

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOÃO GEORGE MOREIRA

SOLUBILIDADE DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PELETIZADOS
A BASE DE BIOSSÓLIDO E TORTA DE FILTRO

UBERLÂNDIA

2018

JOÃO GEORGE MOREIRA

**SOLUBILIDADE DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PELETIZADOS
A BASE DE BIOSSÓLIDO E TORTA DE FILTRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Orientador

Prof.^a Dr.^a Regina Maria Quintão Lana

Coorientadora

UBERLÂNDIA

2018

JOÃO GEORGE MOREIRA

**SOLUBILIDADE DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PELETIZADOS
A BASE DE BIODOSSÍLIDO E TORTA DE FILTRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 23 de março de 2018.

Prof.^a Dr.^a. Regina Maria Quintão Lana – UFU (Coorientadora)

Prof.^a. Dr.^a. Adriane Andrade Silva - UFU

Prof. Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes - IF Goiano



Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

ICIAG-UFU

(Orientador)

UBERLÂNDIA-MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- M838s
2018 Moreira, João George, 1991
 Solubilidade de fertilizantes organominerais peletizados a base de
 biossólido e torta de filtro [recurso eletrônico] / João George Moreira. -
 2018.
- Orientador: Reginaldo de Camargo.
 Coorientadora: Regina Maria Quintão Lana.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
 Modo de acesso: Internet.
 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.852>
 Inclui bibliografia.
 Inclui ilustrações.
1. Agronomia. 2. Fertilizantes orgânicos. 3. Resíduos industriais. 4.
Lodo de esgoto. I. Camargo, Reginaldo de, (Orient.). II. Lana, Regina
Maria Quintão, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

DEDICO

A minha Mãe **Valdeci Moreira de Souza** (*in memoriam*)

Ao meu pai, **Paulo**, pela dedicação e apoio;

A minha esposa, **Andressa Lissandra**, pelo amor e companheirismo.

Minha gratidão!

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pelo suporte, conhecimento concedido e oportunidade de realização do Mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo durante o mestrado.

Ao meu orientador, professor Reginaldo, pela amizade, respeito, atenção, companheirismo, disponibilidade, boa-vontade e paciência.

A minha coorientadora, professora Regina, pela boa-vontade e pelos conselhos.

A Mara, pelo grande auxílio, companheirismo, solidariedade, amizade e consideração.

Aos colegas do LABAS, Marinho, Jéssica, Eduardo e Hudson, pela contribuição, boa-vontade, competência e seriedade.

Ao Luiz Henrique, pela contribuição e boa-vontade.

A professora Denise, pelo auxílio e orientação estatística.

Ao professor Hamilton, pela solidariedade e compreensão.

Aos amigos Guilherme, Finzi, Bárbara, Ana Luisa e Siro, pelas colaborações em momentos importantes.

Ao Departamento de água e esgoto (DMAE) de Uberlândia por ter concedido o lodo de esgoto necessário para os experimentos.

As empresas Geociclo e Usina Vale do Tijuco pelo fornecimento dos insumos utilizados para a execução do trabalho.

A meu pai, João de Paulo, e A minha mãe, Valdeci, pelo apoio, amparo, amor, paciência, tolerância, sustento e educação.

A Andressa, pelo amor, companheirismo, incentivo, carinho e cuidado.

“Isto sabemos: a terra não pertence ao homem; o homem pertence à terra.
Isto sabemos: todas as coisas estão ligadas como o sangue que une uma família.
Há uma liga: O homem não tramou o tecido da vida; ele é simplesmente um de seus
fiós.
Tudo que fizer ao tecido, fará a si mesmo.”

(Carta do Cacique Seathl ao Presidente dos EUA, 1855)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Pellets</i> dos fertilizantes organominerais.....	24
Figura 2: Parcela experimental.....	27
Figura 3: Modelo de regressão para relações de acidez aos 5 dias de incubação.....	30
Figura 4: Modelos de regressão para relações de acidez aos 15 dias de incubação.....	33
Figura 5: Modelo de regressão para relações de acidez aos 60 dias de incubação.....	33
Figura 6: Modelos de regressão para teores de nutrientes e CTC aos 5 dias de incubação.....	40
Figura 7: Modelos de regressão para teores de nutrientes e CTC aos 15 dias de incubação.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do biossólido e da torta de filtro.....	24
Tabela 2. Composição balanceada dos fertilizantes organominerais peletizados.....	25
Tabela 3. Diferentes doses e fontes no teste de incubação.....	25
Tabela 4. Caracterização química do solo utilizado.....	26
Tabela 5. Caracterização textural da amostra de 0-20 cm dos solos utilizados no experimento de incubação.....	26
Tabela 6. Relações de acidez aos 5 dias de incubação.....	31
Tabela 7. Relações de acidez aos 15 dias de incubação.....	32
Tabela 8. Relações de acidez aos 60 dias de incubação.....	34
Tabela 9. Teores de Nutrientes e CTC aos 5 dias de incubação.....	39
Tabela 10. Teores de Nutrientes e CTC aos 15 dias de incubação.....	41
Tabela 11. Teores de Nutrientes e CTC aos 60 dias de incubação.....	43
Tabela 12. Relações entre bases e com a CTC aos 5 dias de incubação.....	45
Tabela 13. Relações entre bases e com a CTC aos 15 dias de incubação.....	46
Tabela 14. Relações entre bases e com a CTC aos 60 dias de incubação.....	47

LISTA DE SIGLAS

BM	Biomassa Microbiana
C	Carbono
Ca	Cálcio
CO	Carbono orgânico
CO₂	Dióxido de Carbono
COT	Carbono Orgânico Total
CTC	Capacidade de troca de cátions
ETE	Estações de Tratamento de Esgotos
EUA	Estados Unidos da América
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
K	Potássio
LABAS	Laboratório de Análise de Solos
LAFER	Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mg	Magnésio
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MO	Matéria Orgânica
MOS	Matéria orgânica do solo
N	Nitrogênio
P	Fósforo

RESUMO

Com a modernização da agricultura, a fertilidade do solo passou a conectar muitos outros aspectos, além da disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas pelo solo. Um dos aspectos que se fazem relevantes é a sustentabilidade do sistema. Nesse sentido, o aproveitamento de resíduos se mostra uma demanda muito importante. O uso de torta de filtro já é bastante comum nas usinas de cana-de-açúcar. Já o aproveitamento do lodo de esgoto tende a crescer, devido à sua riqueza nutricional para os solos. O objetivo deste trabalho foi analisar as alterações químicas e solubilidade de nutrientes provenientes de fertilizantes organominerais peletizados com biossólido e torta de filtro. O experimento foi conduzido entre 19/09 a 19/11 de 2016, em casa de vegetação, Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia. Foi elaborado em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, no esquema fatorial $3 \times 5 + 1$, referente a 3 fertilizantes: fertilizantes organominerais peletizados com resíduos orgânicos diferentes (biossólido ou torta de filtro) e fertilizante mineral; 5 doses dos fertilizantes, referentes à dose padrão de P_2O_5 na cultura do milho, nos percentuais de 60%, 80%, 100%, 120% e 140%, e uma testemunha, com ausência de adubação. A formulação dos fertilizantes deu-se nas concentrações de 5-17-10 (+10% COT). Os fertilizantes organominerais foram peletizados, de modo que os minerais foram revestidos pela base orgânica. Realizou-se um teste de incubação em solo de textura franco-arenosa, coletado na fazenda experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia. Cada parcela experimental foi constituída de um pote plástico contendo 1 Kg de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) acrescido da fonte de fertilizante em sua devida dose. Os fertilizantes foram acondicionados sobre uma tela, que ficou em torno de 1 cm abaixo da superfície do solo, enterrada. O período de incubação foi de 60 dias, tendo sido feitas três coletas de subamostras, aos 5, 15 e 60 dias de experimento. Realizou-se análises químicas para determinação de fatores de acidez e nutrientes no solo. Observou-se que os fertilizantes organominerais peletizados com biossólido ou torta de filtro não acidificam o solo, exigindo calagem menos frequente do solo. O biossólido, a base de lodo de esgoto e a torta de filtro possuem efeito tamponante no solo, mantendo a estabilidade do pH. O Fertilizante organomineral peletizado com biossólido promove redução significativa da saturação por alumínio do solo. Fertilizante organomineral peletizado com biossólido ou torta de filtro possui liberação mais lenta de nutrientes. Fertilizante organomineral peletizado possibilita relações de bases mais equilibradas no solo, garantindo um balanço mais adequado de nutrientes com maior soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases.

Palavras-chave: Resíduos Agroindustriais. Lodo de Esgoto. Matriz orgânica. Incubação. Fertilizante peletizado

ABSTRACT

In addition to plant essential nutrients availability, soil fertility has been also connected to many other aspects due to modernization of agriculture. One of the relevant aspects is the sustainability of the system. In this sense, the use of waste has been a very important demand. The use of filter cake has already been a common practice in sugarcane mills, as well as the use of sewage sludge tends to increase due to its nutritional value to soils. The objective of this study was to analyze the soil chemical changes and the solubility of nutrients from organomineral fertilizers pelletized with biosolids and filter cake. The experiment was conducted from 09/19/16 to 11/19/16 under greenhouse conditions at the Federal University of Uberlândia, Umuarama campus. It was arranged in a completely randomized design, with 4 replicates and 3x5+1 factorial scheme, comprising 3 fertilizers: organomineral fertilizers pelletized with different organic residues (biosolid or filter cake) and mineral fertilizer; 5 fertilizers doses, referring to 60%, 80%, 100%, 120%, and 140% of the standard P_2O_5 dose for maize crops, and a control treatment without fertilizer application. Fertilizer formulations were performed at concentrations of 5-17-10 (+ 10% TOC). The organomineral fertilizers were pelletized and the minerals were coated with an organic base. An incubation test was carried out using a sandy-loam soil collected at the Glória experimental farm, Federal University of Uberlândia. Each experimental plot consisted of a plastic pot containing 1 kg of air-dried fine soil and the source of fertilizer in its proper dose. The samples of fertilizers were packed on a mesh placed about 1 cm below the soil surface. The sources were incubated during 60 days and three subsamples collections were performed at 5, 15, and 60 days of experiment. Chemical analyzes were carried out to determine soil acidity and nutrient factors. It was observed that organomineral fertilizers pelletized with biosolids or filter cake did not acidify the soil, requiring less frequent soil liming. Organomineral fertilizers based on biosolids and filter cake have a buffering effect on the soil, maintaining pH stability. The organomineral fertilizer pelletized with biosolids promotes a significant reduction in the soil aluminum saturation. Organomineral fertilizers pelletized with biosolids or filter cake have slow release of nutrients. Pelletized organomineral fertilizers allow more balanced base relations in the soil, resulting in a more adequate balance of nutrients with higher base sum, cation exchange capacity and base saturation.

Keywords: Agroindustrial Waste. Sewage Sludge. Organic Matrix. Incubation. Pelletized fertilizer

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Fertilidade do solo e Matéria Orgânica.....	15
2.2 Uso De Resíduos Orgânicos Na Agricultura.....	16
2.3 Lodo De Esgoto e Utilização na Agricultura.....	18
2.4 Torta De Filtro e Utilização na Agricultura.....	19
2.5 Fertilizantes Organominerais.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Condução.....	26
3.2 Análise Estatística.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Acidez do Solo e Relações com a CTC.....	29
4.2 Nutrientes do Solo.....	34
4.3 Relações Entre Nutrientes e a CTC.....	43
5 CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

O manejo da fertilidade do solo na agricultura tem como princípio a disponibilidade de nutrientes do solo para os cultivos. Os postulados modernos da ciência do solo se conectam a outras demandas, como a sustentabilidade do sistema, o enriquecimento do solo a partir da matéria orgânica, a solubilidade e dinâmica das fontes de nutrientes e o efeito residual dos fertilizantes, entre outros aspectos.

A geração de resíduos da atividade industrial e antrópica afeta seriamente mananciais, áreas de aterro e regiões circundantes. Muito desses resíduos não possuem destinação clara, sendo a agricultura um dos setores mais promissores nesse aproveitamento.

Nesse sentido, alguns resíduos já possuem uso consolidado, como é o caso da torta de filtro. Esse subproduto obtido a partir da produção de açúcar tem contribuído grandemente para a consolidação de um setor mais sustentável, permitindo a menor aplicação de fertilizantes minerais, o que gera economia para as usinas e reduz seu impacto no meio ambiente.

O crescimento das cidades aumentou a geração de lodo de esgoto, que é obtido a partir das estações de tratamento de esgoto (ETEs). Esse material com alto potencial poluente ainda encontra muitas dificuldades de ser reaproveitado no Brasil. Entretanto, técnicas vêm sendo aprimoradas para seu aproveitamento na agricultura, com a esterilização e estabilização, o que possibilita a sua aplicação em áreas agrícolas. O produto obtido desse processamento do lodo de esgoto é conhecido como biossólido, que possui grande potencial de uso agrícola, devida à riqueza de sua composição.

O recente desenvolvimento da indústria de fertilizantes organominerais peletizados tem absorvido esses subprodutos, agregando riqueza a passivos ambientais. Contudo, a pesquisa agropecuária ainda tem vasto campo para percorrer, na medida em que fontes orgânicas como essas, de composição e procedência variáveis mostram a necessidade de melhor conhecimento de suas propriedades para os cultivos agrícolas, como sua solubilidade e as alterações químicas e físicas promovidas no solo.

O objetivo deste trabalho foi analisar as alterações químicas e solubilidade de nutrientes provenientes de fertilizantes organominerais peletizados com biossólido e torta de filtro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fertilidade do solo e Matéria Orgânica

Em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados e florestais, alguns elementos são essenciais na capacidade produtiva: a retenção de cátions, a complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, a estabilidade da estrutura, a infiltração e retenção de água, a aeração e a atividade de Biomassa Microbiana (BM). A matéria orgânica do solo (MOS) e a serapilheira¹ são importantes nutrientes para a manutenção e reciclagem da vitalidade dos biomas (LOSS, 2011).

Conforme Bayer e Mielniczuk (1999) a matéria orgânica é uma das fontes de entrada de carbono orgânico (CO) nos solos, sendo resultante da deposição de resíduos de origem animal e vegetal que, ao serem depositados, sofrem decomposição parcial pela mesofauna e, a seguir, a ação de decomposição dos micro-organismos. Parcela do carbono existente nos resíduos é liberada para atmosfera como dióxido de carbono (CO₂), enquanto o restante torna-se parte da MOS, como uma componente do solo.

Ribeiro et al. (1999), em pesquisa sobre adubação orgânica, discorrem acerca das vantagens do uso da adubação orgânica na composição da fertilidade, diferenciando seus efeitos sobre os nutrientes e sobre os micro-organismos do solo, elevando a capacidade de troca de cátions, em especial nos solos intemperizados ou arenosos; contribui ainda para maior agregação das partículas do solo, reduzindo a sensibilidade a processos erosivos; reduz a plasticidade e a coesão do solo, aumenta capacidade de retenção de água e concorre para estabilizar a temperatura do mesmo; intensifica a disponibilidade de nutrientes através de processos de mineralização; contribui para a redução da fixação do fósforo; os ácidos orgânicos próprios da decomposição da matéria orgânica dinamizam a solubilização de minerais do solo, potencializando a disponibilidade de nutrientes para as plantas e se apresenta como principal fonte de nutrientes e energia para os micro-organismos.

1 Serapilheira é a camada superficial do solo de florestas e bosques, feita de folhas, ramos etc., em decomposição, misturados à terra.

Em se tratando da matéria orgânica do solo, Silva e Mendonça (2007) apontam mais uma importante vantagem da matéria orgânica para o solo: trata-se do “poder tampão”, ou seja, da correção da acidez em solos, uma prática necessária e frequente, principalmente no cerrado brasileiro, reduzindo o gasto com aplicação de calcário.

Em vista desta série de vantagens ao solo, pressupõe-se que os efeitos condicionadores de solo proporcionados pela adubação orgânica podem ser tão relevantes quanto o próprio fornecimento de nutrientes relacionado a esta prática.

2.2 Uso de resíduos orgânicos na agricultura

Grande volume de resíduos orgânicos é gerado em diferentes setores industriais e urbanos. Em geral, não é feito tratamento, e a destinação não é adequada, havendo descarte ou deposição. A geração de resíduos em grande escala é resultado do avanço industrial causando problemas ambientais e o uso desses resíduos na agricultura tem sido a resposta ideal diante da falta de locais para a destinação final, através de reciclagem, sendo interessante no âmbito social (saúde pública, preservação ambiental e sustentabilidade) e econômico (geração de novas fontes de renda). O retorno da matéria orgânica ao solo poderá evitar a contaminação e degradação dos recursos hídricos, além de contribuir para a produção de alimentos, forrageiras, fibras e biocombustíveis (PIRES; MATTIAZZO, 2008; ROSSOL et al., 2012).

No Brasil, o destino mais comum dos resíduos orgânicos são os aterros sanitários, onde o acondicionamento desse material é ruim, e o aproveitamento não acontece, gerando dano ambiental, econômico e social.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos mostra-se como marco importante, a nível nacional, no enfrentamento do problema dos resíduos industriais e urbanos. Instituída pela Lei nº 12.305 de 2010, ela trata dos principais instrumentos para o avanço desse setor. Dentre esses instrumentos, destacam-se os planos de resíduos sólidos, a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para a pesquisa e desenvolvimento na área e o cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras. Esses instrumentos podem trazer melhorias no aproveitamento dos resíduos e redução dos impactos ambientais, fortalecendo uma cultura mais sustentável no setor produtivo.

Grande diversidade de resíduos orgânicos pode ser obtida no primeiro setor, de origem animal, como camas e esterco; origem vegetal, como palhada, restos culturais, restos de

frutos e cascas, tortas e bagaços. Assim também, observam-se muitos materiais com alto potencial de aproveitamento no meio urbano e industrial como o próprio lodo de esgoto, lixo; subprodutos industriais e agroindustriais, como a torta de filtro e bagaços, sendo que nesse caso, deve-se ter uma maior atenção às características do material, bem como a sua estabilização e esterilização, visto que a diversidade de origem pode impactar na sua riqueza de nutrientes, ou na contaminação por elementos tóxicos (MAGELA, 2017).

Para o devido aproveitamento de resíduos orgânicos, faz-se mister obedecer a certas etapas de preparo, desde o levantamento das garantias químicas do material, bem como suas propriedades biológicas (MAGELA, 2017).

Para avaliação de garantias, deve-se atentar para o máximo de uniformidade do material, e a adequada amostragem, a fim de se caracterizar adequadamente. Assim, dever-se-á conhecer os teores de nutrientes essenciais contidos no resíduo, bem como características agronômicas relevantes (PIRES; MATIAZZO, 2008).

Conectado a esses levantamentos, esses autores ainda consideram que é importante determinar a relevância econômica do material, considerando a demanda do mercado e a possibilidade de aproveitamento do composto em formulações. Ainda assim, deve ser avaliada a viabilidade de aplicação e comercialização, tanto do ponto de vista econômico, quanto tecnológico.

Confirmada a usabilidade do respectivo resíduo, cabe a adequação do mesmo à aplicação agrícola. Um dos principais processos de adequação dos resíduos orgânicos à produção agrícola, a compostagem consiste na produção do composto orgânico formado por matéria orgânica humificada, alcançada pela decomposição biológica de restos orgânicos pela ação microbiana do solo. No final desse processo, o composto apresenta estrutura fofa, cheiro agradável, temperatura ambiente, pH próximo de 7, livre de agentes patogênicos e de sementes de plantas infestantes (OLIVEIRA et al., 2005).

Outros processos precisam ser aplicados para diferentes materiais. No caso do estudo em questão, tratar-se-á especificamente do uso do lodo de esgoto e da torta de filtro.

2.3 Lodo de esgoto e utilização na agricultura

A necessidade de recuperar o meio ambiente mostra-se cada vez mais urgente. A sociedade aumenta gradativamente sua colaboração e cobrança de intervenções para despoluir

os mananciais, rios e biomas em geral. Uma das atividades destacadas para a melhoria da qualidade de vida é o tratamento de esgotos, que ainda é precário ou inexistente na maior parte do território nacional. As águas e os dejetos depositados nela deveriam ser destinados (em sua totalidade) para as Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), para serem submetidos a processos que possibilitem o retorno da água de forma potável ao ambiente, disponibilizada para o consumo em geral, separando o resíduo gerado que é denominado lodo de esgoto. Lodos de esgoto são resíduos semissólidos de constituição orgânica, com cerca de 30 a 40% de carbono (QUINTANA et al., 2011).

Um problema facilmente observado é a destinação final do lodo de esgoto, normalmente remetido para a incineração, à deposição oceânica e florestal, a aterros sanitários (com elevados custos de manutenção, além de proporcionar risco de contaminação de solos e lençóis freáticos). Contudo, direcioná-lo para a utilização agrícola como fertilizante e/ou condicionador de solo, é considerada uma alternativa promissora. Os lodos de esgoto podem afetar a dinâmica da matéria orgânica devido à sua composição e processo de mineralização após serem aplicados no solo sucessivamente, podendo impactar no estoque de carbono (QUINTANA et al., 2011).

O lodo de esgoto é usado como recurso opcional na agricultura, na atividade florestal; reuso industrial (produção de agregado leve, fabricação de tijolos e cerâmica e produção de cimento); conversão em óleo combustível e recuperação de solos, de forma satisfatória. Contudo, os autores acentuam que deve ser observada a origem e qualidade do material, considerando os índices de metais pesados e agentes patogênicos que possam estar presentes. Sua reciclagem para finalidade agrícola deve obedecer às regras que definem aspectos, tais como: limitações ambientais e edáficas, taxa de aplicação e cultura agrícola recomendada (BETTIOL; CAMARGO, 2000)

Neste sentido, apesar da potencialidade observada no lodo de esgoto como biofertilizante, estudos são necessários para confirmar a segurança de seu uso ao meio ambiente e à saúde humana, para determiná-lo efetivamente como matéria-prima (QUINTANA et al., 2011).

O uso do lodo de esgoto na agricultura no Brasil e em diversos países da Europa (Alemanha, Dinamarca, Suécia, entre outros), não é aleatório, havendo pesquisas em relação à complexidade dos resíduos que estão sendo inseridos no solo, juntamente com os nutrientes,

mediante a realização de pesquisas, sendo observado que muitos cuidados devem ser tomados (SAITO, 2007).

O bio sólido, para ser usado como fertilizante, é tratado e submetido a controles de qualidade, garantindo parâmetros de higienização e eficácia. Sua utilização como biofertilizante em permuta aos fertilizantes industriais reduz gastos econômicos e energéticos destinados aos processos de fertilização do solo (QUINTANA et al., 2011).

Segundo Malta (2001), o lodo de esgoto altera as propriedades físicas do solo, melhora sua densidade, nível de fertilidade, porosidade e capacidade de retenção de água, eleva o pH, diminui o teor de alumínio trocável, aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC), fornece nutrientes para as plantas, promove o crescimento de organismos do solo que são fundamentais para a ciclagem dos elementos.

Mudanças qualitativas da MO em solos fertilizados com lodo têm sido associadas ao aumento da concentração de ácidos fúlvicos e húmicos, podendo evidenciar menor grau de humificação da MO e provavelmente residual do bio sólido no solo (QUINTANA, 2006).

2.4 Torta de Filtro e utilização na agricultura

Alguns sistemas industriais dão origem a resíduos orgânicos que, se manejados de maneira adequada, podem proporcionar melhorias nas características físicas, químicas e biológicas quando aplicados ao solo. Uma referência típica é o aproveitamento de rejeitos da agroindústria sucroalcooleira. No processo de fabricação do açúcar, por exemplo, para cada tonelada de cana processada são gerados em média 30 kg de torta de filtro, produzidos a partir da clarificação do caldo obtido em moenda. Nesse processo, o caldo aquecido recebe uma solução de hidróxido de cálcio e enxofre favorecendo a elevação do pH, possibilitando a floculação das substâncias orgânicas coloidais. O caldo clarificado e limpo é evaporado e o lodo, formado pelos compostos insolubilizados, após um período de decantação, segue para filtração a vácuo, onde é recuperada a sacarose ainda existente. Ao lodo mistura-se bagaço de cana finamente moído, para permitir uma consistência apropriada à filtração a vácuo, que dá origem à torta de filtro (NOGUEIRA; GARCIA, 2013).

A torta de filtro é um resíduo com elevado teor de matéria orgânica, composto por uma mistura de fragmentos de cana em diferentes tamanhos, sacarose, fosfatados de cálcio e partículas de solos. Nas regiões de produção de açúcar do Brasil, muitos agricultores

fertilizam o solo somente com esse material, reduzindo, de maneira significativa, os custos com a produção. A composição química média da torta de filtro varia de acordo com a região de produção em função de fatores associados à variedade e ao estágio fisiológico da cana processada, bem como dos materiais empregados no processo de clarificação do caldo (FAVRET et al., 2010).

Os benefícios da aplicação da torta de filtro sobre a fertilidade do solo e a produtividade das lavouras vêm sendo observados há anos. A torta de filtro é um resíduo enriquecido em matéria orgânica, com elevado teor de nutrientes, tais como Ca^{2+} , S-SO_4 e P_2O_5 , e que possui, da mesma forma que o vermicomposto, matéria humificada com capacidade de estimular o desenvolvimento vegetal (MOLINA, 1995; BUSATO, 2008).

Em função da concentração dos nutrientes, a torta de filtro pode substituir completamente, em condições específicas, a aplicação de fertilizante fosfatado quando utilizada em doses superiores a 20 Mg ha^{-1} no sulco de plantio. Ademais, a aplicação em conjunto da torta de filtro com fosfatos naturais possibilita a disponibilização mais rápida do P, uma vez que foi observada a capacidade de melhorar a solubilidade destes compostos e a aplicação de torta de filtro ou o produto da sua compostagem incrementa significativamente, num único ciclo de crescimento da cana, a atividade biológica, a matéria orgânica e a agregação física do solo, bem como a produtividade da cultura (MOLINA, 1995).

2.5 Fertilizantes Organominerais

Os fertilizantes minerais foram introduzidos como aditivo para fertilizar o solo há aproximadamente 150 anos, mas antes desta prática, já se usava o esterco e o composto que constituíam, praticamente, a única fonte externa de nutrientes disponível para a agricultura tradicional. A implementação de novas tecnologias na agricultura desencadeou a redução do consumo de fertilizantes orgânicos, comparado ao uso de fertilizantes minerais. Recentemente, porém, com a alta de preço dos fertilizantes minerais e a acentuada degradação da qualidade física do solo, retoma-se, gradativamente, o interesse pela utilização mais coerente e sustentável de resíduos agrícolas, urbanos e industriais. (OLIVEIRA et al., 2005).

Oliveira et al. (2005) consideram que os fertilizantes organominerais são uma alternativa atual para revitalizar o solo. Fabricados em associação com fertilizantes orgânicos, potencializam os efeitos dos nutrientes minerais a serem disponibilizados às plantas.

Importante salientar que o elemento vegetal não estabelece diferenças entre nutrientes oriundos de fertilizantes minerais ou da mineralização da matéria orgânica, porém, a qualidade física do solo depende da fonte do nutriente e, sendo orgânica, haverá benefícios observáveis à qualidade físico-química do solo, cabendo destacar: melhoria na agregação; melhor equilíbrio entre macro e microporos; equilíbrio na relação sólidos e vazios do solo. Estes atributos, na realidade, acabam por se refletirem na absorção dos nutrientes e, consequentemente, no desenvolvimento do cultivo.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de acordo com a legislação brasileira, define que os fertilizantes organominerais, são aqueles produzidos pela associação entre fontes orgânicas (como turfas, dejetos animais e compostos orgânicos) e fontes minerais (como fertilizantes solúveis e agrominerais). Conforme destaca o MAPA (2017), em relação à Legislação de Fertilizantes, a Instrução Normativa N° 25 – Nova Redação cita duas classes (A e B), que se distinguem pela origem dos resíduos, onde a primeira é representada por matérias-primas tipicamente agrícolas, isentos de despejos sanitários e a segunda é representada por matérias-primas tipicamente urbanas e industriais, inclusive despejos sanitários, devendo qualquer resíduo das duas classes ser produto de utilização segura na agricultura.

Com a presença de um componente orgânico na adubação, o acúmulo de nutrientes no solo é aumentado, visto que o mesmo amplia a capacidade de troca catiônica, viabilizando a perda menor de nutrientes por lavagem e potencialização do fertilizante às plantas, ainda que, confrontados aos sintéticos, os organominerais possuam liberação mais lenta de nutrientes. A adubação organomineral utilizando fertilizantes minerais conseguidos por processos físicos, como a moagem de rochas, está sendo empregada para o provimento de nutrientes às culturas em substituição aos fertilizantes sintéticos, que são obtidos de processos de grande gasto de energia em sua maior parte (MOLINA, 1995; LOSS, 2011).

Pelá (2005) enfatiza que mesmo os adubos orgânicos apresentando baixas concentrações de N, P e K, ao serem adicionados à adubação mineral, permitem resultados positivos às plantas, visto que estas empregam melhor os nutrientes através do sincronismo de liberação ao longo de seu desenvolvimento. A adubação orgânica demonstra efeito acumulativo de produtividade de grãos na segunda safra em comparação à adubação mineral, devido ao efeito residual dos mesmos.

O mesmo autor refere ainda que o benefício dos nutrientes incluídos nos adubos orgânicos pelas plantas deve considerar a taxa de mineralização e os fatores que acometem a eficácia residual de cada nutriente no solo. No caso do esterco de aves, por exemplo, esse efeito pode perdurar entre três a quatro anos. Inobstante, através do tempo, com incremento paulatino da fertilidade do solo, haverá a efetivação dos nutrientes e, portanto, o aumento da produtividade.

O acréscimo na produção de fertilizantes organominerais impactará diretamente a demanda externa por NPK no Brasil, podendo representar cerca de 25% do consumo total de nutrientes até 2020. Embora o fortalecimento do setor desses fertilizantes não seja uma ação necessária para reverter a dependência brasileira por exportações de fertilizantes e nem impacte diretamente na formação de preços dos mesmos, os fatores ambientais e socioeconômicos relacionados a essa atividade justificam plenamente a adoção de medidas estratégicas que estimulem esse setor (PELÁ, 2005; LOSS, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 19/09 a 19/11 de 2016, em casa de vegetação, localizada no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, com as coordenadas de 18°91'86" S de latitude e 48°27'72" W de longitude, a uma altitude aproximada de 800 metros acima do nível do mar.

O experimento foi elaborado em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições no esquema fatorial 3x5+1, referente a 3 fertilizantes: fertilizantes organominerais peletizados com resíduos orgânicos diferentes (biossólido ou torta de filtro) e fertilizante mineral; 5 doses das três fontes de fertilizantes, referentes à dose padrão de P_2O_5 na cultura do milho, nos percentuais de 60%, 80%, 100%, 120% e 140% dessa dose padrão, bem como uma testemunha, com ausência de adubação. Para a adubação mineral utilizou-se Ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

Conforme descrito acima, as doses dos fertilizantes foram definidas tendo como referência, o teor de P_2O_5 a ser aplicado no solo e seguindo a “Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais” (5ª Aproximação), de modo que a dose 100% referiu-se a 120 kg ha⁻¹ de fertilizante para suprir a necessidade em P_2O_5 de culturas importantes, como por exemplo, o milho; sendo os demais percentuais proporcionais à dose de 100%.

A formulação dos fertilizantes organominerais deu-se nas concentrações de 5-17-10 (10% de COT). A formulação do fertilizante mineral utilizado no experimento foi a mesma, excetuando-se o carbono orgânico.

O lodo de esgoto utilizado na composição do adubo organomineral foi proveniente da estação de tratamento de esgoto do DMAE, localizada no município de Uberlândia-MG. Conforme metodologia de Alves Filho (2014), o lodo de esgoto foi higienizado com cal hidratada visando à eliminação dos patógenos e estabilização biológica e a redução da umidade. Já a torta de filtro foi obtida junto à Usina Vale do Tijuco de produção sucroalcooleira. As características químicas do biossólido e da torta de filtro foram analisadas no Laboratório de Análise de Solos (LABAS) da UFU e estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas do biossólido e da torta de filtro

	pH _{água} (1:2,5)	COT	N Total	P ₂ O ₅ Total	K ₂ O	Relação C/N
		-----%-----				
Biossólido	12,65	19,8	1,0	2,8	0,30	28/1
Torta de Filtro	6,81	24,0	1,0	1,1	0,27	14/1

Caracterizado conforme a metodologia da Embrapa (2013). COT: Carbono orgânico total. Fonte: O autor (2016).

A formulação dos fertilizantes organominerais peletizados se deu na empresa Geociclo. Para tal, foi feito um balanceamento da fórmula, adicionando-se à base orgânica, componentes minerais, até alcançar a fórmula definida (5-17-10). A tabela 2 mostra a composição dos dois fertilizantes de base orgânica, com seus devidos balanceamentos.

**Figura 1** – Pellets dos fertilizantes organominerais. Fonte: O autor (2018).

O processo de peletização ocorreu com a mistura prévia entre a base orgânica e os minerais. A mistura foi introduzida na peletizadora com umidade de entrada de 20%. Após o processamento, o fertilizante peletizado saiu com 10% de umidade. A dureza do *pellet* foi de 5 kgf/cm³, e suas dimensões tem em torno de 5mm de comprimento e 0,8mm de diâmetro (FIGURA 1).

Tabela 2 – Composição balanceada dos fertilizantes organominerais peletizados com biossólido e torta de filtro

Componente	Composição		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CO	Ca	Umidade
	-----%							
Biossólido	49,62		1,0	2,8	0,3	19,8	0,0	8,0
Torta de Filtro	48,15		1,0	1,12	0,27	24,0	0,0	8,0
MAP	30,02*	31,66°	11,0	52,0	0,0	0,0	0,0	3,0
Ureia	2,67*	2,30°	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
KCl	16,98*	17,02°	0,0	0,0	58,0	0,0	0,0	1,0
Ulexita	0,70*	0,74°	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	10,0
Total Biossólido	100,00		5,0	17,0	10,0	9,82	0,08	5,14
Total Torta de Filtro	100,00		5,0	17,0	10,0	11,6	0,09	5,08

A coluna composição refere-se ao percentual em massa de cada um dos componentes da primeira coluna. Excetuando-se os componentes “Biossólido” e “Torta de Filtro”, que são a base orgânica de cada fertilizante, os demais representam os componentes minerais, sendo que os valores sinalizados com * representam a composição do fertilizante organomineral peletizado com biossólido, e os valores sinalizados com ° representam a composição do fertilizante organomineral peletizado com torta de filtro. Fonte: O autor (2016).

A tabela 3 mostra o detalhamento de cada tratamento, em relação à dose de nutrientes aplicados no teste, com base nos teores dos fertilizantes formulados.

Tabela 3 – Diferentes doses e fontes no teste de incubação. Uberlândia, 2016.

Nº	Fontes	Dose relativa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	CO
		-----%		-----kg ha ⁻¹ -----			
1	Biossólido	60	21,2	72,0	42,4	0,3	41,6
2	Biossólido	80	28,2	96,0	56,5	0,5	55,5
3	Biossólido	100	35,3	120,0	70,6	0,6	69,3
4	Biossólido	120	42,4	144,0	84,7	0,7	83,2
5	Biossólido	140	49,4	168,0	98,8	0,8	97,0
6	Torta de filtro	60	21,2	72,0	42,4	0,4	49,0
7	Torta de filtro	80	28,2	96,0	56,5	0,5	65,3
8	Torta de filtro	100	35,3	120,0	70,6	0,6	81,6
9	Torta de filtro	120	42,4	144,0	84,7	0,8	97,9
10	Torta de filtro	140	49,4	168,0	98,8	0,9	114,2
11	Mineral	60	21,2	72,0	42,4	0,0	0,0
12	Mineral	80	28,2	96,0	56,5	0,0	0,0
13	Mineral	100	35,3	120,0	70,6	0,0	0,0
14	Mineral	120	42,4	144,0	84,7	0,0	0,0
15	Mineral	140	49,4	168,0	98,8	0,0	0,0
16	Testemunha	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

As doses de P₂O₅ se basearam na dose padrão de 120kg ha⁻¹, sendo os demais teores proporcionais a essa dose. No caso dos outros nutrientes, os valores são referentes à fórmula dos fertilizantes (5-17-10). Fonte:autor (2016).

Realizou-se um teste de incubação em solo de textura franco-arenosa, coletado na fazenda experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia e caracterizado quanto aos seus atributos químicos (TABELA 4) e físicos (TABELA 5).

Tabela 4 – Caracterização química do solo utilizado. Uberlândia, 2016.

pH	P	meh ⁻¹	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O.	C.O
H ₂ O	---mg dm ⁻³ ---			-----cmolc.dm ⁻³ -----				-----%-----			--dag Kg ⁻¹ --			
4,9	0,7	0,03	0,2	0,1	0,2	2,50	0,33	0,58	2,83	12	43	1,0	0,6	

Caracterizado conforme metodologia de Raij et al. (2001). Fonte: O autor (2016).

Tabela 5 – Caracterização textural da amostra de 0-20 cm dos solos utilizados nos experimentos de incubação.

Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
----- g kg ⁻¹ -----			
431	387	31	151

Análise textural pelo Método da Pipeta (Embrapa, 1999). Fonte: O autor (2016).

3.1 Condução

O experimento foi adaptado do método “Solubilidade de Fertilizantes Contendo Silício - Método de Incubação”, versão 15.2010, protocolado no MAPA, e desenvolvido no âmbito do Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes (LAFER), da UFU, com algumas alterações. Cada parcela experimental foi constituída de um pote plástico contendo 1 Kg de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) acrescido da fonte de fertilizante em sua devida dose. Os fertilizantes foram acondicionadas em telas, que foram posicionadas a 1 cm de profundidade da superfície do solo do pote, diferentemente do método original, onde o fertilizante é incorporado ao solo do pote mediante a agitação do solo e do fertilizante em saco plástico. Essa adaptação se deu a fim de verificar a solubilidade das fontes. Posteriormente, esse conjunto foi umedecido até aproximadamente 80% da capacidade de campo, sendo essa umidade mantida ao longo do experimento, mediante a adição de água por diferença de peso, com o objetivo de favorecer as reações químicas (FIGURA 2).



Figura 2. Parcela experimental. Fonte: O autor (2016).

O período de incubação foi de 60 dias, tendo sido feitas três coletas de subamostras, aos 5, 15 e 60 dias de experimento, para realização das determinações aqui estudadas. As coletas foram feitas logo abaixo da tela com o fertilizante. Realizou-se a identificação, secagem e peneiramento para posterior determinação dos parâmetros químicos estudados.

Realizou-se análises químicas para determinação de fatores de acidez, como pH em água, pH em SMP e Alumínio; íons do solo, como Potássio, Cálcio, Magnésio; por fim, a Matéria Orgânica do Solo (RAIJ et al., 2001), bem como Fósforo através do extrator Melich e silício, conforme metodologia de Korndörfer et al. (2004). Essas determinações também permitiram a obtenção de parâmetros relativos à acidez, CTC, e relações de bases entre si e com a CTC.

3.2 Análise estatística

Os dados obtidos foram inicialmente testados quanto às pressuposições de normalidade de resíduos (teste de Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade das variâncias (teste de Levene) utilizando o programa SPSS versão 20.0. Todos os dados foram avaliados a 0,01 de significância. Os parâmetros em que foi necessário realizar a transformação de dados, realizou-se a transformação $\log(x+1)$.

Posteriormente, a os dados foram submetidos ao teste de F da análise de variância. O estudo das fontes de fertilizantes foi realizado pelo Teste de Tukey para a comparação entre as médias dos tratamentos. O estudo das doses de fertilizantes organominerais foi realizado por regressão para obtenção do modelo estatístico mais adequado. Para o tratamento adicional (ausência de adubação) aplicou-se o Teste de Dunnett. As análises foram realizadas ao nível de 0,05 de significância, com auxílio do programa estatístico ASSISTAT e SISVAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Acidez do solo e Relações com a CTC

As tabelas 6 e 7 mostram que houve interação significativa entre as fontes e as doses de fertilizantes para pH, indicando que o pH foi significativamente alterado com a aplicação das fontes. Observa-se que aos 60 dias de incubação do solo, o biossólido aumentou o pH, enquanto a torta de filtro e o mineral não diferiram do controle (TABELA 8).

O Al trocável do solo não se alterou com a aplicação das fontes de base orgânica. Já a acidez dependente de pH foi menor com biossólido e a torta de filtro em relação ao mineral e testemunha (TABELA 6). Isso mostra que o fertilizante mineral acidifica o solo, com a liberação H^+ . Com as fontes organominerais, observa-se maior estabilidade do pH, devido ao tamponamento do solo promovido pela matéria orgânica. A matéria orgânica possui grandes quantidades de radicais carboxílicos e fenólicos que aumentam a CTC e o poder tampão do solo, reduzindo a acidez na solução do solo.

Magela (2017), observou que os fertilizantes organominerais peletizados não apresentaram diferença no pH do solo.

Os resultados para acidez potencial são muito semelhantes aos da acidez dependente de pH aos 5 e aos 15 dias de incubação do solo (TABELAS 6 e 7). Aos 60 dias (TABELA 8), houve diferença entre as fontes, com melhores resultados das fontes organominerais, principalmente de biossólido.

Aos 5 dias de incubação do solo (TABELA 6), a saturação por alumínio foi maior no biossólido, comparativamente à fonte mineral. Já o organomineral com torta de filtro apresentou resultados intermediários. A adubação possibilitou a redução da saturação por alumínio do solo, de modo que quase todos os tratamentos diferiram da testemunha. Aos 15 dias de incubação (TABELA 7), por outro lado, poucos tratamentos diferem da testemunha. O pH mais ácido favorece o aumento da saturação por alumínio, visto que o solo não foi corrigido. Ainda assim, a fertilização com organomineral de torta de filtro reduz 1% da saturação por alumínio a cada 15,12% de incremento da dose do fertilizante, e a fonte mineral reduz na mesma medida a cada 6,82% de incremento da dose (FIGURA 4), indicando efeito positivo da adubação com essas fontes. Aos 60 dias de incubação do solo (TABELA 8), o efeito da adubação é altamente relevante, levando todos os tratamentos da fonte

organomineral formulada com biossólido a resultados melhores que a testemunha, bem como superiores às outras fontes. A liberação dos nutrientes por essa fonte possibilitou maior equilíbrio do solo nesse aspecto, permitindo assim redução na saturação por alumínio ao longo do período, de maneira gradual, dada a mineralização das fontes orgânicas. Aos 60 dias de incubação, a adubação possibilitou que o aumento em 8,20% da dose de adubação possibilitasse a redução em 1% da saturação por alumínio (FIGURA 5).

Os resultados relativos à acidez indicam efeito positivo das fontes em relação à saturação por alumínio, destacando-se as fontes organominerais. De maneira geral, as fontes estudadas não alteram grandemente o pH e as formas de acidez, porém, o fertilizante mineral promove maior acidificação do solo.

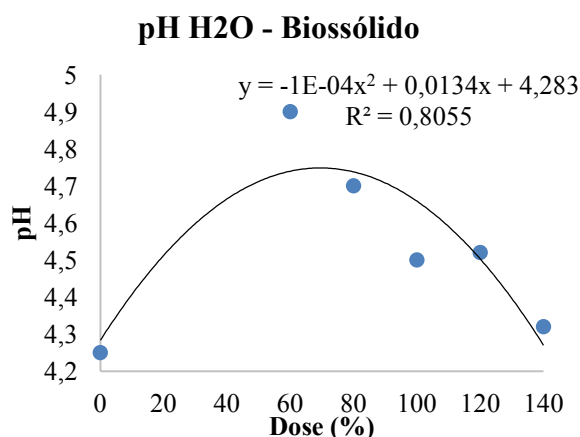


Figura 3 – pH em água aos 5 dias de incubação do solo e em diferentes doses (%) de fertilizante organomineral peletizado com biossólido. Fonte: O autor (2018).

Tabela 6 – Relações de acidez do solo. pH em água, teores de alumínio, acidez dependente de pH e acidez potencial ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), saturação por alumínio e relações de alumínio e hidrogênio com a CTC total (%); aos 5 dias de incubação do solo submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido, torta de filtro e fertilizante mineral.

Dose (%)	pH H ₂ O			Alumínio			Acidez Dependente pH			Acidez Potencial		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- pH -----						----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----					
0		4,25			3,40			24,0			27,4	
60	4,90a	4,32a	4,47a	3,00	4,00	3,50	22,3a	24,5b	25,8b	25,3a	28,5b	29,3b
80	4,70b	4,75b	5,42a*	2,75	1,75	1,50	22,5a	22,0a	23,8a	25,3a	23,8a*	25,3a
100	4,50a	4,32a	4,65a	2,50	2,75	2,75	23,3a	22,8a	27,5b*	25,8a	25,5a	30,3b
120	4,52a	4,87a	4,42a	3,25	2,25	3,00	23,8a	24,0a	28,5b*	27,0a	26,3a	31,5b
140	4,32b	4,82a	5,00a	3,25	2,50	3,50	23,8a	25,5ab	26,3b	27,0a	28,0a	29,8a
Média	4,59	4,62	4,79	2,95	2,65	2,85	23,1	23,8	26,4	26,1	26,4	29,2
CV%		8,12			39,26			5,34			5,94	
DMS Dunnett		0,79			2,28			2,7			3,4	
DMS Médias		-			0,83			-			-	
DMS Linhas		0,65			-			2,2			2,8	

Dose (%)	Saturação por Alumínio			Al/T			H/T		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- % -----								
0		49,9			11,0			77,9	
60	31,3*	34,6	32,3	9,4	11,1	9,5	70,1*	68,2*	70,1*
80	28,1*	16,7*	11,2*	8,5	5,4	4,3*	70,6*	68,6*	65,3*
100	27,2*	25,3*	22,4*	7,6	8,2	7,0	71,9	67,8*	69,0*
120	29,9*	20,4*	20,3*	9,3	6,7	6,9	69,2*	70,2*	65,0*
140	28,7*	19,7*	23,7*	9,2	6,5	8,5	67,7*	67,2*	63,5*
Média	29,1b	23,4ab	22,0a	8,8	7,5	7,2	69,9b	68,4ab	66,6a
CV%		35,82			37,58			4,70	
DMS Dunnett		18,4			6,1			6,7	
DMS Médias		6,7			2,3			2,4	

*: diferentes da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05. Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. Bio: Fertilizante Organomineral peletizado com Biossólido. T.F: Fertilizante Organomineral peletizado com Torta de Filtro. Min: Fertilizante Mineral. Fonte: O autor (2018).

Tabela 7 – Relações de acidez do solo. pH em água, teores de alumínio, acidez dependente de pH e acidez potencial ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), saturação por alumínio e relações de alumínio e hidrogênio com a CTC total (%); aos 15 dias de incubação do solo submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por bio sólido, torta de filtro e fertilizante mineral.

Dose (%)	pH H ₂ O			Alumínio			Acidez Dependente pH			Acidez Potencial		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	pH						mmol _c dm ⁻³					
0		4,23			3,40			22,9			26,3	
60	4,15a	3,90a	3,85a	4,00a	4,50a	5,50a	23,5a	26,3b*	30,3c*	27,5a	30,8b*	35,8c*
80	3,88b	4,43a	3,80b	4,75a	4,25a	5,25a	26,0b*	23,8a	27,0b*	30,8b*	28,0a	32,3b*
100	3,93a	3,90a	3,90a	4,75a	4,50a	4,75a	24,5a	26,0b*	27,3b*	29,3a	30,5b*	32,0b*
120	4,38a	3,83b	3,90a	3,00a	5,25b	5,50b	24,0a	25,0b	26,5b*	27,0a	30,3b*	32,0b*
140	3,78a	3,88a	4,25a	5,00a	5,00a	4,25a	24,3a	25,3b	27,0b*	29,3a	30,3a*	31,3a*
Média	4,02	3,99	3,94	4,30	4,70	5,05	24,5	25,3	27,6	28,8	30,0	32,7
CV%		7,12			22,17			5,27			4,88	
DMS Dunnett		0,59			2,13			2,8			3,1	
DMS Médias		-			-			-			-	
DMS Linhas		0,49			1,75			2,3			2,5	
Dose (%)	Saturação por Alumínio			Al/T			H/T					
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min			
				%								
0		58,1			11,8			79,7				
60	53,7a	51,8a	57,8a	12,9	12,8	13,8	75,8	75,2	76,0			
80	53,1a	49,2a	50,2a	13,6	13,1	14,0	74,5	73,9	72,1*			
100	51,5a	47,9a	43,1a*	14,1	12,8	12,4	72,6*	73,4	71,2*			
120	36,3a*	50,15b	45,3ab	9,3	14,9	14,2	75,8	70,6*	68,8*			
140	55,9b	48,7b	38,3a*	15,0	14,0	11,1	72,8*	71,5*	71,5*			
Média	50,1	49,5	46,9	13,0	13,5	13,1	74,3	72,9	71,9			
CV%		14,01			21,05			4,31				
DMS Dunnett		14,4			5,7			6,6				
DMS Médias		-			2,1			2,4				
DMS Linhas		11,8			-			-				

*: diferentes da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05. Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. Bio: Fertilizante Organomineral peletizado com Bio sólido. T.F: Fertilizante Organomineral peletizado com Torta de Filtro. Min: Fertilizante Mineral. Fonte: O autor (2018).

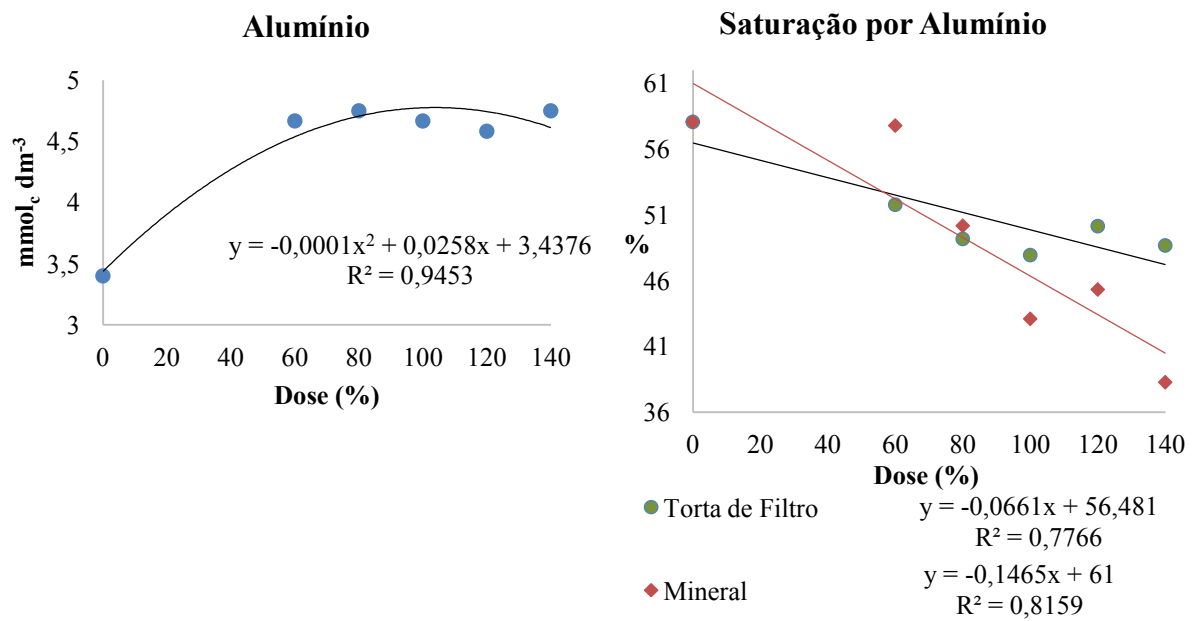


Figura 4 – Modelos de regressão para alumínio ($\text{mmol}_e \text{ dm}^{-3}$) e Saturação por Alumínio (%) aos 15 dias de incubação do solo e em diferentes doses. Fonte: O autor (2018).

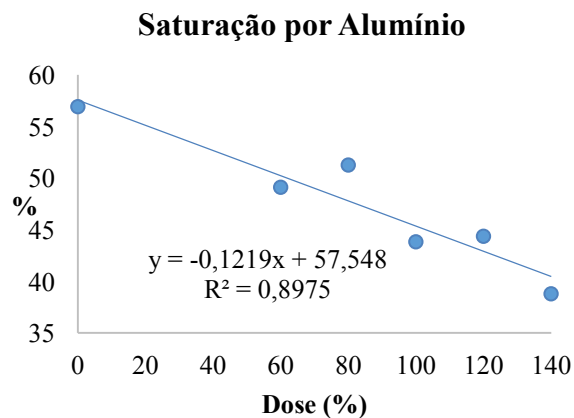


Figura 5 – Modelo de regressão para saturação por alumínio (%) aos 60 dias de incubação do solo e em diferentes doses. Fonte: O autor (2018).

Tabela 8 – Relações de acidez do solo. pH em água, teores de alumínio, acidez dependente de pH e acidez potencial (mmol_c dm⁻³), saturação por alumínio e relações de alumínio e hidrogênio com a CTC total (%); aos 60 dias de incubação do solo submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por bio sólido, torta de filtro e fertilizante mineral.

Dose (%)	pH H ₂ O			Alumínio			Acidez Dependente pH			Acidez Potencial		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- pH -----			----- mmol _c dm ⁻³ -----								
0		4,19			4,40			22,8			27,2	
60	4,85*	4,18	4,20	3,25a	6,00b	6,50b	23,8b	20,0a	25,5b	27,0	26,0	32,0
80	4,30	4,23	4,18	6,25a	5,25a	6,50a	19,3a	21,0a	21,3a	25,5	26,3	27,8
100	4,53	4,25	4,25	5,00a	6,25a	5,25a	18,5a	21,8b	22,3b	23,5	28,0	27,5
120	4,15	4,15	4,30	5,25a	4,75a	6,00a	20,0a	23,5a	21,0a	25,3	28,3	27,0
140	4,25	4,25	4,20	4,25a	5,00a	6,25a	23,5a	23,0a	22,3a	27,8	28,0	28,5
Média	4,42a	4,21b	4,23ab	0,48	5,45	6,10	21,0	21,9	22,5	25,8a	27,3ab	28,6b
CV%		5,81			21,84			9,73			8,73	
DMS Dunnett		0,52			2,48			4,4			5,0	
DMS Médias		0,19			-			-			1,8	
DMS Linhas		-			2,03			3,6			-	
Dose (%)	Saturação por Alumínio ^t			Al/T			H/T					
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min			
	----- % -----											
0		56,9			14,4			74,7				
60	34,0*	59,5	53,9	9,7a*	19,9b	17,1b	71,2a	66,5a*	68,3a			
80	47,8*	51,5*	54,6	19,3a	16,8a	19,5a	59,9a*	67,1b	64,2b*			
100	38,6*	47,7*	45,2*	15,9a	18,3a	15,4a	58,9a*	61,9b*	65,4b*			
120	41,5*	46,3*	45,3*	16,1a	14,1a	17,5a	61,4a*	69,7b	60,6a*			
140	29,0*	41,1*	46,3*	11,2a	14,5b	17,5b	61,4a*	65,5a*	62,2a*			
Média	38,2a	49,2b	49,0b	14,4	16,7	17,4	62,6	66,2	64,2			
CV%		4,99			20,31			5,76				
DMS Dunnett		0,17			6,9			7,8				
DMS Médias		0,06			-			-				
DMS Linhas		-			5,6			6,4				

*: diferentes da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05. Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. ^t: dados transformados pela função log (x+1) em atenção às pressuposições do modelo. Bio: Fertilizante Organomineral peletizado com Bio sólido. T.F: Fertilizante Organomineral peletizado com Torta de Filtro. Min: Fertilizante Mineral. Fonte: O autor (2018).

4.2. Nutrientes do Solo

Relativamente aos teores de fósforo, há uma diferença na velocidade de liberação entre as fontes orgânicas e a mineral. Aos 5 dias de incubação, como mostra a tabela 9, essa diferença é altamente significativa, tendo a fonte mineral seu maior teor de P₂O₅, 87,65mg.dm⁻³ na dose de 135,27% do fertilizante (FIGURA 6). Entre as fontes de base

orgânica, a de torta de filtro possui liberação mais rápida, porém, muito abaixo da fonte mineral, sendo que o aumento em 1 mg dm^{-3} do teor do nutriente no solo se dá pelo aumento em 6,33% da dose (FIGURA 6). Aos 15 dias esse padrão se repete, porém, com interação significativa entre fonte e dose (TABELA 10). Aos 60 dias de incubação do solo, percebe-se certa uniformidade entre as fontes, apesar de ainda ser mais alto o teor de fósforo na fonte mineral (TABELA 11). Os teores de fósforo foram superiores no fertilizante mineral, comparado às fontes orgânicas, e o aumento da dose contribui para o aumento do teor de fósforo do solo, independentemente da fonte (TABELA 9). Esse resultado confirma a condição de maior solubilidade do fósforo em fertilizante mineral. Magela (2017) observou maiores teores de fósforo nas fontes orgânicas em relação à dose padrão de fósforo no fertilizante mineral (100%), porém, o presente estudo incluiu o fertilizante mineral no teste com as diferentes doses, ressaltando a maior disponibilidade do mesmo no solo, enquanto que as fontes orgânicas contribuem de maneira mais gradual. Ainda assim, a maior dose de organomineral a base de biossólido possibilitou um incremento superior ao observado na testemunha (TABELA 11).

Os fertilizantes organominerais disponibilizam fósforo mais lentamente, tendo uma gradativa solubilização ao longo do cultivo. Isso se dá, pois a transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas permite o aumento das cargas negativas próximas ao sítio de liberação de fosfato nesses fertilizantes (SILVA et al., 2010). Os resultados indicam a necessidade de se fazer experimentos de maior duração, a fim de se verificar o efeito residual do fósforo nas fontes organominerais. A aplicação de adubação foi efetiva na elevação dos teores de fósforo do solo.

A aplicação de resíduos orgânicos repõe os ácidos orgânicos do solo, que contribuem para a redução da adsorção do fósforo no solo (NOVAIS; SMYTH, 1999). Assim, a aplicação de fontes orgânicas se faz importante para favorecer a disponibilidade de fósforo no solo.

Os resultados de potássio são semelhantes aos de fósforo aos 5 dias de incubação, porém, pode ser observado que as fontes de base orgânica possuem liberação mais rápida em relação ao potássio, de modo que há tratamentos que diferem significativamente da testemunha (TABELA 9). Aos 15 dias, mantém-se o mesmo padrão, tendo a adubação evidenciado efeito muito positivo no teor de potássio do solo (TABELA 10). O aumento da dose dos fertilizantes proporciona aumento em taxa contínua no teor de potássio do solo, como mostra a figura 7, sendo que o efeito maior ocorre na fonte mineral, seguida do

organomineral com torta de filtro e depois pelo biossólido. Na dose padrão (100%), temos que o fertilizante organomineral peletizado com biossólido alcança teores próximos a 60% do resultado para fertilização mineral, enquanto que a torta de filtro alcança 75% (FIGURA 7). Aos 60 dias de incubação do solo, percebe-se o efeito positivo da adubação, com todos os resultados superiores à testemunha (TABELA 11). Com interação significativa, verifica-se que nas doses mais altas (100, 120 e 140%), os resultados de P e K são superiores para a fonte mineral. Por outro lado, o efeito residual dos fertilizantes organominerais pode ser interessante para manutenção da fertilidade do solo ao longo do tempo.

Sendo o potássio monovalente, sua retenção às cargas do solo é menor, por ser mais facilmente substituído por outros elementos nos sítios de retenção. Assim, a adição de matéria orgânica possibilita a geração de mais cargas, de modo a conter a lixiviação desse nutriente no solo (MEURER, 2006).

Cálcio e Magnésio são extremamente importantes para o metabolismo vegetal e para o equilíbrio iônico do solo. As fontes de base orgânica possuíam pequena porção de cálcio proveniente de mineral ulexita, utilizado na sua composição. Pode-se observar entre os resultados, que os teores desses nutrientes permaneceram em patamares muito baixos entre todos os tratamentos, o que é natural, visto ser baixo o seu teor no solo estudado, bem como também é baixo o fornecimento para o solo pelos fertilizantes. Entretanto, faz-se necessário avaliar esses nutrientes, para compreender como a adubação com as fontes analisadas interfere na dinâmica dos íons do solo, em suas relações e disponibilidade.

Assim, observando os resultados, aos 5 dias de incubação do solo, não há interferência da adubação nos teores de Ca (TABELA 9). Houve diferença significativa que indica resultado superior para a fonte mineral aos 5 e aos 15 dias de incubação (TABELAS 9 e 10). Resultado muito semelhante pôde ser observado aos 60 dias de incubação do solo (TABELA 11). Ressalta-se que os teores ainda foram um pouco menores aos 15 dias de incubação (TABELA 10), fato que demanda maiores estudos para elucidação.

As variações nos teores de magnésio foram semelhantes aos do cálcio, não tendo sido percebida nenhuma diferença entre os tratamentos aos 5 e aos 15 de incubação (TABELAS 9 e 10). Todavia, aos 60 dias, o teor de Mg nos tratamentos com biossólido foi significativamente superior às demais fontes em todas as doses, com interação significativa entre fontes e doses. Esse fato pode ser indicativo de presença de magnésio na composição do biossólido, favorecendo o fornecimento desse nutriente para o solo.

Avaliou-se os teores de silício, para observar a dinâmica desse elemento mediante a aplicação dos fertilizantes, apesar de não ter havido adição de componente enriquecedor para esse elemento. A aplicação de silício tem se tornado cada vez mais importante, especialmente em cultivos acumuladores desse elemento, promovendo resultados extremamente positivos na produtividade de algumas culturas.

Observou-se que aos 5 dias de incubação do solo, as fontes utilizadas não diferiram entre si para os teores de Si, entretanto, houve comportamento relevante para o aumento das doses dos fertilizantes. Foi possível detectar um modelo de regressão quadrático para as doses dos fertilizantes, que sinaliza a dose máxima de 63,08% para as fontes proporcionarem a maior disponibilidade de Si, representada por $3,51 \text{ mg kg}^{-1}$ (FIGURA 6). Aos 15 dias já se observa diferença entre as fontes de base orgânica, superiores, e a fonte mineral, porém, sem efeito de dose (TABELA 10). E aos 60 dias, a fonte de organomineral com bio sólido apresenta resultado superior aos outros dois fertilizantes (TABELA 11).

Relativo aos valores da Soma de Bases, o que se verifica é uma repetição dos resultados relativos aos teores de potássio, pelo menos aos 5 e 15 dias de solo incubado (TABELAS 9 e 10). Isso se verifica devido aos altos teores de potássio disponibilizados rapidamente pela fonte mineral, e também pelos baixos teores verificados das outras bases (Ca e Mg). Como aos 60 dias as diferenças entre as fontes para os teores de potássio diminuíram de maneira significativa, os resultados se mostram um pouco diferentes (TABELA 11). O fertilizante organomineral peletizado com bio sólido, apresenta resultado superior. Isso se explica pela maior disponibilização de Mg demonstrada acima, sendo isso um resultado muito interessante para a demonstração do efeito de liberação gradual dos fertilizantes organominerais.

A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) está entre os mais relevantes componentes do solo, representando a condição do solo para a movimentação dos cátions, como Ca, Mg e K. Aos 5 dias de incubação do solo, houve interação significativa entre fontes e doses (TABELA 9). Observou-se que a adubação mineral aumenta a CTC do solo, ao se comparar os tratamentos desse fertilizante com a testemunha. As maiores doses dos fertilizantes organominerais também foram capazes de alterar a CTC do solo (TABELA 9). Com a aplicação de organomineral com bio sólido, faz-se necessário o acréscimo de 33,12% na dose para o aumento em $10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (FIGURA 6). Já com a aplicação de fertilizante mineral, o mesmo resultado se obtém com o acréscimo em 11,52% da dose, aos 5 dias de incubação do

solo (FIGURA 6). Aos 15 dias, já se tem uma eficiência melhor das fontes organominerais, que alteraram a CTC do solo em mais doses (TABELA 10). Entretanto, analisando os resultados em cada dose, bem como a curva de regressão das fontes, pode-se inferir que a fonte mineral, nesse período de 60 dias é superior na liberação de nutrientes. Desse modo, a maior CTC obtida com adubação mineral, na dose de 97,76% do fertilizante, foi de $39,20 \text{ mmol}_e\text{dm}^{-3}$ (FIGURA 7). Já a fertilização com organomineral de torta de filtro possibilitou um maior desempenho, com $35,29 \text{ mmol}_e\text{dm}^{-3}$ na dose relativa de 136,06% (FIGURA 7). Aos 60 dias de incubação houve interação significativa entre os fatores (TABELA 11). Verificou-se apenas dois tratamentos diferindo da testemunha.

Em todos os períodos de coleta do solo evidenciou-se um efeito relevante da adubação na saturação por bases do solo. Entretanto, é importante observar que mesmo superando a testemunha, os fertilizantes não a elevaram a patamares adequados para os cultivos agrícolas. De maneira geral, observa-se para este aspecto, um reflexo do comportamento dos nutrientes ao longo dos períodos analisados. Assim, aos 5 e aos 15 dias de incubação (TABELAS 9 e 10), os valores são maiores para a fonte mineral e aos 60 dias (TABELA 11), há uma inversão, com os resultados superiores apresentados pelo organomineral de biossólido.

A matéria orgânica mostrou-se sem diferenças entre todos os tratamentos em todos os períodos analisados. Aos 5 e 15 dias de incubação (TABELAS 9 e 10), os teores permaneceram constantes, tendo aumentado aos 60 dias de incubação (TABELA 11). Há que se ressaltar que o experimento realizado avalia a solubilidade dos fertilizantes, de modo que a tela disposta entre o solo e o fertilizante não possibilita o maior contato possível do material orgânico das fontes organominerais no solo, de modo que não é esperado alterações para esse componente do solo neste experimento.

É importante ressaltar que a qualidade do composto utilizado na formulação do fertilizante organomineral influi fortemente na disponibilidade do nitrogênio do solo, onde a relação C/N muito alta pode imobilizar o N do solo (JAHNEL et al., 1999). Para tanto, faz-se mister promover a completa maturação do composto, garantindo a degradação necessária e a estabilização das características do composto. Neste estudo, as fontes orgânicas possuíam relações C/N com diferença significativa, 28 para o biossólido e 13 para a torta de filtro (TABELA 1).

Tabela 9 – Teores de Fósforo e Potássio ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), Cálcio e Magnésio ($\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$), Silício ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), Soma de Bases e Capacidade de Troca Catiônica Total ($\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$), Saturação por Bases (%) e Matéria Orgânica ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), aos 5 dias de incubação do solo submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido, torta de filtro e fertilizante mineral.

Dose (%)	Fósforo Meh ^t			Potássio Meh			Cálcio			Magnésio			Silício		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ -----						----- $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ -----						----- $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ -----		
0		0,79			15,9			2,45			0,86			3,05	
60	1,40*	5,60*	40,33*	109,0	134,8	135,8	2,73	2,67	2,84	0,92	0,91	0,94	3,45	3,44	3,24
80	1,10	6,93*	88,28*	114,8	167,8*	282,5*	2,62	2,69	3,01*	0,90	0,96	0,99*	3,46	3,29	4,03*
100	1,53*	11,30*	91,85*	111,8	158,3*	221,0*	2,84	2,85	2,94	0,93	0,97	0,99*	3,55	3,29	3,38
120	2,25*	13,45*	75,93*	131,3	164,3*	329,5*	2,72	2,75	2,96	0,97	0,98	1,05*	3,28	3,08	2,69
140	4,20*	26,20*	87,58*	160,0*	243,0*	296,0*	2,67	2,73	3,03*	0,88	1,00*	0,98*	2,73	2,76	2,90
Média	2,10c	12,70b	76,79a	125,4c	173,6b	253,0a	2,72b	2,74b	2,95a	0,92b	0,96ab	0,99a	3,29	3,17	3,25
CV%		14,88			31,9			9,22			6,16			11,64	
DMS Dunnett		0,32			122,0			0,53			0,12			0,78	
DMS Médias		0,12			44,8			0,20			0,04			0,29	

Dose (%)	Soma de Bases			CTC Total			Saturação por Bases			Matéria Orgânica		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ -----						----- % -----			----- $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ -----		
0		3,40			30,8			11,1			8,1	
60	6,53*	7,45*	7,48*	31,7b	35,9a*	36,7a*	20,5*	20,7*	20,3*	8,0	8,2	7,2
80	6,68*	8,33*	11,20*	31,9b	32,0b	36,4a*	20,9*	26,0*	30,7*	7,8	7,8	7,2
100	6,60*	8,05*	9,65*	32,3b	33,5b	39,9a*	20,3*	24,0*	24,0*	8,0	7,5	8,0
120	7,35*	7,95*	12,43*	34,3b	34,2b	43,9a*	21,4*	23,3*	28,0*	8,5	8,2	8,0
140	8,10*	9,98*	11,58*	35,1b*	37,9a*	41,3a*	23,0*	26,2*	28,0*	7,5	8,2	7,5
Média	7,05c	8,35b	10,47a	33,1	34,7	39,6	21,2b	24,1a	26,2a	7,9	8,0	7,6
CV%		17,13			5,5			13,46			10,31	
DMS Dunnett		3,07			4,1			6,7			1,7	
DMS Médias		1,13			-			2,5			0,6	
DMS Linhas		-			3,4			-			-	

*: diferentes da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05. Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. ^t: dados transformados pela função $\log(x+1)$ em atenção às pressuposições do modelo. Bio.: Fertilizante Organomineral peletizado com Biossólido. T.F.: Fertilizante Organomineral peletizado com Torta de Filtro. Min.: Fertilizante Mineral. Fonte: O autor (2018).

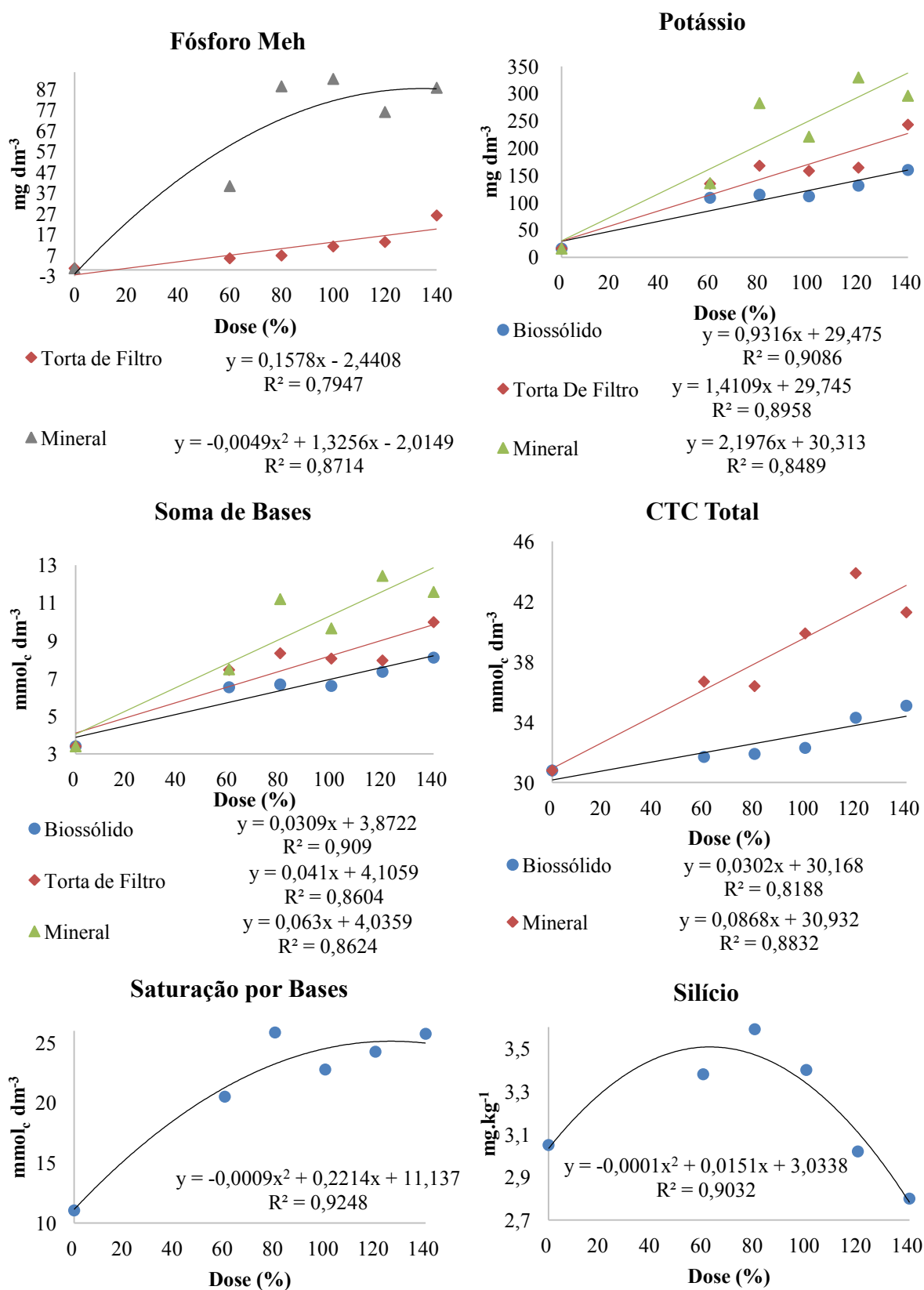


Figura 6 – Modelos de Regressão para os teores de fósforo e potássio (mg.dm^{-3}), soma de bases e CTC Total ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$), saturação por bases (%) e silício (mg.kg^{-1}), aos 5 dias de incubação do solo e em diferentes doses. Fonte: O autor (2018).

Tabela 10 – Teores de Fósforo e Potássio (mg dm^{-3}), Cálcio e Magnésio ($\text{mmol}_e \text{dm}^{-3}$), Silício (mg.kg^{-1}), Soma de Bases e Capacidade de Troca Catiônica Total ($\text{mmol}_e \text{dm}^{-3}$), Saturação por Bases (%) e Matéria Orgânica (g kg^{-1}), aos 15 dias de incubação do solo submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por bio sólido, torta de filtro e fertilizante mineral.

Dose (%)	Fósforo Meh ^t			Potássio Meh			Cálcio			Magnésio			Silício		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- mg dm ³ -----			----- mmol _e dm ⁻³ -----			----- mmol _e dm ⁻³ -----			----- mg kg ⁻¹ -----			----- mg kg ⁻¹ -----		
0		0,72			17,8			1,10			0,55			3,05	
60	1,12b*	1,37b*	14,77a*	56,8	66,8*	70,5*	0,86	1,30	1,23	0,59	0,60	0,58	3,26	3,28	2,77
80	1,95b*	3,63b*	20,60a*	74,3*	86,5*	116,2*	1,18	1,03	1,31	0,59	0,62	0,62	3,17	3,03	2,76
100	1,78c*	9,60b*	28,90a*	86,2*	111,7*	157,0*	1,21	1,14	1,41	0,63	0,65	0,64	3,32	3,05	2,97
120	2,30c*	5,10b*	19,73a*	105,0*	122,2*	160,5*	1,10	1,08	1,70	0,63	0,68	0,64	3,16	3,06	2,95
140	2,85c*	5,47b*	49,67a*	81,7*	123,2*	169,5*	0,97	0,91	1,25	0,64	0,65	0,66	2,62*	2,70	2,54*
Média	2,00	5,03	26,73	80,8c	102,1b	134,7a	1,06b	1,09b	1,38a	0,62	0,64	0,63	3,10a	3,02a	2,80b
CV%		21,90			22,48			32,04			8,63			6,74	
DMS Dunnett		0,24			47,00			0,78			0,11			0,42	
DMS Médias		-			17,26			0,29			0,04			0,15	
DMS Linhas		0,20			-			-			-			-	
Dose (%)	Soma de Bases			CTC Total			Saturação por Bases			Matéria Orgânica					
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min			
	----- mmol _e dm ⁻³ -----			----- mmol _e dm ⁻³ -----			----- % -----			----- g kg ⁻¹ -----					
0		2,63			29,0			10,9				7,8			
60	3,45	4,20*	4,03*	31,0c	35,0b*	39,8a*	11,2a	12,0a	10,1a	8,0	7,8	8,3			
80	4,15*	4,20*	5,23*	34,9a*	32,2b	37,5a*	11,9a	13,0a	13,9a	7,8	8,0	8,0			
100	4,48*	4,88*	6,28*	33,7b*	35,4b*	38,3a*	13,2b	13,8ab	16,4a*	7,5	7,7	8,0			
120	4,70*	5,13*	6,58*	31,7c	35,4b*	38,6a*	14,8a*	14,5a	17,0a*	7,8	7,5	7,8			
140	4,08*	5,13*	6,58*	33,3b*	35,4a*	37,8a*	12,2b	14,5b	17,4a*	7,2	8,0	7,5			
Média	4,17c	4,71b	5,74a	32,9	34,7	38,4	12,7	13,5	15,0	7,7	7,8	7,9			
CV%		13,56			4,50			12,81			5,74				
DMS Dunnett		1,34			3,3			3,6			0,3				
DMS Médias		0,49			-			-			0,6				
DMS Linhas		-			2,7			2,9			-				

*: diferentes da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05. Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. ^t: dados transformados pela função $\log(x+1)$ em atenção às pressuposições do modelo. Bio.: Fertilizante Organomineral peletizado com Bio sólido. T.F.: Fertilizante Organomineral peletizado com Torta de Filtro. Min.: Fertilizante Mineral. Fonte: O autor (2018).

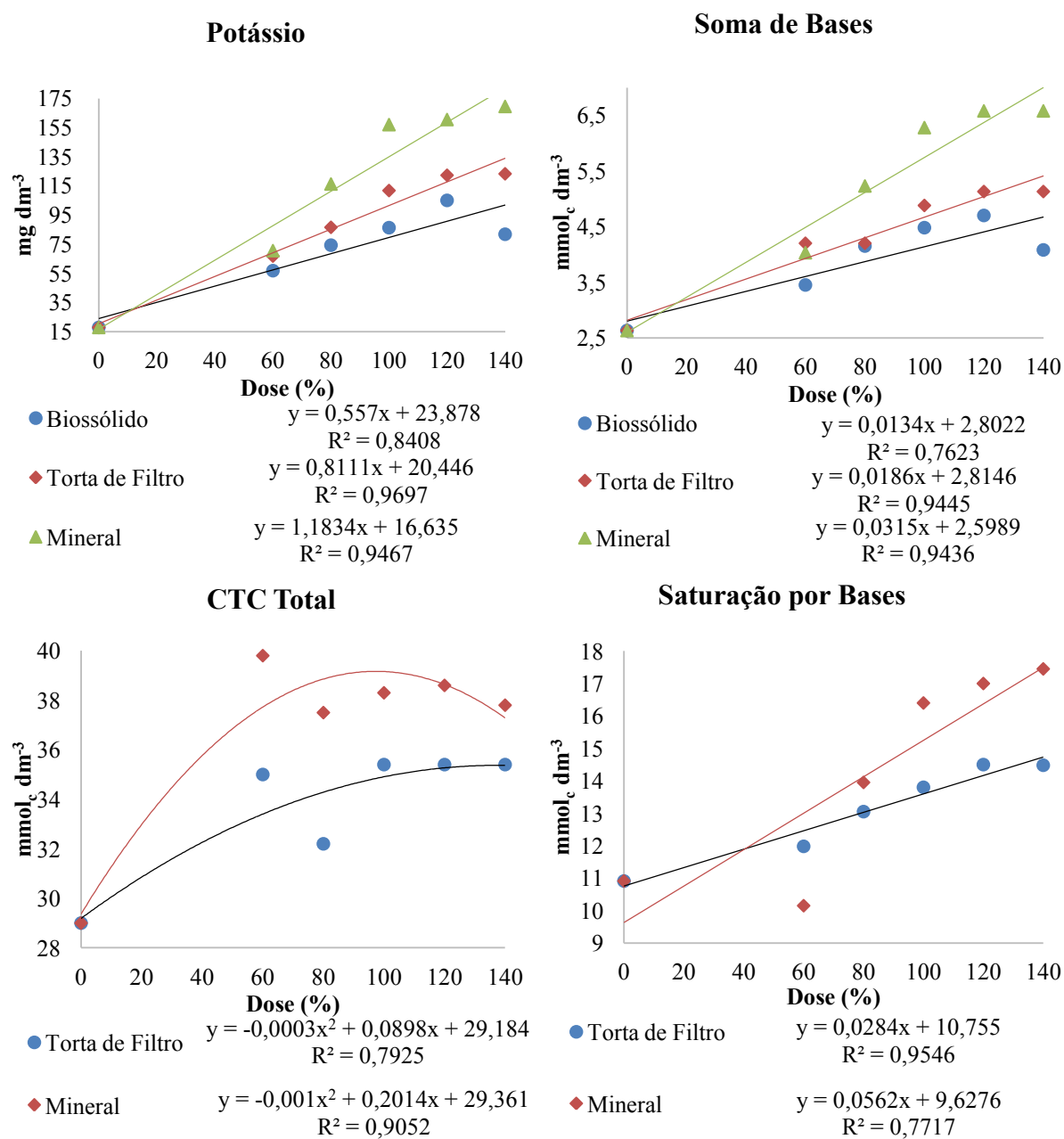


Figura 7 – Modelos de Regressão para os teores de potássio ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), soma de bases e CTC Total ($\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) e saturação por bases (%), aos 15 dias de incubação do solo e em diferentes doses. Fonte: O autor (2018).

Tabela 11 – Teores de Fósforo e Potássio (mg dm^{-3}), Cálcio e Magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Silício (mg kg^{-1}), Soma de Bases e Capacidade de Troca Catiônica Total ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Saturação por Bases (%) e Matéria Orgânica (g kg^{-1}), aos 60 dias de incubação do solo submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido, torta de filtro e fertilizante mineral.

Dose (%)	Fósforo Meh			Potássio Meh ^t			Cálcio			Magnésio			Silício		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- mg dm ³ -----			-----			----- mmol _c dm ⁻³ -----			-----			----- mg kg ⁻¹ -----		
0	0,73			12,9			2,06			0,79			3,05		
60	1,18	1,05	3,23	37,0a*	41,2a*	38,0a*	3,56	2,20	3,57	2,08a*	1,18ab	0,89b	4,52*	4,35*	4,01*
80	1,98	1,53	3,48	43,5b*	48,5ab*	62,0a*	2,68	2,25	2,72	2,78a*	1,45b	0,95b	4,09*	4,04*	4,14*
100	2,90	3,13	9,38*	56,5b*	66,2b*	90,2a*	3,46	3,06	3,39	3,51a*	1,70b	1,09b	4,09*	4,02*	3,84*
120	3,18	4,88	6,53*	62,5b*	67,5b*	96,2a*	2,59	2,39	3,40	3,19a*	1,58b	1,97b*	3,81*	3,57*	3,51*
140	12,05*	7,77*	10,50*	68,2b*	86,5ab*	96,7a*	4,83	2,77	3,39	4,37a*	1,81b	1,33b	3,58*	3,36	3,23
Média	4,26b	3,67b	6,62a	53,5	62,0	76,6	3,42a	2,53b	3,29ab	3,18	1,54	1,25	4,02a	3,87b	3,75b
CV%	57,21			3,36			35,29			29,18			4,91		
DMS Dunnett	5,53			0,12			2,22			1,16			0,40		
DMS Médias	2,03			-			0,81			-			0,15		
DMS Linhas	-			0,10			-			0,96			-		
Dose (%)	Soma de Bases			CTC Total			Saturação por Bases ^t			Matéria Orgânica					
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min			
	----- mmol _c dm ⁻³ -----			-----			----- %- -----			----- g kg ⁻¹ -----					
0	3,30			30,5			10,9			11,3					
60	6,45*	4,05	5,45	33,5ab	30,1b	37,5a*	19,1*	13,5	14,6	16,7	14,8	8,0			
80	6,63*	5,00	5,33	32,1a	31,3a	33,1a	20,8*	16,0	16,2	12,3	10,0	12,5			
100	7,95*	6,93*	6,55*	31,5a	34,9a	34,1a	25,2*	19,8*	19,1	16,0	8,3	18,5			
120	7,38*	5,45	7,75*	32,6a	33,7a	34,8a	22,5*	16,2	21,9*	26,0	29,0	16,3			
140	10,50*	6,98*	7,25*	38,3a*	35,0a	35,8a	27,4*	20,0*	20,2*	16,5	20,3	8,7			
Média	7,78a	5,68b	6,47b	33,6	33,0	35,0	23,0a	17,1b	18,4b	17,50	16,5	12,8			
CV%	21,94			8,12			5,37			73,55					
DMS Dunnett	2,94			5,7			0,14			23,7					
DMS Médias	1,08			-			0,05			8,6					
DMS Linhas	-			4,7			-			-					

*: diferentes da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05. Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. ^t: dados transformados pela função $\log(x+1)$ em atenção às pressuposições do modelo. Bio.: Fertilizante Organomineral peletizado com Biossólido. T.F.: Fertilizante Organomineral peletizado com Torta de Filtro. Min.: Fertilizante Mineral. Fonte: O autor (2018).

4.3 Relações entre nutrientes e a CTC

Aos 5 dias, a relação Ca/Mg não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (TABELA 12). Aos 15 e aos 60 dias (TABELAS 13 e 14), a relação foi maior com o fertilizante mineral. Como observado anteriormente, houve um acréscimo dos teores de Mg nas fontes de base orgânica, o que influenciou essa diferença. De todo modo, a adubação não

interferiu grandemente na relação Ca/Mg. Essa relação se modifica com a adição de Ca e Mg ao solo, com a calagem, por exemplo.

As relações entre as bases e o K foram em geral muitíssimo baixas, visto não ter havido fornecimento de Ca e Mg aos tratamentos (TABELAS 12, 13 e 14). Assim, o K sendo denominador, fez com que quase todos os tratamentos nos diferentes períodos apresentassem resultados abaixo da testemunha. Ainda assim, cabe destacar que aos 60 dias de incubação do solo (TABELA 14), a relação Mg/K dos tratamentos feitos com organomineral peletizado com biossólido não diferiu da testemunha, ou seja, o fornecimento dos nutrientes se equilibrou mais. Isso se confirma ao se observar que houve alteração no teor de Mg nesse fertilizante aos 60 dias de incubação.

As relações dos nutrientes com a CTC seguiram caminho semelhante, explicitando o efetivo aporte de K ao solo, onde grande parte dos tratamentos diferiram da testemunha ao longo dos períodos analisados (TABELAS 12, 13 e 14). Destaca-se de maneira semelhante ao mencionado anteriormente, que a relação Mg/T aos 60 dias com organomineral de biossólido foi superior à testemunha e às demais fontes.

As relações de bases com a CTC confirmaram os resultados observados. O fertilizante organomineral de biossólido apresentou maiores resultados para a relação Ca/T e Ca+Mg/T, juntamente com a torta de filtro, aos 5 dias de incubação (TABELA 12). A relação Mg/T foi maior que a testemunha em todas as doses tratadas com fertilizante organomineral peletizado com biossólido aos 60 dias de incubação (TABELA 14). A relação K/T indica a superioridade da fonte mineral aos 5 e 15 dias de incubação, seguida da torta de filtro (TABELAS 12 e 13).

Observa-se de maneira geral, que a adubação com fertilizantes organominerais promove maior equilíbrio entre os nutrientes do solo e a CTC, sendo um efeito muito desejável da aplicação desse tipo de fertilizante.

Tabela 12 – Relações entre bases e relações das bases com a CTC Total (%) aos 5 dias de incubação do solo submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido, torta de filtro e fertilizante mineral.

Dose (%)	Ca/Mg			Ca/K ^t			Mg/K			Ca+Mg/K ^t		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
0		2,87			5,98			2,09			8,07	
60	2,98	2,95	3,02	0,99*	0,78*	0,97*	0,33*	0,27*	0,33*	1,32*	1,05*	1,31*
80	2,92	2,82	3,05	0,91*	0,62*	0,42*	0,31*	0,22*	0,14*	1,23*	0,85*	0,56*
100	3,05	2,96	2,96	1,04*	0,77*	0,68*	0,34*	0,26*	0,23*	1,39*	1,02*	0,91*
120	2,80	2,83	2,82	0,82*	0,71*	0,40*	0,29*	0,25*	0,14*	1,12*	0,95*	0,55*
140	3,05	2,73	3,06	0,70*	0,45*	0,48*	0,23	0,16*	0,15*	0,93*	0,61*	0,63*
Média	2,96	2,85	2,98	0,89a	0,67b	0,59b	0,30a	0,23b	0,20b	1,20a	0,90b	0,79b
CV%		7,18			25,46			24,95			24,81	
DMS Dunnett		0,44			0,55			0,19			0,73	
DMS Médias		0,16			0,20			0,07			0,27	
Dose (%)	Ca/T			Mg/T			K/T			Ca+Mg/T		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- % -----											
0		7,96			2,78			1,30			10,74	
60	8,59	7,46	7,74	2,88	2,53	2,57	8,72*	9,57*	9,45*	11,47	9,99	10,30
80	8,21	8,40	8,27	2,81	2,99	2,71	9,15*	13,47*	19,72*	11,02	11,40	10,98
100	8,77	8,51	7,39	2,88	2,88	2,50	8,75*	12,05*	13,90*	11,65	11,39	9,89
120	7,93	8,05	6,76	2,83	2,86	2,40	9,72*	12,37*	18,90*	10,76	10,91	9,15
140	7,61	7,19	7,36	2,50	2,64	2,38	11,60*	16,35*	18,22*	10,11	9,84	9,75
Média	8,22a	7,92ab	7,50b	2,78a	2,78a	2,51b	9,59c	12,76b	16,04a	11,00a	10,70ab	10,02b
CV%		9,92			7,12			27,04			8,72	
DMS Dunnett		1,63			0,40			7,21			1,92	
DMS Médias		0,60			0,15			2,65			0,71	

*: diferentes da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05. Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. ^t: dados transformados pela função log (x+1) em atenção às pressuposições do modelo. Bio.: Fertilizante Organomineral peletizado com Biossólido. T.F.: Fertilizante Organomineral peletizado com Torta de Filtro. Min.: Fertilizante Mineral. Fonte: O autor (2018).

Tabela 13. Relações entre bases e relações das bases com a CTC Total (%) aos 15 dias de incubação do solo submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido, torta de filtro e fertilizante mineral.

Dose (%)	Ca/Mg			Ca/K			Mg/K			Ca+Mg/K		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
0		2,01			2,43			1,21			3,65	
60	1,44	2,15	2,11	0,59*	0,76*	0,69*	0,41*	0,36*	0,34*	1,00*	1,12*	1,02*
80	2,00	1,67	2,11	0,62*	0,48*	0,48*	0,31*	0,28*	0,22*	0,93*	0,76*	0,70*
100	1,90	1,75	2,20	0,54*	0,41*	0,38*	0,28*	0,23*	0,16*	0,83*	0,64*	0,54*
120	1,76	1,61	2,66	0,41*	0,35*	0,43*	0,23*	0,22*	0,16*	0,64*	0,56*	0,59*
140	1,52	1,42	1,88	1,04*	0,30*	0,29*	0,79	0,21*	0,15*	1,83*	0,51*	0,45*
Média	1,73b	1,72b	2,19a	0,64	0,46	0,46	0,41	0,26	0,21	1,05	0,72	0,66
CV%		31,29			61,96			80,83			66,29	
DMS Dunnett		1,23			0,82			0,59			1,36	
DMS Médias		0,45			0,30			0,22			0,50	

Dose (%)	Ca/T			Mg/T			K/T			Ca+Mg/T		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- % -----											
0		3,77			1,88			1,73			5,66	
60	2,95	4,48	4,24	2,03	2,08	2,00	4,70	4,85	4,45	4,98	6,56	6,24
80	4,06	3,55	4,53	2,04	2,13	2,15	5,42*	6,85*	7,90*	6,10	5,68	6,67
100	4,17	3,92	4,84	2,16	2,25	2,19	6,57*	8,12*	10,55*	6,33	6,17	7,03
120	3,79	3,71	5,87	2,16	2,33*	2,22	8,52*	8,82*	10,55*	5,95	6,03	8,08
140	3,34	3,14	4,31	2,22	2,22	2,28*	6,15*	8,80*	11,55*	5,55	5,36	6,59
Média	3,66b	3,76b	4,76a	3,04	2,89	2,61	6,27b	7,49b	9,00a	5,79b	5,96ab	6,93a
CV%		32,04			8,64			22,26			21,74	
DMS Dunnett		2,70			0,39			3,34			2,80	
DMS Médias		0,99			0,14			1,22			1,03	

*: diferentes da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05. Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. Bio.: Fertilizante Organomineral peletizado com Biossólido. T.F.: Fertilizante Organomineral peletizado com Torta de Filtro. Min.: Fertilizante Mineral. Fonte: O autor (2018).

Tabela 14 – Relações entre bases e relações das bases com a CTC Total (%) aos 60 dias de incubação do solo submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido, torta de filtro e fertilizante mineral.

Dose (%)	Ca/Mg			Ca/K			Mg/K			Ca+Mg/K		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
0		2,62			6,26			2,40			8,66	
60	1,71	1,86	3,87	3,69*	2,09*	3,92*	2,19	1,13*	0,95*	5,88*	3,22*	4,87*
80	0,98*	1,55	2,86	2,39*	1,80*	1,81*	2,47	1,15*	0,63*	4,85*	2,95*	2,44*
100	0,98*	1,79	2,97	2,38*	1,80*	1,48*	2,42	1,01*	0,48*	4,80*	2,81*	1,96*
120	0,81*	1,52	2,27	1,61*	1,41*	1,58*	1,98	0,94*	1,03*	3,59*	2,35*	2,60*
140	1,10*	1,61	2,83	2,81*	1,27*	1,38*	2,52	0,85*	0,55*	5,33*	2,12*	1,93*
Média	1,12c	1,67b	2,96a	2,57a	1,67b	2,03ab	2,32a	1,02b	0,73b	4,89a	2,69b	2,76b
CV%		34,45			38,48			28,25			30,57	
DMS Dunnett		1,41			1,89			0,84			2,40	
DMS Médias		0,52			0,69			0,31			0,88	
Dose (%)	Ca/T			Mg/T			K/T			Ca+Mg/T		
	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min	Bio	T.F	Min
	----- % -----											
0		7,11			2,73			1,08			9,85	
60	12,28	7,58	12,31	7,17*	4,07	3,07	2,85a	3,50a*	2,53a	19,44	11,66	15,38
80	9,22	7,76	9,37	9,57*	4,98	3,28	3,48a*	4,03a*	4,85a*	18,79	12,74	12,66
100	11,93	10,54	11,70	12,10*	5,86	3,76	4,63b*	4,85b*	6,75a*	24,03	16,41	15,46
120	8,94	8,24	11,72	10,99*	5,46	6,78*	4,98b*	5,05b*	7,28a*	19,93	13,70	18,50
140	16,66*	9,55	11,67	15,05*	6,22	4,58	4,58b*	6,40a*	6,98a*	31,71	15,78	16,25
Média	11,81a	8,73b	11,35ab	10,98a	5,32b	4,29b	4,10	4,77	5,68	22,78a	14,05b	15,65b
CV%		35,29			29,18			18,97			28,33	
DMS Dunnett		7,65			4,01			1,82			10,04	
DMS Médias		2,81			1,47			-			3,69	
DMS Linhas		-			-			1,49			-	

*: diferentes da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05. Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. Bio.: Fertilizante Organomineral peletizado com Biossólido. T.F.: Fertilizante Organomineral peletizado com Torta de Filtro. Min.: Fertilizante Mineral. Fonte: O autor (2018).

5 CONCLUSÕES

Fertilizantes organominerais peletizados com biossólido ou torta de filtro não acidificam o solo, exigindo calagem menos frequente do solo.

O biossólido, a base de lodo de esgoto e a torta de filtro possuem efeito tamponante no solo, mantendo a estabilidade do pH.

O Fertilizante organomineral peletizado com biossólido promove redução significativa da saturação por alumínio do solo.

Fertilizante organomineral peletizado com biossólido ou torta de filtro possui liberação mais lenta de nutrientes.

Fertilizante organomineral peletizado possibilita relações de bases mais equilibradas no solo, garantindo um balanço mais adequado de nutrientes com maior soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, A. **Desinfecção de lodo de esgoto anaeróbio para fins agrícolas**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 2014. (Dissertação de Mestrado). Disponível em:
<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/12207/1/DesinfeccaoLodoEsgoto.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2018.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981. Disponível em:
<www.bvambiente.ufu.br/arquivos/edu_ambiental/popups/lei_federal.htm>. Acesso em: 10 fev. 2018
- BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Fertilizantes organominerais e Políticas Públicas para o setor (2017)**. Disponível em
<<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso 13/02/2018.
- BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos**. Manual de Orientação. Ministério do Meio Ambiente, jun/2017. Disponível em < www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis...> Acesso em 22/02/2018.
- BUSATO, J. G. **Química do húmus e fertilidade do solo após adição de adubos orgânicos**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2008. (Tese de doutorado). Disponível em:
<www.uenf.br/Uenf/Downloads/PRODVEGETAL_3434_1216647236.pdf> Acesso em: 4 dez. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília. Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 1.ed. Brasília: Embrapa, 1999. 573p
- FAVRET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 618-624, jun. 2010. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000300013>. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000300013&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 4 dez. 2018.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scentia agrícola**. Piracicaba, vol. 56, nº 2, p.301-304. 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A.. 2004. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU. 34p.

LOSS, A. **Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação em solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no cerrado goiano**. UFRRJ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Agronomia. Seropédica, 2011. (Tese de doutorado). Disponível em:
<<https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/1233?mode=full>>. Acesso em: 4 dez. 2018.

MAGELA, M. L. M. **Fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais para adubação da cultura do milho**. Universidade Federal de Uberlândia. Agronomia. Uberlândia, 2017. (Dissertação de Mestrado). Disponível em:
<<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19580>>. Acesso em: 4 dez. 2018.

MALTA, T. S. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ**. 2001. 68 p. Dissertação (Mestrado) - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<https://portalteses.iciet.fiocruz.br/pdf/FIOCRUZ/2001/maltasm/capa.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2018.

MEURER, E. J. POTÁSSIO. In: FERNADES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 282-295.

MOLINA, R. M. **A torta de filtro e o bagaço no comportamento da biota, propriedades físicas e produtividade de um solo cultivado em cana-de-açúcar**. 96p. UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Itaguaí, 1995. Tese (PhD).

NOGUEIRA, M. A. F. S.; GARCIA, M. S. Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**. v. 17n. 17 Dez 2013, p. 3275 – 3283. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010444>. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/10444/pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2018.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. 1999. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 399p.

OLIVEIRA; A. M. G.; AQUINO; A. M.; NETO; M. T. C.; **Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Bahia, dezembro 2005.

PELÁ, A. **Efeito de Adubos Orgânicos Provenientes de Dejetos de Bovinos Confinados nos Atributos Físicos e Químicos do Solo e na Produtividade do Milho**. (Tese de

Doutorado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2005.
Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/9997>>. Acesso em: 4 dez. 2018.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. **Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 9 p

QUINTANA, N. R. G. **Análise econômica da aplicação de biossólido na agricultura**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

QUINTANA, N. R. G.; CARMO, M. S., MELO, W. J. Lodo de esgoto como fertilizante: produtividade agrícola e rentabilidade econômica. **Nucleus**, v. 8, n. 1, p. 183-912, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.3738/nucleus.v8i1.527>. Disponível em: <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/527>. Acesso em 4 dez. 2018.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

ROSSOL, C. D., SCALON FILHO, H.; BERTÉ, L. N.; JANDREY, P. E.; SCHWANTES, D.; GONÇALVES JR., A. C. Caracterização, classificação e destinação de resíduos da agricultura. **Scientia Agraria Paranaensis**. V.11, n. 4, p.33-43, 2012. DOI: <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v11n4p33-43>. Disponível em: <[e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/5858](http://revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/5858)>. Acesso em 4 fev. 2018.

SAITO, M. L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2007.

SILVA, I. R., MENDONÇA, E. S. Matéria Orgânica. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2007. p. 375-470.

SILVA, R. M. O.; RECH, I., FRABÇA, A. A.; SCHIAVINI, J. A.; PIRES C. A.; BALIEIRO, F. C.; POLIDORO, J. C.; CAMPOS, D. V. B. Liberação de fósforo de fertilizantes organominerais e sua influencia na fertilidade do solo. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8.** 210. [S.l.]: FertBio, 2010.