasionadas por vários agentes físicos e químicos, tais como: radiação, reações redox e reações ácido-base, culminando no aumento ou decréscimo da concentração de radical, e acerca da taxa de humificação (WITWICKI et al., 2008).

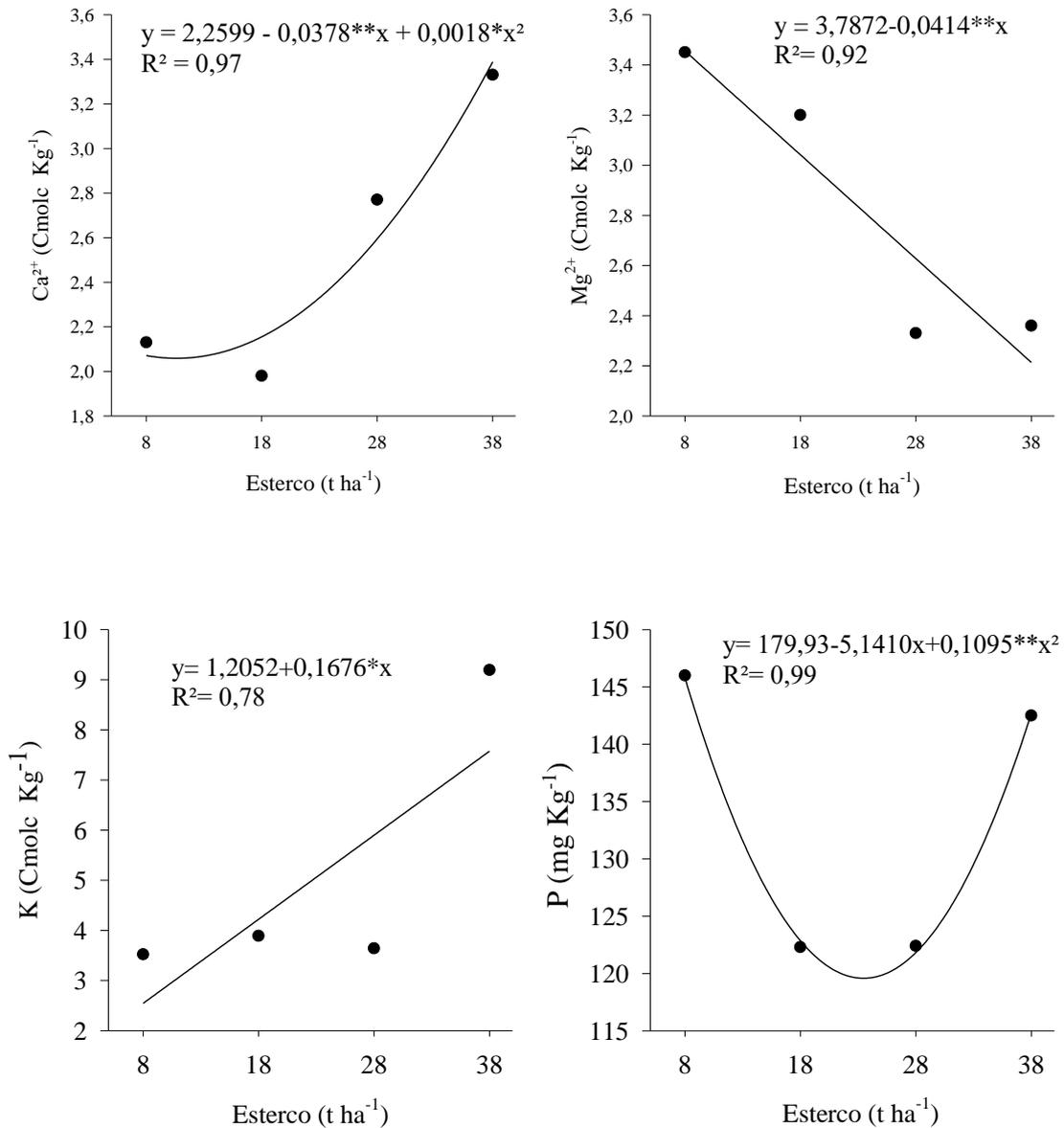


Figura 2. Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K), Fósforo (P), *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Os teores residuais de Ca^{2+} , Mg^{2+} e P sofreram influencia pela adição de esterco (P valor ≤ 0.01), sendo o P e Mg^{2+} influenciados a (P valor ≤ 0.05), a qual, não foram observadas interferência pela adição das substâncias húmicas (SHs) (Figura 3).

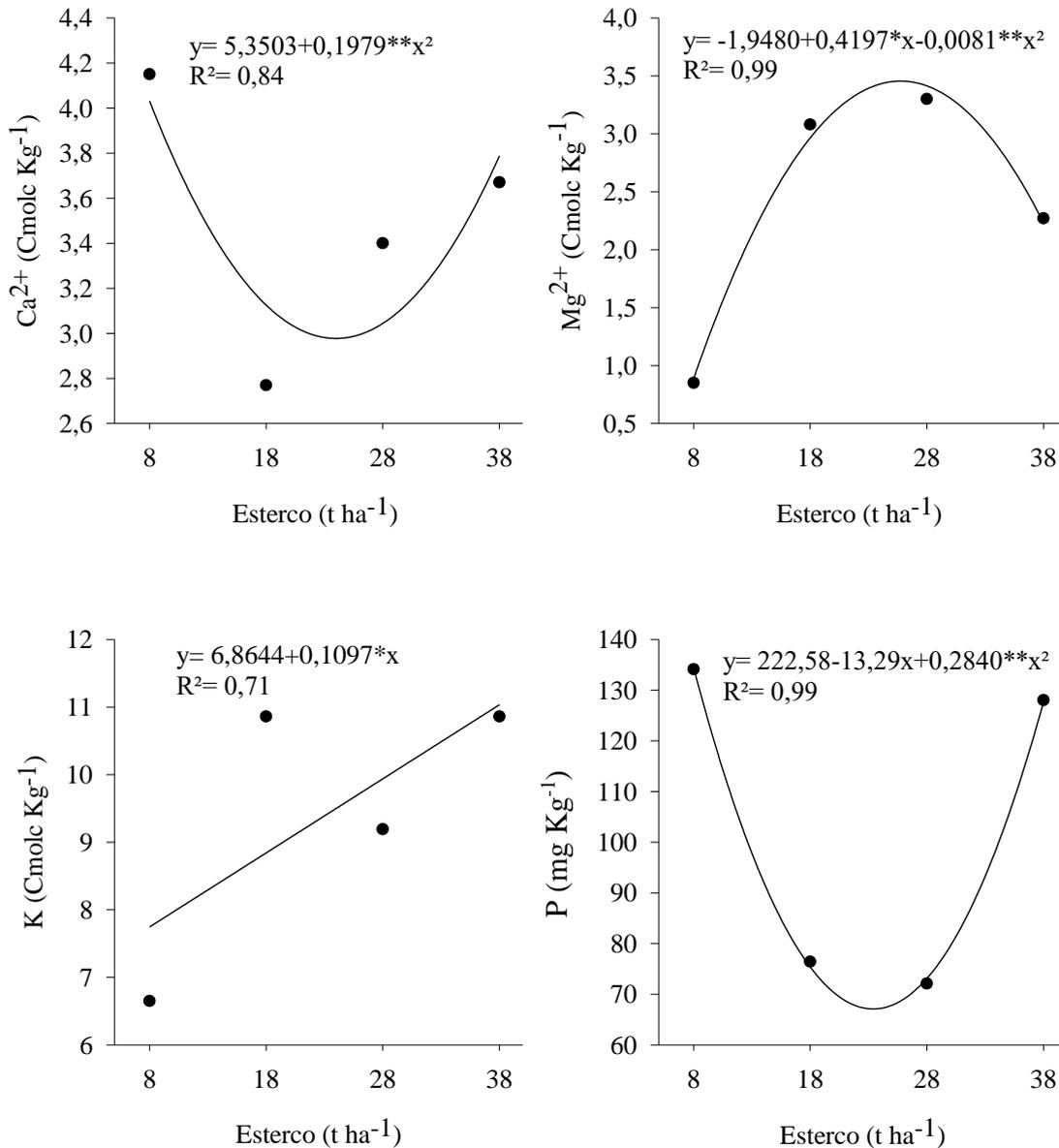


Figura 3. Cálcio (Ca²⁺), Magnésio (Mg²⁺), Potássio (K), Fósforo (P), *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Os teores de Ca²⁺ em pré-frutificação, quanto em residual expressaram-se em modelo quadrático, ocorrendo a diminuição de seus valores com a aplicação de 18 t há⁻¹ de esterco 1,98 – 2,77 Cmolc⁻¹ Kg⁻¹, de maneira que, verificou-se a elevação dos mesmos à medida que as doses de esterco foram aumentando. Os teores de Mg²⁺ em pré-frutificação e residual, variaram de forma quadrática e linear respectivamente, havendo o comportamento inverso ao Ca²⁺ em relação a elevação das doses de esterco, com valores de 3,45 – 0,85 Cmolc⁻¹ Kg⁻¹ na menor dosagem, 2,36 – 2,27 Cmolc⁻¹ Kg⁻¹ na dose máxima de esterco.

Esse comportamento pode ser associado a inter-relação entre os elementos cálcio e magnésio, a qual, suas propriedades químicas similares, como o raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade, faz com que ocorra competição pelos sítios de adsorção no solo, e na absorção pelas raízes. Como resultado, a presença de um pode interferir nos processos de adsorção e absorção do outro. (ORLANDO FILHO et al., 1996).

Em seus estudos (MEDEIROS et al., 2008), identificaram comportamento similar, havendo menores teores de Mg^{2+} à medida que os níveis de Ca^{2+} foram elevados na solução do solo. O antagonismo catiônico entre esses elementos é um fato relatado, embora haja a necessidade de elucidação referente a proporção ideal dos mesmos na CTC (RHODES et al., 2018).

Os teores de P em pré-frutificação, quanto residual expressaram-se em modelo quadrático, de modo que, os menores valores de $122,3 \text{ mg g}^{-1}$ em pré-frutificação e $72,1 \text{ mg g}^{-1}$ no residual, foram obtidos na dose de 28 t ha^{-1} de esterco. No caso do P, os ácidos orgânicos disponibilizados durante a degradação dos adubos orgânicos aceleram a solubilização do P, em função do aumento na atividade microbiana e à fixação retardada do P no solo (DHALIWAL et al., 2023).

Em contrapartida, altos níveis de ácidos orgânicos liberados da solubilização da matéria orgânica, ocorre a majoração da suscetibilidade de perdas de P por lixiviação (ABDALA et al., 2015). Acarretando nos baixos níveis de P na solução do solo na dosagem de 28 t ha^{-1} de esterco.

Os teores de K em pré-frutificação, quanto em residual expressaram-se em modelo linear, de modo que, os maiores valores de $9,19 \text{ Cmolc Kg}^{-1}$ em pré-frutificação e $42,5 \text{ Cmolc kg}^{-1}$ em residual, foram obtidos na dose de 38 t ha^{-1} de esterco.

Esses resultados corroboram com os descritos por Taiwo et al. (2018), em que, a aplicação de esterco no solo aumentou a liberação de potássio. O maior teor de K no solo pode ser correlacionado a elevação da capacidade de troca de cátions, o que melhorou o potencial do solo de reter mais K trocável e reduz as perdas por lixiviação, elevando significativamente da disponibilidade de potássio em comparação a áreas com menores doses de esterco (BADER et al., 2021).

Ao utilizar análise de componentes principais (ACP) para avaliar as correlações entre as variáveis nutricionais do solo, foram retidos 2 componentes principais com variância acumulada de 56.8% (Figura 4). As variáveis Ca^{2+} e C tem uma correlação positiva com o pH.

Em contrapartida o pH apresenta correlação negativa com H + Al, P e K. Esse comportamento pode ser atribuído a elevação do pH, de maneira que, o hidrogênio (H^+) que atua sobre os minerais liberando íons alumínio (Al^{3+}) que ficam predominantemente presos pelas cargas negativas das partículas de argila do solo, tornando-o em equilíbrio com o Al^{3+} em solução, não conseguirá agir para desencadear todo esse processo (ECHART et al., 2001). A disponibilidade de P e K, é drasticamente reduzida em faixas de pH superiores a 6,5 (MALAVOLTA et al., 1997).

As variáveis SB e CTC tem uma correlação positiva com o Na. Esse feito é imputado os altos teores de Na, o qual, ultrapassou os 40% da SB na maioria das amostras avaliadas.

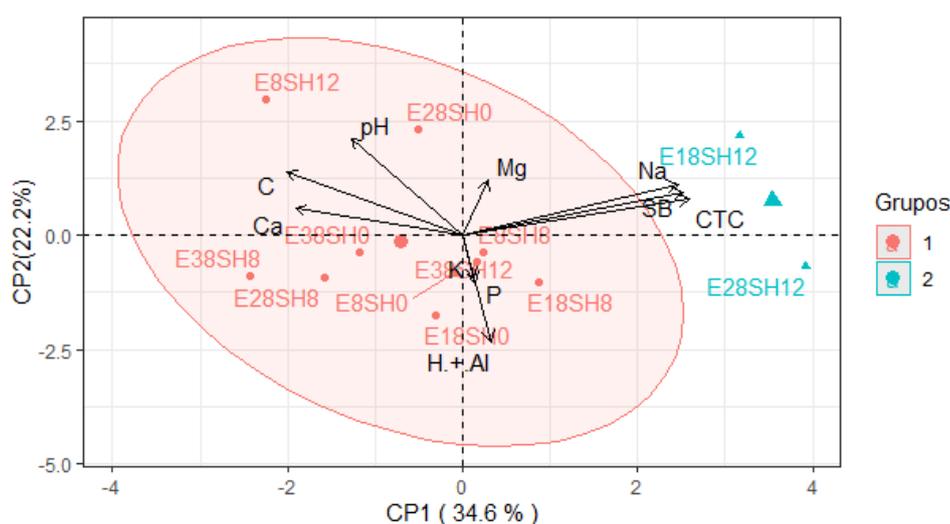


Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) para variáveis nutricionais do solo: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Fósforo (P), Potencial Hidrogeniônico (pH), Acidez Potencial (H + Al), Carbono Orgânico (C), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca.

Após agrupamento das variáveis nutricionais do solo, o grupo 1 foi formado pelos vetores Ca, Mg, C, H+Al, P, K e pH (Figura 4). O grupo 2 é formado pelos tratamentos com doses intermediárias de esterco em associação com a maior dose substâncias húmicas, ficando próximo aos vetores SB, CTC e Na.

Levando em consideração os dados de produção em mesmas condições experimentais descritos por (SILVA, 2022), em que, a dose de 22,9 t há⁻¹ de esterco proporcionou maior produtividade, constatou-se a não necessidade de aplicação de esterco para alcançar-se a maior produtividade em um novo ciclo de cultivo, balizando-se segundo as variáveis nutricionais avaliadas (Figura 5).

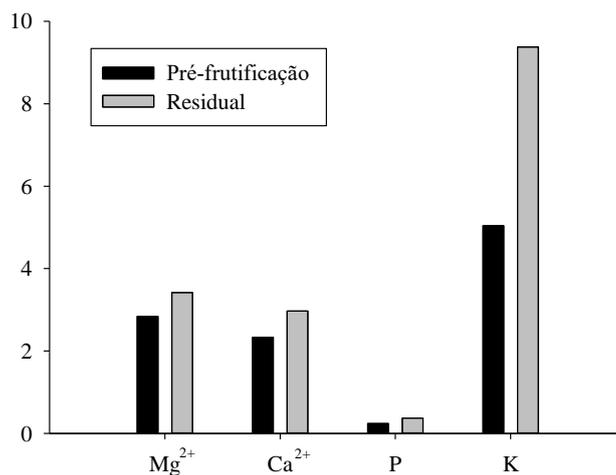


Figura 5. Variáveis nutricionais do solo Cálcio (Ca²⁺), Magnésio (Mg²⁺), Potássio (K), Fósforo (P).

Os teores de Mg²⁺, Ca²⁺, P e K⁺ residual (Figura 5), foram cerca de 20, 27, 56 e 85% superiores aos identificados em pré-frutificação. A aplicação de esterco longo prazo, melhora o funcionamento biofísico-químico do solo, fomentando a disponibilidade, bem como a absorção de nutrientes pelas plantas (DAS et al., 2023). A constância na mineralização da matéria orgânica proveniente do esterco, proporciona o incremento gradual dos elementos na solução do solo.

6. CONCLUSÃO

A adição excessiva de esterco pode favorecer relações antagônicas, reduzindo assim, a disponibilidade de determinados elementos na solução do solo, tais como, o magnésio.

A liberação dos ácidos orgânicos, propicia a maior solubilização de P na solução do solo.

Os teores de potássio no solo são favorecidos com a adição de doses crescente de esterco e redução do processo de perdas devido à elevação da CTC.

A adição de esterco ao solo favorece o aspecto químico de maneira que, o controle das dosagens se faz necessário. Ao utilizar a quantidade que propicia a maior produção das plantas de pimentão, um novo ciclo de cultivo pode ser iniciado sem a necessidade de incremento na adubação.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, D. B.; SILVA, I. R.; VERGUTZ, L.; SPARKS, D. L. Long-term manure application effects on phosphorus speciation, kinetics and distribution in highly weathered agricultural soils. **Chemosphere**, v. 119, p. 504-514, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.07.029>.
- AGRISTAR. **Semente pimentão quadrado híbrido kolima F1**. 2023. Disponível em: <https://agristar.com.br/topseed-premium/pimentao-quadrado-hibrido/kolima-f1/3707//>. Acesso em: 17 de Mar. 2023.
- ALFA, I. M.; DAHUNSI, S. O.; LORHEMEN, O. T.; OKAFOR, C. C.; AJAYI, S. A. Comparative evaluation of biogas production from Poultry droppings, Cow dung and Lemon grass. **Bioresource Technology**, v. 157, p. 270-277, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.108>.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711-728, 2013.
- ASIAN, S.; HAFEZALKOTOB, A.; JOHN, J. J. Sharing economy in organic food supply chains: A pathway to sustainable development. **International Journal of Production Economics**, v. 218, p. 322-338, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.010>.
- AYED, S.; BOUHAOUEL, I.; JEBARI, H.; HAMADA, W. Use of Biostimulants: Towards Sustainable Approach to Enhance Durum Wheat Performances. **Plants**, v. 11, n. 133, p. 2-19, 2022.
- BADER, B. R.; TABAN, S. K.; FAHMI, A. H.; ABOOD, M. A.; HAMDY, G. J. Potassium availability in soil amended with organic matter and phosphorous fertiliser under water stress during maize (*Zea mays* L) growth. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 20, p. 390-394, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.04.006>.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, n.1, p. 856-881, 2014.
- BARBOZA, G. E.; GARCIA, C. C.; SCALDAFERRO, M.; BOHS, L. An amazing new Capsicum (Solanaceae) species from the Andean-Amazonian Piedmont. **PhytoKeys**, v. 167, p. 13-29, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3897/phytokeys.167.57751>.
- BHUNIA, S.; BHOWMIK, A.; MALLICK, R.; DEBSARCAR, A.; MUKHERJEE, J. Application of recycled slaughterhouse wastes as an organic fertilizer for successive cultivations of bell pepper and amaranth. **Scientia Horticulturae**, v. 280, n. 5, p. 1-9, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109927>.
- CAO, Y.; ZHANG, K.; YU, H.; CHEN, S.; XU, D.; ZHAO, H.; BOSLAND, P.; PARAN, L. Pepper variome reveals the history and key loci associated with fruit domestication and diversification. **Molecular Plant**, v. 15, n. 7, p. 1744-1758, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.09.021>.

CHAKI, M.; MORALES, P. A.; RUIZ, C.; BARROSO, J. B.; CORPAS, F. J.; PALMA, J. M.; NOTES, A. Ripening of pepper (*Capsicum annum*) fruit is characterized by an enhancement of protein tyrosine nitration. **Annals of Botany**, v. 116, p.637-647, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcv016>.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Comercialização Total de Frutas e Hortaliças**. Quinto levantamento, Brasília, v.5, p. 1-21, 2022.

DANTAS, S. F.; FREITAS, H. E. C. D. S. Passo a passo para certificação orgânica por auditoria. **Natal: SEBRAE**. 26, 2020.

DAS, S.; LIPTZIN, D.; MAHARJAN, B. Long-term manure application improves soil health and stabilizes carbon in continuous maize production system. **Geoderma**, v. 430, p. 1-14, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116338>.

DHALIWAL, S. S.; SHARMA, V.; SHUKLA, A. K.; SINGH, P.; GABER, A.; HOSSANIN, A. Effect of addition of organic manures on basmati yield, nutrient content and soil fertility status in north-western India. **Heliyon**, v. 9, p. 1-27, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14514>.

DOU, S.; SHAN, J.; SONG, X.; CAO, R.; WU, M.; LI, C.; GUAN, S. Are humic substances soil microbial residues or unique synthesized compounds? A perspective on their distinctiveness. **Pedosphere**, v. 30, n. 2, p. 159-160, 2020. Doi: [doi:10.1016/S1002-0160\(20\)60001-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60001-7).

ECHART, C. L.; MOLINA, S. C. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 531-541, 2001.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5º. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos 2018. 356p.

EYINADE, G. A.; MUSHUNJE, A.; YUSUF, S. F. G. The willingness to consume organic food: A review. **Food and Agricultural Immunology**, v. 32, p. 78-104, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1080/09540105.2021.1874885>.

FAO STATISTICS. Crops and livestock products. **Chillies and peppers, green**. 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 27 de fev. 2023.

FAO, 2018. Save Food: **Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction**. Disponível em: <http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/en/>. Acesso em: 29 abr. 2022.

FONT-PALMA, C. Methods for the Treatment of Cattle Manure—A Review. **MDPI**, v. 5, n. 2, p. 1-27, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/c5020027>.

GARCÍA, A. C.; VAN, T. C. T. A.; SANTOS, L. A.; TAVARES, O. C. H.; CASTRO, R. N.; BERBARA R. L. L.; GARCÍA-MINA, J. M. Structure-property-function relationship of humic substances in modulating the root growth of plants: A review. **J Environ Qual.**, v. 48, n. 3, p. 1622–1632, 2019.

GARCIA, C. C.; BARFUSS, M. H. J.; SEHR, E. V.; BARBOZA, G. E.; SAMUEL, R.; MOSCONE, E. D.; EHRENDORFER, F. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). **Annals of Botany**, v. 118, p. 35-51, 2016. Doi: 10.1093/aob/mcw079, available online at www.aob.oxfordjournals.org.

GERKE, J. Concepts and misconceptions of humic substances as the stable part of soil organic matter: A review. **Agronomy**, v. 76, n. 8, p. 1-16, 2018.

GONG, X.; ZOU, L.; WANG, L.; ZHANG, B.; JIANG, J. Biochar improves compost humification, maturity and mitigates nitrogen loss during the vermicomposting of cattle manure-maize straw. **Journal of Environmental Management**, v. 325, p. 1-11, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116432>.

HAYES, M. H. B.; SWIFT, R. S. Vindication of humic substances as a key component of organic matter in soil and water. **Advances in Agronomy**, v. 163, n. 5, p. 1 - 37, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos> >. Acesso em: 21 de fev. 2023.

IGLESIAS, R.; MUNOZ, R.; POLANCO, M.; DIAZ, I.; SUSMOZAS, A.; MORENO, A. D.; GUIRADO, M.; CARRERAS, N.; BALLESTEROS. Biogas from Anaerobic Digestion as an Energy Vector: Current Upgrading Development. **MDPI**, v. 14, n. 10, p. 27-42, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/en14102742>.

KANTAR, M. B.; ANDERSON, J. E.; LUCHT, S. A.; MERCER, K.; BERNAU, V.; CASE, K. A.; LE, N. C.; FREDERIKSEN, M. K.; KEYSER, H. C.; WONG, Z.; HASTINGS, J. C.; BAUMLER, D. J. Vitamin variation in *Capsicum* spp. provides opportunities to improve nutritional value of human diets. **Plos One**, v. 11, n. 8, p. 1-12, 2016. Doi: 10.1371/journal.pone.0161464.

KRAVCHENKO, A. N.; WANG, A. N. W.; SMUCKER, J. M.; RIVERS, M. L. Long-term Differences in Tillage and Land Use Affect Intra-aggregate Pore Heterogeneity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 75, n. 5, p. 1658 – 1666, 2011.

LI, K.; LIU, R.; CUI, S.; YU, Q.; MA, R. Anaerobic co-digestion of animal manures with corn stover or apple pulp for enhanced biogas production. **Renewable Energy**, v. 118, p. 335-342, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.023>.

LI, M.; HU, H.; HE, X.; JIA, J.; DROSOY, M.; WANG, G.; LIU, F.; HU, Z.; XI, B. Organic carbon sequestration in soil humic substances as affected by application of different nitrogen fertilizers in a vegetable-rotation cropping system. **J. Agric. Food Chem**, v. 67, n.11, p. 3106–3113, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b07114>.

LIN, W.; LIN, M.; ZHOU, H.; WU, H.; LI, Z.; LIN, W. The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. **Plos One**, v. 14, n. 5, p. 1-16, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217018>.

LIU, M.; WANG, C.; LIU, X.; LU, Y.; WANG, Y. Saline-alkali soil applied with vermicompost and humic acid fertilizer improved macroaggregate microstructure to enhance salt leaching and inhibit nitrogen losses. **Applied Soil Ecology**, v. 156, p. 1 – 10, 2020.

MA, L.; WANG, Q.; GRIERSON, D.; YUAN, S.; ZHENG, S.; WANG, Y.; WANG, B.; BAI, C.; FU, A.; GAO, L.; ZHU, B.; LOU, Y.; MU, J.; ZUO, J. UV-C irradiation delays the physiological changes of bell pepper fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 180, p. 21-35, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111506>.

MALAVOLTA E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Potafos**, Piracicaba.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 19, de 28 de maio de 2009. Mecanismos de controle e informação da qualidade orgânica. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 maio 2009, seção 1, p. 16.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 7, de 17 de maio de 1999. Estabelece as normas de produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e de certificação da qualidade para os produtos orgânicos de origem vegetal e animal. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 maio 1999, seção 1, p. 11.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, p. 799-806, 2008.

MEI, N.; ZHANG, X.; WANG, X.; PENG, CHANG, P.; HONGJUN, G.; ZHU, P.; GU, Y. Effects of 40 years applications of inorganic and organic fertilization on soil bacterial community in a maize agroecosystem in northeast China. **European Journal of Agronomy**, v. 130, n. 4, p. 1-9, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126332>.

MOHAMMADI, M.; SAIDI, M.; KHADEMI, O. Effect of Cellophane and Chitosan Coatings on Qualitative and Biochemical Characteristics of Sweet Pepper, Cultivar “California wonder” during Storage. **Iranian Food Science and Technology Research Journal**, v. 13, n. 5, p. 720-729, 2017. Doi: [10.22067/ifstrj.v1395i0.56561](https://doi.org/10.22067/ifstrj.v1395i0.56561).

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. **Analytica Chimica Acta**, v.27, p.31-36, 1962.

NARDI, S; SCHIAVON, M; FRANCIOSO, O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. **Molecules**, v. 26, n. 8, p. 1-20, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>.

O’ROURKE, S. M.; ANGERS, D. A.; HOLDEN, N. M., MCBRATNEY, A. B. Soil organic carbon across scales. **Glob. Change Biol. Bioenergy**, v. 21, n. 10, p. 3561–3574, 2015.

OLK, D. C.; BLOOM, P. R.; PERDUE, E. M.; MCKNIGHT, D. M.; CHEN, Y.; FARENHORST, A.; SENESI, N.; CHIN, Y. P.; SCHMITT-KOPPLIN, P.; HERTKORN, N.;

HARIR, M. Environmental and agricultural relevance of humic fractions extracted by alkali from soils and natural waters. **J Environ Qual.**, v. 48, p. 217–232, 2019.

ONWOSI, C. O.; OZOEGWU, C. G.; NWAGU, T. N.; NWOBODO, T. N.; EKE, E. I.; IGBOKWE, V. C.; UGWUOJI, E. T.; UGWUODO, C. J. Cattle manure as a sustainable bioenergy source: Prospects and environmental impacts of its utilization as a major feedstock in Nigeria. **Bioresource Technology Reports**, v. 19, p. 1-14, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101151>.

ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Alccol e Subprodutos**, v. 14, n. 5, p. 13-17, 1996.

PEDRAYES, O. D.; USAMENTIAGA, R.; TRICHAKIS, Y.; BOURAOUI, F. Remote sensing for detecting freshly manured fields. **Ecological Informatics**, v. 75, p. 1-16, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102006>.

RANDHAWA, G. K.; KULLAR, S. J. Bioremediation of Pharmaceuticals, Pesticides, and Petrochemicals with Gomeya/Cow Dung. **ISRN Pharmacology**, v. 2011, p. 1-8, 2011. Doi: <https://doi.org/10.5402/2011/362459>.

RAYNE, N.; AULA, L. Livestock manure and the impacts on soil health: A review. **Soil Systems**, v. 4, n. 4, p. 64, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3390/soilsystems4040064>.

RATH, K. M.; ROUSK, J. Salt effects on the soil microbial decomposer community and their role in organic carbon cycling: A review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 81, n. 2, p. 108 – 123, 2015.

RHODES, R.; MILES, N.; HUGHES, J. C. Interactions between potassium, calcium and magnesium in sugarcane grown on two contrasting soils in South Africa. **Field Crops Research**, v. 223, p. 1-13, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.001>.

RIBEIRO, L.G., LOPES, J.C., MARTINS FILHO, S., RAMALHO, S.S. Adubação orgânica na produção de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 134-137, 2000.

ROKNI, N.; ALIZADEH, H. S.; BAZGIR, E.; DARVISHNIA, M.; NAJAFGHOLI, H. M. The tripartite consortium of *Serendipita indica*, *Trichoderma simmonsii*, and bell pepper (*Capsicum annuum*). **Biological Control**, v. 158, p. 1-13, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104608>.

SARKER, J. R.; SINGH, B. P.; COWIE, A. L.; FANG, Y. F.; COLLINS, D.; DOUGHERTY, W. J.; SINGH, B. K. Carbon and nutrient mineralisation dynamics in aggregate-size classes from different tillage systems after input of canola and wheat residues. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 116, n. 7, p. 22 – 38, 2018.

SCHLESINGER, W. H.; ANDREWS, J. A. Soil respiration and the global carbon cycle. **Biogeochemistry**, v. 48, p. 7–20, 2000.

SHAKER, A. M.; KOMY, Z. R.; HEGGY, S. E. M.; EL-SAYED, M. E. A. Kinetic study for adsorption humic acid on soil minerals. **J. Phys. Chem**, v. 116, n. 45, p. 10889–10896, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1021/jp3078826>.

SIDEMAN, R. G. Colored Bell Pepper Yields from Cultivars Grown in High Tunnels in Northern New England. **HortTechnology**, v. 30, p. 456-462, 2020. Doi: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04577-20>.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999.

SILVA, R. F. Adubação orgânica e bioestimulante na morfofisiologia nutrição e produção de pimentão no semiárido paraibano. 2022. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2022.

SREEDHARA, D. S.; KERUTAGI, M. G.; BASAVARAJA, H.; KUNNAL, L. B.; DODAMANI, M. T. Economics of capsicum production under protected conditions in Northern Karnataka. **Karnataka J. Agric. Sci.**, v. 26, n. 2, p. 217-219, 2013.

TAIWO, A. A.; ADETUNJI, M. T.; AZEEZ, J. O.; ELEMO, K. O. Kinetics of potassium release and fixation in some soils of Ogun State, Southwestern, Nigeria as influenced by organic manure. **Int. J. Recycl**, v. 7, n. 3, p. 251-259, 2018.

TALLOU, A.; HAOUAS, A.; JAMALI, M. Y.; ATIF, K.; AMIR, S.; AZIZ, F. Review on Cow Manure as Renewable Energy. **Smart Village Technology**, v. 17, p. 341-352, 2020. Doi: [10.1007/978-3-030-37794-6_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37794-6_17).

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017, 573 p.

TIWARI, J.; RAMANATHAN, A.; BAUDDH, K.; KORSTAD, J. Humic substances: Structure, function and benefits for agroecosystems—a review. **Pedosphere**, v. 33, n. 2, p. 237-249, 2023. Doi: [10.1016/j.pedsph.2022.07.008](https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.07.008).

VOLTR, V., MENŠÍK, L., HLISNIKOVSÝ, L., HRUŠKA, M., POKORNÝ, E., & POSPÍŠILOVÁ, L. The soil organic matter in connection with soil properties and soil inputs. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 779, 2021.

WANG, Q.; DING, T.; ZOU, J.; FAN, L. Amelioration of postharvest chilling injury in sweet pepper by glycine betaine. **Postharvest Biology and Technology**, v. 112, p. 114-120, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.008>.

WANG, Q.; ZHANG, Y.; WANGJIN, X.; WANG, Y.; MENG, G.; CHEN, Y. The adsorption behavior of metals in aqueous solution by microplastics effected by UV radiation. **Journal of Environmental Sciences**, v. 87, p. 272-280, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.07.006>.

WILLER, H.; TRAVNICEK, J.; MEIER, C.; SCHLATTER, B. The world of organic agriculture statistics and emerging trends 2021. **France: IFOAM**, 340, 2021.

WU, W.; HUANG, C.; TANG, Z.; XIA, X.; LI, W.; LI, Y. Response of electron transfer capacity of humic substances to soil microenvironment. **Environmental Research**, v. 213, p. 1-9, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113504>.

WYNGAARD, S. R.; KISSINGER, M. Materials flow analysis of a desert food production system: The case of bell peppers. **Journal of Cleaner Production**, v. 227, n. 1, p. 512-521, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.139>.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.