Campus de São Carlos

EFICIÊNCIA DA VERMICOMPOSTAGEM PARA UM
COMPOSTO DE LIXO ORGÂNICO URBANO
CONSORCIADO COM RESÍDUO DO PROCESSAMENTO
DE DERIVADOS DE CARNE DE BOVINOS E SUÍNOS,
ENRIQUECIDOS COM FERTILIZANTES MINERAIS

Márcio Pereira Boralí

Orientador: Prof. Dr. Harry Edmar Schulz

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS E ECOLOGIA APLICADA

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço: 16 // 02 // 01
Ass.: *[Assinatura]*

“Eficiência da vermicompostagem para um composto de lixo orgânico urbano consorciado com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos, enriquecidos com fertilizantes minerais”.

Márcio Pereira Borali

Orientador: Prof. Dr. Harry Edmar Schulz.

DEDALUS - Acervo - EESC

31100017163

Dissertação apresentada ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

São Carlos – SP.

Dezembro, 2000

Class.	TESE
Cuti.	0853
Tembo	T0068/01

st 1134627

B726e Borali, Márcio Pereira
Eficiência da vermicompostagem para um composto de lixo orgânico urbano consorciado com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos, enriquecidos com fertilizantes minerais / Márcio Pereira Borali. -- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Harry Edmar Schulz.

1. Resíduos sólidos orgânicos. 2. Fertilizante organomineral. 3. Vermicompostagem. I. Título.

AOS MEUS PAIS, DIRCEU E MARIA HELENA,
DE QUEM RECEBEMOS "ASAS" PARA VIVER.

AOS MEUS IRMÃOS, MAURÍCIO E CÍNTIA,
JUNTOS APRENDEMOS A CAMINHAR.

A MINHA ESPOSA, FERNANDA,
"COMPANHEIRA NO INFINITO DE NÓS DOIS".

Ao Professor Harry Edmar Schulz, pela oportunidade de realizar um sonho.

Ao Professor Edmar José Kiehl, por todas as palavras sábies nos momentos difíceis.

Ao amigos Anselmo, Geraldo, William, Claudia, Paulo, Chico que, de muitas formas, corroboraram para este tão esperado final.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

Ao Departamento de Agronomia da Universidade de Uberlândia pelo espaço cedido para as realizações experimentais.

A DEUS.

SUMÁRIO

Listas de Figuras.....	i
Listas de Tabelas.....	iii
Listas de Anexos.....	v
Resumo.....	vii
Abstrat.....	viii

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	4
2.1. Objetivo geral.....	4
2.2. Objetivo específico.....	4
3. Revisão Bibliográfica.....	5
3.1. Considerações sobre a fertilidade do solo.....	5
3.2. O papel dos macronutrientes no solo e no crescimento das plantas.....	6
3.2.1. O nitrogênio.....	6
3.2.2. O fósforo.....	7
3.2.3. O potássio.....	9
3.2.4. O cálcio.....	9
3.2.5. O magnésio.....	10
3.2.6. O enxofre.....	11
3.3. Os efeitos da matéria orgânica sobre as propriedades do solo.....	13
3.4. Os fertilizantes orgânicos.....	14
3.4.1. O fertilizante orgânico simples.....	14
3.4.2. O fertilizante composto.....	16

3.4.3. O fertilizante organomineral.....	18
3.5. A vermicompostagem como forma de tratamento e enriquecimento da matéria orgânica.....	22
3.6. Algumas características da minhoca.....	23
3.6.1. Classificação.....	24
3.6.2. Habitat.....	24
3.6.3. Anatomia externa.....	24
3.6.4. Anatomia interna.....	25
3.6.5. A espécie mais adequada à vermicompostagem.....	26
3.7. A qualidade do vermicomposto.....	27
3.8. As vantagens e desvantagens da vermicompostagem.....	29
4. Metodologia.....	31
4.1. Definição do experimento.....	31
4.2. Procedimentos preliminares à montagem do experimento.....	32
4.2.1. Teste de tolerância máxima à mistura composto de lixo domiciliar urbano/resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína.....	34
4.2.2. Preparo do fertilizante organomineral para os testes de tolerância.....	37
4.2.2.1. Cálculo da mistura de fertilizante organomineral para os testes de tolerância.....	38
4.2.3. Teste de tolerância máxima a diferentes concentrações de fertilizante mineral.....	45
4.2.4. Teste de tolerância máxima aos nutrientes minerais presentes no fertilizante mineral.....	48
4.2.5. Teste de tolerância a diferentes misturas e dosagens de nutrientes minerais.....	51
4.3. O processo de vermicompostagem do composto de lixo orgânico urbano consorciado com o resíduo do processamento de carne bovina e suína enriquecidos com fertilizantes minerais.....	57
4.3.1. Preparo do fertilizante composto.....	57
4.3.2. Preparo do fertilizante organomineral.....	58
4.3.3. Determinação da quantidade de minhocas.....	60
4.4. Montagem do experimento.....	62
4.5. Metodologia das análises da mistura composto de lixo orgânico urbano/resíduos	

do processamento de derivados de carne de bovinos de suínos.....	65
4.5.1. Coleta das amostras.....	65
4.5.2. Determinações analíticas.....	66
4.6. Metodologia estatística para o experimento.....	67
4.6.1. ANOVA: um critério.....	67
5 Resultados e Discussão dos Experimentos em Vasos.....	68
5.1. Duração do experimento.....	69
5.2. Teor de umidade.....	69
5.3. Temperatura.....	69
5.4. Potencial hidrogeniônico (pH).....	70
5.5. Caracterização do composto de lixo orgânico urbano e do resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos.....	72
5.6. Resultados das análises químicas e físicas da mistura composto de lixo orgânico urbano/resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos.....	73
5.7. A proporção de fertilizante mineral utilizado e a sobrevivência das minhocas.....	73
5.8. Resultados e discussão dos parâmetros analisados.....	75
5.8.1. Teor de inertes.....	76
5.8.2. Teor de matéria orgânica total.....	78
5.8.3. Teor de matéria orgânica compostável.....	80
5.8.4. Teor de resíduo mineral total.....	82
5.8.5. Variação do teor de nitrogênio total.....	84
5.8.6. Variação do teor de fósforo total.....	86
5.8.7. Variação do teor de potássio total.....	88
5.8.8. Variação do teor de cálcio total.....	90
5.8.9. Variação do teor de magnésio total.....	92
5.8.10. Variação do teor de enxofre total.....	94
6. Conclusão.....	96
7. Anexos.....	98
8. Referências bibliográficas.....	163

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Fluxograma dos procedimentos preliminares à montagem do experimento, sendo que os quadros em 3D correspondem aos experimentos que ocasionaram o menor número de mortalidade de minhocas. As letras representam os diferentes experimentos efetuados (itens 4.2.1; 4.2.3; 4.2.4; 4.2.5).....	56
FIGURA 2: Fotografia da distribuição espacial do experimento em vasos de cerâmica.	62
FIGURA 3: Gráfico da variação de temperatura (°C) durante o processo de vermicompostagem (08/10/2000 – 04/11/2000).....	70
FIGURA 4: Gráfico da variação dos valores médio de inertes no processo de vermicompostagem.....	77
FIGURA 5: Gráfico da variação dos valores médio de matéria orgânica no processo de vermicompostagem.....	79
FIGURA 6: Gráfico da variação dos valores médio de matéria orgânica compostável no processo de vermicompostagem.....	81
FIGURA 7: Gráfico da variação dos valores médio de resíduo mineral total no processo de vermicompostagem.....	83
FIGURA 8: Gráfico da variação dos valores médio de nitrogênio total no processo de vermicompostagem.....	85
FIGURA 9: Gráfico da variação dos valores médio de nitrogênio total no processo de vermicompostagem.....	87
FIGURA 10: Gráfico da variação dos valores médio de potássio total no processo de vermicompostagem.....	89

FIGURA 11: Gráfico da variação dos valores médio de cálcio total no processo de vermicompostagem.....	91
FIGURA 12: Gráfico da variação dos valores médio de magnésio total no processo de vermicompostagem.....	93
FIGURA 13: Gráfico da variação dos valores médio de enxofre total no processo de vermicompostagem.....	95

LISTA DE TABELAS

TABELA 01: Funções dos macronutrientes nas plantas.....	12
TABELA 02: Especificações dos fertilizantes orgânicos simples.....	15
TABELA 03: Especificações dos fertilizantes organomineral e “composto”.....	17
TABELA 04: Quantidades de fertilizante mineral e orgânico a serem empregadas no preparo do fertilizante organomineral com determinado teor de matéria orgânica.....	20
TABELA 05: Teor de umidade do fertilizante organomineral resultante da mistura entre fertilizante orgânico (FO) com diferentes conteúdos de umidade e fertilizantes minerais (FM), supondo que contenham 5% de água livre (*)......	21
TABELA 06: Variação de concentrações e combinações de nutrientes minerais...	53
TABELA 07: Peso, medidas e médias de peso e comprimento de minhocas adultas.....	61
TABELA 08: Conteúdo dos vasos para o experimento na presença de minhocas.....	64
TABELA 09: Conteúdo dos vasos para o experimento na ausência de minhocas.....	64
TABELA 10: Variação do potencial hidrogeniônico (pH) durante o processo de vermicompostagem (pH em CaCl_2 - 0,01M).....	71
TABELA 11: Controle do peso total de minhocas após o processo de vermicompostagem.....	74
TABELA 12: Variação do teor de inertes (% em base seca).....	76
TABELA 13: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	76
TABELA 14: Variação do teor de matéria orgânica total (% em base seca).....	78
TABELA 15: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	78
TABELA 16: Variação do teor de matéria orgânica compostável (% em base seca).....	80
TABELA 17: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	80

TABELA 18: Variação do teor de resíduo mineral total (% em base seca).....	82
TABELA 19: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	82
TABELA 20: Variação do teor de nitrogênio total (% em base seca).....	84
TABELA 21: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	84
TABELA 22: Variação do teor de fósforo total (% em base seca).....	86
TABELA 23: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	86
TABELA 24: Variação do teor de potássio total (% em base seca).....	88
TABELA 25: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	88
TABELA 26: Variação do teor de cálcio total (% em base seca).....	90
TABELA 27: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	90
TABELA 28: Variação do teor de magnésio total (% em base seca).....	92
TABELA 29: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	92
TABELA 30: Variação do teor de enxofre total (% em base seca).....	94
TABELA 31: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.....	94

LISTA DE ANEXOS

Anexo A1: Resultado de análise de material orgânico da amostra de composto de lixo domiciliar urbano na fase inicial do experimento (26/09/1999).....	98
Anexo A2: Resultado de análise de material orgânico da amostra de resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e de suínos na fase inicial do experimento (26/09/1999).....	99
Anexo A3: Resultados de análise de material orgânico das amostras de composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos na fase inicial do experimento (26/09/1999).....	100
Anexo A4: Resultados de análise de material orgânico da amostra de composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos na fase intermediária do experimento (20/10/1999).....	110
Anexo A5: Resultados de análises de material orgânico da amostra de composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos na fase final do experimento (05/11/1999).....	120
Anexo B 1: Resultado do experimento de tolerância a diferentes concentrações de fertilizante mineral (NPK) presentes no fertilizante organomineral.....	130
Anexo B 2: Resultado do experimento de tolerância aos elementos minerais presentes no fertilizante organomineral.....	134
Anexo B 3: Resultado do experimento de tolerância às diferentes concentrações de elementos minerais presentes no fertilizante organomineral.....	137
Anexo C : Processo de cálculo das misturas de elementos minerais para o preparo de fertilizante organomineral nas proporções 2:1, segundo o processo de KIEHL.....	141
Anexo D: Processo de cálculo das misturas de elementos minerais para o preparo de	

fertilizante organomineral nas proporções 3:3, segundo o processo de KIEHL.....	144
Anexo E: Processo de cálculo das misturas de elementos minerais para o preparo de fertilizante organomineral nas proporções 4:2, segundo o processo de KIEHL.....	147
Anexo F: Processo de cálculo da mistura de elementos minerais para o preparo de fertilizante organomineral na proporção 2:1, segundo o Processo de Passos Múltiplos.....	150
Anexo G: Processo de cálculo da mistura de elementos minerais para o preparo de fertilizante organomineral nas proporções 3:3, segundo o Processo de Passos Múltiplos.....	155
Anexo H: Processo de cálculo das misturas de elementos minerais (P:K) para o preparo de fertilizante organomineral na proporção 4:2, segundo o Processo de Passos Múltiplos.....	158
Anexo I: Variação da temperatura no decorrer do experimento.....	162

RESUMO

BORALI, M.P. (2000). Eficiência da vermicompostagem para um composto de lixo orgânico urbano consorciado com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos, enriquecidos com fertilizantes minerais. São Carlos, 2000. PÁGINAS (165p.) Dissertação (Mestrado) – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A produção de fertilizantes organominerais envolve o uso de matéria-prima orgânica e mineral, onde as reações químicas desenvolvidas por microrganismos promovem a solubilização dos nutrientes minerais necessários à plantas.

O processo de vermicompostagem da matéria orgânica é regido por reações químicas realizadas no sistema digestivo das minhocas, promovendo assim, melhora física, química e biológica do material original, facilitando a absorção de nutrientes pelas plantas.

Procura-se obter uma maximização do processo de vermicompostagem, enriquecendo a matéria-prima original com fertilizantes minerais, possibilitando assim, a busca de um melhor processo de reações químicas que promova maior disponibilidade dos nutrientes minerais à plantas.

Palavras-chaves: resíduos orgânicos, fertilizantes minerais, vermicompostagem.

ABSTRACT

BORALI, M.P. (2000). *Efficiency of vermicomposting for compost of urban organic waste combined with waste of meat derivative processing of beef and pork, enriched with mineral fertilizers*. São Carlos, 2000. 165p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The production of organomineral fertilizer involves the use of organic end mineral raw-materials where chemical reactions developed by microorganisms promote dissolving of necessary mineral nutrients for plants.

The vermicomposting of organic material is ruled by chemical reactions made in the digestive system of the earthworms. In this way, that original material is improved physically, chemically and biologically and nutrient absorption by plant is made easier.

Optimization of the vermicomposting is aimed to be obtained. Enriching the original raw-materials with mineral fertilizers, makes the search for better process of chemical reactions that promote greater availability of mineral nutrients to plants.

Key words: organic solid waste, organomineral fertilizer, vermicomposting.

1 Introdução

O crescimento populacional e o crescimento econômico têm provocado o aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados pela própria atividade humana. Em decorrência disto, as necessidades de cuidados com o lixo estão adquirindo dimensões crescentes e preocupantes. Para ter uma idéia quantitativa do problema, basta lembrar que cada cidadão gera, em média, 0,5 kg de lixo (resíduos sólidos) por dia, podendo este valor chegar a 0,8 kg em cidades como São Paulo (JARDIM et al, 1996; NUNOMURA, 1998). Quando multiplica-se esses valores pelo número de habitantes de cidades médio e grande porte, a quantidade de lixo assume dimensões assustadoras. Em situações ideais de disposição final, esses resíduos sólidos devem ter um destino adequado, dentro de padrões sanitários convenientemente estabelecidos e obedecidos, de modo a não poluir e degradar o meio ambiente além do estágio no qual já nos encontramos. Entretanto, o aspecto dinâmico das nossas cidades e o aspecto inercial de nossos órgãos governamentais exercem influências negativas para a tomada de decisão expedita acerca deste tipo de problema.

No sentido dinâmico anteriormente mencionado, a produção de resíduos sólidos vem crescendo nos aglomerados urbanos também devido a mudanças no padrão de consumo dos cidadãos. No Brasil, esses novos hábitos possuem o agravante da sociedade não ter se organizado de forma adequada para dispor convenientemente os resíduos produzidos (e não estar conseguindo vencer o desnível entre o seu estado de consumo e de infra-estrutura para absorver os restos deste consumo). O brasileiro convive com a maioria do lixo que produz. Ficam a céu aberto 76% de todo lixo produzido, sendo que apenas 34% recebem algum tipo de destinação final, seja em aterros controlados (13%), aterros sanitários (10%), compostagem (0,9%) ou

incineração (0,1%) (JARDIM et al, 1996). Sabe-se, também, que de todo lixo produzido, cerca de 60% é formado por matéria orgânica, passível de compostagem, produzindo um excelente condicionador de solo mas não um excelente fertilizante (PRADO FILHO, 1986). A condição de convívio com o lixo nos coloca, enquanto cidadãos deste país, em uma situação de inferioridade com relação aos habitantes das partes mais desenvolvidas do globo. Esta situação se torna evidente quando somos colocados em contato com os pontos de vista cultivados no exterior acerca de nossa realidade.

Por outro lado, o desenvolvimento acelerado tem produzido um resultado altamente negativo quanto à fertilidade dos solos, que vem diminuindo na proporção inversa de seu uso, ou seja, da ação antrópica sobre o meio ambiente.

A degradação de solos agrícolas normalmente decorre da sua utilização em desacordo com a capacidade de uso, associada à baixa reposição de nutrientes e corretivos e a práticas de manejo com pouca adição de resíduos orgânicos e intenso revolvimento dos solos. Este é um problema global, tendo sido superado em parte nas regiões mais ricas do planeta, mas que ocupa a atenção dos pesquisadores em todos os continentes. A situação brasileira, neste aspecto, parece ainda estar sem um controle adequado. Em tais condições estabelece-se um ciclo negativo, com redução da fertilidade, dos atributos físicos desejáveis e da atividade biológica, resultando em gradativa redução do rendimento, incremento dos processos de erosão, de sedimentação e contaminação de rios e aquíferos.

Para o Mundo Ocidental, a fertilidade do solo baseia-se quase que exclusivamente na adubação química com macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Bo, Cl, Cu, Co, Fe, Mn, Mo e Zn), com formulações variáveis de modo a corrigir a deficiência desses nutrientes no solo, em função da cultura existente

ou a ser plantada (MALAVOLTA,1980). Esses elementos minerais (entre outros) são importantes para o desenvolvimento de plantas, seja integrando um composto ou participando de uma reação química sem a qual a vida seria impossível. Em áreas preservadas, os elementos minerais são obtidos pelas plantas através do ciclo natural de decomposição de vegetais e animais. As práticas agrícolas tradicionais interromperam esse ciclo, promovendo a exportação dos elementos minerais para zonas urbanas onde são descartados como lixo.

Temos, portanto, dois problemas relacionados ao modo de vida do homem: produção de lixo e degradação do solo. Embora sejam problemas tratados em diferentes áreas do conhecimento (Saneamento, Agronomia e Biologia), torna-se interessante explorar a interface dos dois problemas concomitantemente, integrados à qualidade ambiental e ao desenvolvimento sustentável. O presente trabalho procura atuar nesta interface.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral.

Analisar e quantificar os efeitos do processo de vermicompostagem de um composto de lixo domiciliar urbano (de produção comercial) consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos, enriquecidos com fertilizante mineral.

2.2 Objetivo específico.

Analisar a presença dos macronutrientes no vermicomposto.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Considerações sobre a fertilidade do solo

Todo solo compõe-se, em uma primeira análise macroscópica, de quatro partes; ar, água, matéria orgânica e a porção mineral.

Segundo MALAVOLTA (1979), estes quatros componentes do solo não se acham isolados uns dos outros: a matéria orgânica acha-se ligada à parte mineral, cujas partículas unem-se entre si como um verdadeiro “cimento”; a água umedece-as permanecendo à disposição das raízes das plantas; o ar, por sua vez, acha-se entre os poros deixados entre as citadas partículas de material orgânico e mineral; sendo indispensável às raízes para a realização de trocas gasosas.

Avançando no detalhamento da constituição do solo e das necessidades das plantas, vê-se que as últimas necessitam, para o seu desenvolvimento, de certos elementos fornecidos pelo solo como o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Tais elementos são parte integrante das frações mineral e orgânica do solo. As plantas usam pequenas quantidades desses elementos minerais junto com o gás carbônico do ar e mais a água como matéria-prima para fabricar as demais substâncias de que necessitam. O nitrogênio, o fósforo e o potássio não são, porém, os únicos elementos que as culturas exigem. Além desses três elementos, as plantas exigem proporções relativamente grandes de cálcio, magnésio e enxofre. Necessitam ainda de pequenas proporções de sete outros elementos como boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco (MALAVOLTA, 1979).

Considerando um detalhamento mais completo, a composição química do solo, do ponto de vista da fertilidade pode ser dividida em três grupos:

- Substâncias minerais básicas: CO_2 , H_2O , O_2 .

- Macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S.
- Micronutrientes: Cu, B, Cl, Fe, Mn, Zn.
- Elementos úteis (são aqueles que não são essenciais, mas melhoram o desenvolvimento da planta): Na, Si, outros.
- Elementos tóxicos (são aqueles que na sua presença, a planta tem o seu desenvolvimento prejudicado chegando até a morte): Al, micronutrientes em concentrações elevadas, outros.

A adubação mineral baseia-se quase que exclusivamente na fertilização com macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), em formulações variáveis de modo a corrigir a deficiência desses nutrientes no solo, em função da cultura existente ou a ser plantada.

Por outro lado, as propriedades físicas e químicas do solo são reguladas principalmente pela argila e húmus, que são centro das atividades, em cujo redor ocorrem reações químicas e trocas de substâncias nutritivas. Além disso, graças à atração de íons para suas superfícies, protegem temporariamente as substâncias nutritivas essenciais contra a lixiviação e as liberam lentamente para a utilização pelas plantas.

Comparando-se a argila e o húmus, este último apresenta maior capacidade nutritiva e de retenção de água. Além disso, o húmus possui uma vigorosa população de microrganismos do solo a ele associado, exercendo extensivo controle sobre a redução da matéria orgânica, inclusive dele próprio, regulando o suprimento dos diversos elementos e nutrientes (COUTINHO, 1996).

3.2 O papel dos macronutrientes no solo e no crescimento das plantas

3.2.1 O nitrogênio

Segundo KIEHL (1985), não há outra forma de se armazenar o nitrogênio no solo a não ser na forma orgânica. As formas minerais, amoniacal (NH_4^+) e nítrica (NH_3), estão sujeitas a perdas por volatilização, por lavagem, podendo também ser rapidamente absorvido, não permanecendo no solo por muito tempo. Na matéria orgânica, esse problema é menos pronunciado.

O nitrogênio é o macronutriente mais instável no solo, sendo considerado o principal fator limitador na produção agrícola. Na matéria orgânica, o nitrogênio é encontrado principalmente na forma de proteínas, nucleoproteínas, aminoácidos, polipeptídeos, respondendo por 95% do elemento existente no solo.

A variabilidade do nitrogênio deve-se às condições de temperatura, umidade, topografia, textura do solo, práticas culturais, entre outros, que por sua vez, regula a velocidade de decomposição e a atividade microbiana.

Em resumo, segundo MALAVOLTA (1979), o nitrogênio tem as seguintes funções:

- Promove rápido crescimento de plantas;
- Aumenta o número de folhagem;
- Aumenta o teor de proteína das plantas;
- Alimenta os microrganismo do solo que decompõem a matéria orgânica;

3.2.2 O fósforo

BRADY apud COUTINHO (1996) afirma que nenhum outro elemento, com exceção do nitrogênio, faz tanta falta ao crescimento vegetal quanto o fósforo. A ausência deste elemento pode impedir a assimilação de outros nutrientes pelo vegetal. O fósforo assume ainda uma importância maior se for considerado o fato da maioria das

formas deste elemento existentes nos solos serem inassimiláveis pelo vegetal (ou seja, a sua mera presença no solo não implica em contribuição efetiva para a planta).

Segundo KIEHL (1985), a matéria orgânica é uma importante fonte de fósforo para as plantas, contendo geralmente de 15% a 80% de fósforo total encontrado no solo. O fósforo orgânico ocorre em certos compostos das plantas, no corpo dos animais e nos produtos de decomposição desses organismos, estando a maior quantidade de fósforo orgânico contida na fitina, nas nucleoproteínas, nos compostos de ácidos nucléicos com proteínas, encontrados tanto nos tecidos vegetais como animais.

Segundo NAHAS (1991), a quantidade disponível de fósforo no solo é muito baixa, não atendendo às necessidades das plantas. Em particular, o Brasil apresenta um dos solos mais velhos do mundo, contendo altos teores de componentes que retêm fósforo, porém competindo com as raízes das plantas (ou seja, é fósforo não assimilável). Como consequência, quantidades em excesso de adubos fosfatados devem ser aplicados ao solo para satisfazer às necessidades das plantas.

Para KIEHL (1985), as adubações minerais costumam conter fósforo em maiores proporções que nitrogênio e potássio. Pesquisas demonstraram que, de cada 100 kg de fósforo aplicado ao solo na forma de fertilizante mineral, apenas de 5 kg a 30kg são aproveitados pela planta no primeiro ano agrícola. Examinando-se as análises químicas das plantas maduras, constata-se que o fósforo é encontrado em menores proporções que o nitrogênio, o potássio, o magnésio, o cálcio e o enxofre.

Para MALAVOLTA (1979), em geral, plantas cultivadas em solos tropicais ácidos, muito rico em ferro e alumínio, não conseguem assimilar mais que 10% do fósforo total aplicado.

Em resumo, segundo MALAVOLTA (1979), o fósforo tem as seguintes funções:

- Estimula o crescimento das raízes;
- Apressa a maturação;
- Estimula o florescimento e ajuda a formação das sementes;

3.2.3 O potássio

Segundo KIEHL (1985), enquanto que mais da metade do fósforo encontrado na superfície do solo está na matéria orgânica e quase todo o nitrogênio em combinações orgânicas, somente uma pequena porção do potássio está nela contida. O potássio não participa de combinações orgânicas na planta, sendo um elemento ativo em forma livre, prontamente liberado para o solo quando restos vegetais e animais são a ele incorporados. O potássio é absorvido pelas raízes na forma de íons (K^+).

O nitrogênio e o fósforo são os elementos que mais comumente limitam a produção agrícola por estarem em proporções menores no solo. Sendo assim o efeito do potássio só pode se manifestar plenamente quando forem satisfeitas primeiramente as necessidades de nitrogênio e fósforo, ou seja, a produção é governada pelo elemento que aparece no solo em menor proporção relativamente aos demais,

De forma breve e resumida, segundo MALAVOLTA (1979), o potássio tem as seguintes funções:

- Promove maior vigor e maior resistências às doenças;
- Melhora a qualidade dos frutos;
- Aumenta a resistência à seca e geadas;
- Colabora na formação de raízes e tubérculos, entre outros.

3.2.4 O cálcio

MELLO et al. (1983) afirmam que o cálcio é um elemento de ocorrência generalizada na natureza. Nos solos neutros ou próximos da neutralidade, o cálcio é o cátion que predomina quantitativamente entre as bases trocáveis. Mesmo em solos ácidos, a disponibilidade de cálcio é alta e desempenha papel importante no controle de pH. Contudo, ele é lavado em grandes quantidades pelas águas de percolação e substituído principalmente por H^+ .

As formas principais de incidência de cálcio no solo ocorrem em minerais primários, especialmente os silicatos; como carbonato de cálcio, normalmente uma das fontes mais importantes de cálcio; como sulfato de cálcio ou gesso e como cálcio trocável, constituído pelos íons Ca^{+} adsorvidos aos colóides do solo e de fácil absorção pelas plantas. Quantidades variáveis de cálcio ocorrem ainda, como parte integrante da matéria orgânica do solo, seja nos resíduos recém incorporados, seja no húmus, seja na matéria orgânica em decomposição.

3.2.5 O magnésio

Para KIEHL (1985), assim como o potássio e o cálcio, boa parte do magnésio fornecido às plantas provém de minerais do solo. A matéria orgânica, todavia, oferece valiosa contribuição no fornecimento de magnésio, pois elevados teores de húmus no solo garantem o suprimento desse nutriente às raízes. Os colóides inorgânicos e orgânicos do solo adsorvem eletrostaticamente o magnésio, retendo-o em uma forma trocável, disponível às plantas, exercendo o importante papel de evitar perdas por lavagens.

A forma mais encontrada de magnésio no solo, segundo MELLO et al (1983), é combinado aos silicatos. Aparece em alguns carbonatos e também na constituição da rede cristalina de algumas argilas e na matéria orgânica. Ocorre ainda como íons Mg^{2+}

adsorvido à fração coloidal (Mg trocável), numa proporção que varia geralmente entre 5% e 10% do teor total.

3.2.6 O enxofre

Segundo MALAVOLTA (1979), o elemento enxofre (S) é importante na composição de todas as proteínas vegetais. Este elemento é absorvido pelas plantas principalmente na forma de sulfato (SO_4).

A falta de enxofre começa a aparecer no país com frequência cada vez maior. Isto deve-se aos novos plantios em terras pobres em matéria orgânica (a fonte imediata do elemento para a planta é através da mineralização por via microbiana), como acontece em áreas de cerrado e também pelo uso de adubos “concentrados” que têm enxofre, os quais tendem a substituir as fontes tradicionais do elemento.

O uso de enxofre na adubação não pode ser dispensado, pois, além de ser um componente essencial de todas as proteínas, promove a nodulação nas leguminosas, estimula a formação das sementes e favorece o crescimento de todas as plantas (MALAVOLTA, 1980).

A Tabela 1 mostra um resumo das funções dos macronutrientes para as plantas, tendo sido complementada a partir daquela apresentada em MALAVOLTA apud COUTINHO(1996).

TABELA 1 – Funções dos macronutrientes nas plantas.

Elemento	Forma Estrutural	Constituinte ou ativador de enzimas	Processos
Nitrogênio (N)	Aminoácidos e proteínas; bases nitrogenadas e ácidos nucleicos; enzimas e coenzimas; vitaminas; glico e lipoproteínas.	Constituinte de todas as enzimas	Absorção iônica; fotossíntese; respiração; sínteses protéicas; divisão e diferenciação celular; herança genética.
Fósforo (P)	Ésteres de carboidratos; fosfolipídeos; coenzimas; ácidos nucleicos.	Constituinte de todas as enzimas	Os mesmos do nitrogênio. Armazenamento e transferência de energia; fixação simbiótica de nitrogênio.
Potássio (K)	Predominantemente na forma iônica	Sintetase do glutathione, do amido, de succinil CoA, de glutamylcisteína, de NAD ⁺ e de formil tetrahydrofolato; quinase pirúvica; desidratase de treonina; aldolase de frutosedifosfato; desidrogenase de aldeído.	Propriedades osmóticas; abertura e fechamento dos estômatos; fotossíntese; transporte de carboidratos e outros produtos; respiração; sínteses proteicas; fixação do nitrogênio.
Cálcio (Ca)	Pectato (lamela média); carbonato; oxalato; fitato; calmodulinas.	ATPase (aspirase); alfa amilase; fosfolipase D; nucleases.	Estrutura e funcionamento de membranas; absorção iônica; reação com hormônios vegetais; ativação enzimática.
Magnésio (Mg)	Clorofilas	Tioquinase acética; quinase pirúvica; hexoquinase; enolase.	Absorção iônica; fotossíntese; respiração; armazenamento e transferência de energia; sínteses orgânicas; balanço eletrolítico; estabilização de ribossomas.
Enxofre (S)	Enzimas e proteínas	Grupo ativo de enzimas e coenzimas.	Cisteína, cistina, metionina e taurina, glutathione, glicosídeos, sulfolipídios, coenzimas

FONTE: Adaptado de MALAVOLTA apud COUTINHO(1996).

3.3 Os efeitos da matéria orgânica sobre as propriedades do solo

A matéria orgânica é uma ótima fonte de nutrientes para as plantas e para os microrganismos do solo, que no curso da decomposição desta matéria ajudam a transformar em solúveis os componentes minerais do solo.

Entre os aspectos positivos da presença da matéria orgânica, pode-se citar a melhora das propriedades físicas do solo através do aumento da estruturação, o aumento da infiltração e a retenção de água mantendo a água útil para as plantas, a regulação da aeração, a promoção de agregação das partículas, a redução da densidade aparente, a promoção de liga aos solos arenosos, a redução da coesão dos solos argilosos, além de reduzir a plasticidade e a aderência e aumentar a friabilidade dos solos. Adicionalmente, a sua presença melhora também as propriedades químicas do solo, aumenta a capacidade de troca catiônica entre as partículas do solo e as raízes das plantas, aumenta a disponibilidade de nutrientes para a planta, aumenta o poder tampão e controla o pH do solo. Há também melhoras nas propriedades biológicas do solo, ou seja, a matéria orgânica estimula a absorção de nutrientes pelas plantas, fornece nutrientes e energia aos microrganismos presentes no solo, estimula o desenvolvimento radicular e a formação de flores em certas espécies.

A matéria orgânica deve ser conservada através de práticas de manejo do solo. Exemplos destas práticas são: retornar ao solo os restos de culturas, aplicar fertilizantes orgânicos com frequência, fazer adubação verde, não arar excessivamente o solo, combater a erosão, evitar queimadas, empregar cobertura morta, fazer rotação de culturas e, para algumas culturas anuais, aplicar os fertilizantes minerais. Esses fertilizantes contribuem para que as culturas produzam mais raízes, caules, colmos e folhas, que, depois da colheita, ao fazer a incorporação de restos culturais ao solo,

aumentam naturalmente o teor de matéria orgânica neste solo. Esta é também a linha de argumentação de MALAVOLTA (1979), que afirma que os adubos ajudam a manter ou até aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo porque garantem a produção de maiores colheitas, resultando mais restos culturais para incorporar ao solo; ajudam a alimentar os microrganismos dos solo, resultando em conversão mais rápida dos restos de cultura em húmus; e facilitam o desenvolvimento do sistema radicular distribuindo assim a matéria orgânica mais profundamente no solo.

Assim como MALAVOLTA (1979), KIEHL (1985) também ressalta a importância da adubação orgânica para o solo, porém ambos são categóricos em afirmar que apenas o uso de fertilizantes orgânicos não garante a fertilidade do solo. É necessário praticar sempre a adubação mineral concomitantemente com a orgânica.

3.4 Os fertilizantes orgânicos

Em 1982 foi oficializada, no Brasil, a classificação em três categorias de fertilizantes orgânicos: fertilizante orgânico simples, fertilizante composto e fertilizante organomineral (KIEHL, 1985).

3.4.1 O fertilizante orgânico simples

Fertilizante orgânico simples pode ser definido como sendo todo produto de origem vegetal ou animal que contém um ou mais dos nutrientes exigidos pelas plantas (RODELLA, 1996), que aplicado ao solo em quantidades, épocas e maneiras adequadas, proporciona melhorias de suas qualidades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas, efetuando correções de reações químicas desfavoráveis ou de excesso de toxidez e favorecendo as raízes com nutrientes suficientes para produzir colheitas de boa qualidade sem causar danos ao solo, à planta ou ao ambiente (KIEHL, 1985).

TABELA 2 – Especificações dos fertilizantes orgânicos simples.

Origem	Umidade % máxima.	Matéria Orgânica % mínimo	PH Mínimo	C/N Máxima.	N mínimo	P₂O₅ % mínimo.
Esterco bovino	25	36	6	20/1	1	—
Esterco de galinha	25	50	6	20/1	1,5	—
Bagaço de cana	25	36	6	20/1	1	—
Palha de arroz	25	36	6	20/1	1	—
Palha de café	25	46	6	20/1	1,3	—
Borra de café	25	60	6	20/1	1,8	—
Torta de algodão	15	70	—	—	5	—
Torta de amendoim	15	70	—	—	5	—
Torta de mamona	15	70	—	—	5	—
Torta de soja	15	70	—	—	5	—
Farinha de osso	15	6	—	—	1,5	20 (*)
Farinha de peixe	15	50	—	—	4	6 (**)
Farinha de sangue	10	70	—	—	10	—
Turfa e linha	25	30	6	18/1	1	—

(*) Teor total, dos quais 80% solúvel em ácido cítrico a 2% (dois por cento).

(**) Teor total.

FONTE: LOPES, GUIMARÃES;(1989)

Determinados restos vegetais ou animais classificados como fertilizantes orgânicos são, na realidade, matéria-prima para produção de fertilizante composto ou fertilizante organomineral, desde que recebam tratamento diferenciado.

A legislação indica as especificações para o fertilizante orgânico simples, o fertilizante “composto” e o fertilizante organomineral, conforme indicado nas Tabelas 2 e 3.

3.4.2 O fertilizante composto

Dá-se o nome de compostagem ao processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal. Este processo tem como resultado final um produto que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente, denominado fertilizante composto (KIEHL, 1985; JARDIM et al, 1996; RODELLA, 1996).

No meio rural, desde os mais remotos tempos, o agricultor vem utilizando-se de restos animais e vegetais como materiais a serem incorporados ao solo com o intuito de favorecer o desenvolvimento de plantas e aumentar a produção agrícola. Assim, o conhecimento empírico da melhoria das características do solo já existe e está incorporado às práticas agrícolas.

Para KIEHL (1985), a compostagem é uma técnica idealizada para se obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica. Inicia-se a compostagem, basicamente, com uma coleção heterogênea de matéria orgânica contendo uma população variada de microrganismos. Usualmente dispõe-se essa matéria orgânica em leiras. Quando os níveis de temperatura, umidade e oxigênio são favoráveis, a população desses microrganismos cresce e inicia um processo de decomposição aeróbia. Com o avanço do ciclo de vida microbiológico, a temperatura se eleva em função das oxidações. A matéria orgânica, funcionando como um isolante térmico, retém o calor na leira de compostagem (BENINCASA, 1997), onde a temperatura chega a atingir 70°C, destruindo tanto organismos patógenos como ervas daninhas (BERTON, 1997). Na natureza, todo esse processo de estabilização, denominado também de humificação, dá-se em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que a matéria orgânica se encontra (KIEHL, 1985).

Em linhas gerais, a metodologia da compostagem consiste em partir de matérias-primas que contenham um balanço da relação carbono/nitrogênio favorável ao metabolismo dos organismos que vão efetuar sua biodigestão, e também facilitar a digestão dessa matéria-prima dispondo-a em local adequado, de acordo com o tipo de fermentação desejada, se aeróbia ou anaeróbia, controlando a umidade, aeração, temperatura, e os demais fatores, conforme o caso requerer (KIEHL, 1985).

TABELA 3 – Especificações dos fertilizantes organomineral e “composto”.

Garantia	Organomineral	“Composto”.
Matéria orgânica total	mínimo de 15%	Mínimo de 40%
Nitrogênio total	Conforme declarado no registro	Mínimo de 1,0%
Umidade	Máximo de 20%	Máximo de 40%
Relação C/N	—	Máximo de 18/1
pH	Mínimo de 6,0	Mínimo de 6,0
P ₂ O ₅	Conforme declarado no Registro	—
K ₂ O	Conforme declarado no Registro	—
Soma NPK, NP, PK ou NK	Mínimo de 6%	—

FONTE: KIEHL,(1993).

Considerando os comentários precedentes, vê-se que a compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem. Para KIEHL (1985), os principais fatores que governam a compostagem são:

- a) Fatores Biológicos: sucessão de microrganismos, como bactérias, fungos e actinomicetos, durante o processo;
- b) Fatores Físicos: umidade, aeração, temperatura, relação carbono/hidrogênio, granulometria;
- c) Fatores Químicos: potencial hidrogeniônico (pH).

Segundo PEIXOTO (1988), o composto final é constituído de partes resistentes dos resíduos orgânicos, produtos decompostos e microrganismos vivos e mortos.

Para BENINCASA (1997), que conduziu ensaios para caracterizar e avaliar o comportamento do lixo de CEASA como substrato para biodigestão anaeróbia e compostagem, o processo de compostagem aumentou a concentração de macronutrientes no composto, 11,23% para o carbono, 61,70% para o nitrogênio, 74,39% para o cálcio, 276,70% para o magnésio, 148,02% para o potássio e 913,63% para o enxofre. O ensaio ainda demonstrou uma redução de 93% no peso e de 89,34% no volume de lixo, apresentando-se vantajoso quando considerada a sua disposição final.

3.4.3 O fertilizante organomineral

Fertilizante organomineral é um produto decorrente do enriquecimento de fertilizantes orgânicos com fertilizantes minerais. Permite um balanceamento dos nutrientes N-P-K, enriquecendo o fertilizante orgânico nos nutrientes que se apresentam originalmente com menores teores (KIEHL, 1985; RODELLA, 1996).

As fontes de matéria orgânica para o preparo do fertilizante organo-mineral podem ser a turfa, linhito, esterco e camas animais (bovino, suíno, cama de frango, etc.), tortas vegetais e também o composto de lixo domiciliar urbano, que apresentam teores de fósforo e potássio menores que o teor de nitrogênio, podendo estar em uma relação duas a quatro vezes maior do que o fósforo e potássio.

Para KIEHL (1985), como decorrência da maior concentração dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, o fertilizante organo-mineral apresenta a vantagem de poder ser empregado em menores quantidades por área. Assim, por exemplo, para a aplicação de 300kg/ha dos nutrientes N-P-K seriam necessárias 15 t/ha de um

fertilizante orgânico com 1% de N, 0,5% de P_2O_5 e 0,5% de K_2O . Os mesmos 300kg/ha estariam contidos em apenas 5t/ha de um fertilizante organo-mineral com concentração N-P-K igual a 6%, mínimo permitida por lei.

Eliminar completamente o uso de fertilizantes minerais é, no mínimo uma insensatez. A dependência criada por altas safras agrícolas está intimamente relacionada ao uso de fertilizantes minerais, mas não devemos esquecer que as jazidas de minerais fosfatados, e possivelmente a de minerais potássicos, deverão se esgotar em um prazo avaliado de dois séculos. Estes insumos são não-renováveis, diferentes dos fertilizantes orgânicos (MALAVOLTA, 1978; KIEHL, 1985). O futuro de médio prazo para a população crescente do globo e a produção de alimentos apresenta-se, portanto, crítico. Neste sentido, políticas de garantia de manutenção de jazidas e de alternativas de produção agrícola são necessárias imediatamente, fato nem sempre encarado pelos governos atuais.

O uso de fertilizante organo-mineral promove economia de fertilizante mineral, pois apresenta fórmula em menor concentração de N-P-K ao ser fabricado em associação com fertilizante orgânico, o qual potencializa os efeitos dos nutrientes minerais.

Para KIEHL (1985), as quantidades de fertilizante mineral e orgânico a serem empregados no preparo do fertilizante organomineral, bem como o teor de umidade e de matéria orgânica desejados no produto acabado, podem ser estimadas, o que é ilustrado nas Tabelas 4 e 5.

TABELA 4 - Quantidades de fertilizante mineral e orgânico a serem empregadas no preparo do fertilizante organomineral com determinado teor de matéria orgânica.

Quilograma de fertilizante orgânico (FO) e de fertilizante mineral (FM) contidos em uma tonelada de fertilizante organomineral (OM).												
Teor de matéria orgânica da matéria prima.	Organomineral com 15% de MO.		Organomineral com 20% de MO.		Organomineral com 25% de MO.		Organomineral com 30% de MO.		Organomineral com 35% de MO.		Organomineral com 40% de MO.	
	B		C		D		E		F		G	
A	FO	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FM
60%	250	750	333	667	417	583	500	500	583	417	667	333
55%	273	727	364	636	455	545	545	455	636	264	737	273
50%	300	700	400	600	500	500	600	400	700	300	800	200
45%	333	667	444	556	556	444	667	333	778	222	888	112
40%	375	625	500	500	625	375	750	250	875	125	—	—
35%	429	571	571	429	714	285	857	143	—	—	—	—
30%	500	500	667	333	833	167	—	—	—	—	—	—
25%	600	400	800	200	—	—	—	—	—	—	—	—
20%	750	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

FONTE: KIEHL, (1985).

TABELA 5 – Teor de umidade do fertilizante organomineral resultante da mistura entre fertilizante orgânico (FO) com diferentes conteúdos de umidade e fertilizantes minerais (FM), supondo que contenham 5% de água livre (*).

		Teores de umidade dos fertilizantes orgânicos					
FO em kg	FM em kg	10%	20%	25%	30%	35%	40%
A	B	C	D	E	F	G	H
500	500	7.50	12.50	15.00	17.50	20.00	22.50
550	450	7.55	13.25	16.00	18.75	21.50	-
600	400	8.00	14.00	17.00	20.00	23.00	-
650	350	8.25	14.75	18.00	21.25	-	-
700	300	8.50	15.50	19.00	22.50	-	-
750	250	8.75	16.25	20.00	23.75	-	-
800	200	-	17.00	21.00	-	-	-
850	150	-	17.75	22.00	-	-	-
900	100	-	18.50	23.00	-	-	-

FONTE: KIEHL, (1985); KIEHL, (1993).

(*) – Água livre é a expressão correta empregada para designar a umidade dos fertilizantes minerais; essa nomenclatura especial deve-se ao fato da determinação também especial. Isto é, feita em estufa a 50°C e sob o vácuo.

3.5 A vermicompostagem como forma de tratamento e enriquecimento da matéria orgânica

A utilização de minhocas para a produção de composto orgânico (húmus) constitui uma técnica relativamente nova (considerando o seu uso sistematizado e controlado). LIMA (1991) cita que o primeiro sistema desta natureza, instalado em escala industrial, foi desenvolvido no Canadá, em 1970, processando cerca de 75 toneladas de resíduos biodegradáveis por semana.

Para PASCHOAL (1996), minhocas são criadas com cinco finalidades principais:

- povoamento de solos e áreas degradadas que se quer recuperar;
- produção de vermicomposto para adubações orgânicas;
- alimentação animal;
- produção de matrizes.

A vermicompostagem difere da compostagem convencional. Entre as características que tornam os dois processos diferentes está o fato de a vermicompostagem formar substâncias húmicas mais rapidamente ao sofrer passagem pelo trato digestivo das minhocas (DE AQUINO et al, 1994).

As minhocas são verdadeiras fábricas de húmus, transformando a matéria orgânica bruta em matéria orgânica humificada, rica em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes, além de compostos orgânicos (ácidos, proteínas, carboidratos, gorduras, lignina, ceras e outros), que, deixados no solo ou a ele adicionados, melhoram sobremaneira as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Para isso as minhocas ingerem solo e material orgânico, triturando-os em suas moelas, digerindo-os pela ação de fermentos produzidos nas glândulas faríngeas e células intestinais, e acrescentando cálcio e carbonatos da excreção das glândulas

calcíferas, bem como resíduos nitrogenados (uréia) da excreção dos nefrídeos. Todo esse material é eliminado na forma de fezes (coprólitos), inicialmente muito moles, mas que endurecem rapidamente, adquirindo aspecto mamiliforme típico (PASCHOAL, 1996).

Ainda segundo PASCHOAL (1996), pela riqueza em macronutrientes e micronutrientes (os coprólitos podem conter cinco vezes mais nitrogênio, sete vezes mais fósforo, onze vezes mais potássio, três vezes mais magnésio e quarenta vezes mais cálcio do que o solo), as minhocas melhoram as propriedades químicas do solo; aumentando a disponibilidade de nutrientes minerais às plantas, a sua capacidade de troca de substância químicas com as plantas (Capacidade de Troca Catiônica - CTC) e promovendo a estabilidade de agregados. Além disso, melhoram as propriedades físicas, com a redução das perdas do solo por erosão, redução das oscilações de temperatura e de perdas de água por evaporação

3.6 Algumas características da minhoca

3.6.1 Classificação

As minhocas pertencem ao Filo *Annelida*, que abrange os vermes segmentados cuja principal característica é a metameria, isto é, a divisão do corpo em partes iguais. Os anelídeos estão classificados em três classes: *Polychaetas*, *Hirudines* e *Oligochaeta* (STORER, 1989).

A classe *Oligochaeta* caracteriza-se por apresentar trato digestivo adaptado a materiais orgânicos em decomposição, principalmente de origem vegetal. Possuem órgãos excretores metanefrídeos e são hermafroditas com transferência recíproca de espermatozóides durante a cópula (STORER, 1989).

As minhocas pertencem a ordem *Haplotaxida* que se caracteriza por possuir dois segmentos com testículos seguido por dois segmentos com ovários, separados entre si por dois segmentos. Pertencem à subordem *Lumbricida* que se caracteriza por possuir cerdas simples, um ou dois pares de testículos, um par de poros masculino. Segundo STORER (1989) e ALMEIDA (1996), são constituídos por cinco grandes famílias;

Glossoscolecidae - originárias da América do Sul: *Glossocolex* e *Pontoscolex*.

Ocnorodrilidae – origem tropical: *Ocnorodrilus* e as *Eukerria*.

Megascolecidae – existentes em todo o mundo, exceto na Europa Ocidental: *Megascolex* e a *Pherentima*.

Eudrilidae – originária da África: *Eudrilus*.

Lumbricidae – originárias de regiões temperadas: *Lumbricus*, *Allolobophora* e *Eisenia*.

3.6.2 Habitat

O ambiente natural ideal para as minhocas é constituído por solos ricos em matéria orgânica ou que possuam uma camada úmida na superfície. São considerados fatores limites fundamentais à sua presença os níveis de umidade, acidez e a textura do solo. Distribuem-se ao longo da seção transversal do solo conforme o seu tamanho e idade, as mais jovens e as espécies pequenas ficam restritas aos primeiros centímetros da superfície e as demais, desde a superfície até vários metros de profundidade (ALMEIDA, 1996).

3.6.3 Anatomia externa

Ao atingirem a maturidade sexual, as minhocas apresentam uma zona glandular denominada clitelo, responsável pela segregação de muco para a copulação e formação do casulo. O clitelo geralmente localiza-se na metade anterior do corpo abrangendo

alguns segmentos. O primeiro segmento apresenta a cavidade bucal precedida de um lóbulo carnoso, de forma cônica, chamado prostômio, que é utilizado para perfurar o solo. O último anel, denominado pigídio é curto e pouco desenvolvido e nela se encontra o orifício anal. As minhocas possuem cerdas por todo o tegumento, num total de oito cerdas por segmento (CETESB, 1987; STORER, 1989; ALMEIDA, 1996).

3.6.4 Anatomia interna

O sistema digestivo consiste de boca, cavidade bucal, faringe, esôfago, glândulas calcíferas, papo, moela, intestino e ânus. Os alimentos ingeridos pela boca são sugadas pela faringe que produz a secreção salivar, formada por muco e enzimas, que envolve o alimento. No esôfago, o alimento sofre a ação das glândulas calcíferas que liberam o excesso de cálcio assimilado, mantendo constante o pH do sangue, atuando desta forma como uma bomba reguladora de íons carbonato (CETESB, 1987; STORER, 1989; ALMEIDA, 1996).

O alimento chega ao papo que atua como uma câmara de armazenamento e em seguida à moela, órgão muscular, que é utilizado para triturar as partículas do alimento. A moela comunica-se, através de um esfíncter, com o intestino que se estende pelos $\frac{3}{4}$ restantes do corpo da minhoca (CETESB, 1987; STORER, 1989; ALMEIDA, 1996).

A parte anterior do intestino é responsável pela secreção e digestão do alimento e a parte posterior é responsável pela absorção. O composto orgânico resultante deste processo digestivo é por fim expelido sob a forma de coprólitos.

Para eliminar os resíduos de seu metabolismo, a minhoca possui um sistema excretor formado por órgãos especiais chamados nefrídios, formados por uma espécie de funil ciliado, chamado nefróstomo onde os cílios promovem a retirada dos resíduos do líquido celomático. A excreção é expelida através de poros que se abrem para o

exterior, chamados nefridióporos. Importantes produtos da excreção são amônia, uréia e creatina (CETESB, 1987; STORER, 1989; ALMEIDA, 1996).

A locomoção deve-se à presença de músculos antagônicos, circulares e longitudinais, que se localizam na parede do corpo e que se contraem alternadamente, graças a presença do líquido celômico, que preenche toda a cavidade do corpo do animal (PASCHOAL, 1996).

Os órgãos sensoriais estão situados na epiderme e são formados por células sensitivas e fotoreceptoras. As células receptoras são mais abundantes nas extremidades anterior e posterior, partes dilatadas dos segmentos e cavidade bucal. O tato também é bastante desenvolvido, permitindo às minhocas perceber vibrações, selecionar alimentos e parceiros para o acasalamento. Também apresentem grande sensibilidade às variações de umidade, temperatura e reações químicas do meio ambiente (CETESB, 1987; STORER, 1989; ALMEIDA, 1996).

3.6.5 A espécie mais adequada à vermicompostagem

Para a vermicompostagem, maior atenção tem sido dada à minhoca *Eisenia foetida* por seu rápido crescimento e prodigiosa proliferação (DE AQUINO et al, 1994). Segundo PASCHOAL(1996), a preferência pela minhoca *Eisenia foetida* se deve à sua adaptação às condições adversas do meio, tais como predação, variações de temperatura, umidade e luminosidade, formando populações numerosas, em pouco tempo, desde que mantidas sob condições ótimas de criação.

Por se tratar de espécie de clima temperado requer cuidados especiais, principalmente no que diz respeito à temperatura, preferindo temperaturas que variam entre 16°C e 25°C, tolerando temperaturas extremas de -2°C e 35°C, e à umidade, apresentando melhor desenvolvimento físico a 70% de umidade do substrato (PASCHOAL,1996).

O tamanho das partículas do alimento dado às minhocas também é muito importante. Comprovou-se que quanto menores as partículas forem, maior é a taxa de crescimento populacional (PASCHOAL,1996).

Além desse fatores (temperatura, umidade, alimentação), a densidade populacional também afeta o crescimento, o peso e a reprodução das minhocas. Foi observado que em populações muito altas, o ganho de peso é menor. Para *Eisenia foetida* estima-se que sejam necessários de 20g a 25g de esterco bovino (matéria seca) por verme por um período de 48 dias (aproximadamente 0,5g/verme/dia) para que se tenha máximo crescimento e máxima reprodução (PASCHOAL,1996). Para TABLAS et al (1998), as minhocas “comem”, por dia, o equivalente a 1 a 3 vezes o seu peso vivo.

Para ALMEIDA (1996), a minhoca utiliza 30% do que consome para o seu desenvolvimento (metabolismo) e elimina 70% sob a forma de húmus.

Portanto, não se pode simplesmente colocar uma determinada quantidade de substrato alimentar, introduzir certa quantia de minhocas e, após 45 dias, peneirar o material. Essa idéia errônea acabou sendo adotada em muitos minhocários, sem que houvesse uma explicação embasada cientificamente para tal fato. Este procedimento pode resultar na morte de minhocas por falta de alimento (pouco alimento para muitas minhocas) ou num processo incompleto de vermicompostagem (muito alimento para poucas minhocas).

3.7 A qualidade do vermicomposto

Para KIEHL (1985), a ação das minhocas no composto é mais mecânica que biológica, através do revolvimento e da aeração do composto, bem como da trituração dos resíduos orgânicos que passam por seu trato digestivo. O efeito bioquímico está na decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos existentes em seu trato

digestivo, onde os resíduos saem mais ricos em nutrientes e em formas mais assimiláveis pelas plantas.

PASCHOAL (1996) e ALMEIDA (1996) acreditam que as minhocas facilitam o trabalho de bactérias e fungos decompositores da matéria orgânica. Assim, ao triturarem resíduos vegetais e animais, misturando-os com muco, as minhocas facilitam o trabalho dos microrganismos, permitindo a rápida humificação da matéria orgânica e o desenvolvimento de populações muito numerosas desses organismos microscópicos. Os estudos dos vermicompostos têm mostrado que o húmus tem grande potencial como condicionador e fertilizante orgânico de solo.

De acordo com EDWARDS et al. apud COUTINHO (1996), um projeto iniciado em 1980 mostrou que as minhocas, especialmente a *Eisenia foetida*, quebram resíduos orgânicos em cadeias mais simples, ricos em nutrientes disponíveis, e com uma boa capacidade de retenção de umidade. Isso dá ao vermicomposto um elevado potencial para aplicação agrícola.

Segundo ALBANELL et al. apud COUTINHO (1996) e KIEHL (1985), a vermicompostagem aumenta a capacidade de troca catiônica e, conseqüentemente, melhora a fertilidade do material vermicompostado pela maior retenção de nutrientes na forma trocável.

Ainda, segundo DINDAL apud COUTINHO (1996), as minhocas modificam o pH do material vermicompostado para níveis aproximadamente neutros. Finalmente segundo ALMEIDA (1996), seus sucos gástricos agem nos grânulos de rochas e minerais engolidos, alterando-lhes a estrutura; os carbonatos por ela expelidos servem de corretivo para solos ácidos e os demais elementos do húmus constituem excelente nutriente vegetal.

Com esta relação de argumentos tende a se considerar que a vermicompostagem tenha apenas elementos vantajosos. No próximo item este aspecto é levantado com maior critério.

3.8 As vantagens e desvantagens da vermicompostagem

Segundo COUTINHO (1996), CETESB (1987), FERNANDES FILHO (1991) e PASCHOAL (1996), entre as diversas vantagens que se podem destacar na aplicação do processo de vermicompostagem para tratamento de resíduos sólidos orgânicos estão;

a) a minhoca acelera a estabilização de muitos compostos orgânicos e produz um composto com propriedades melhores para o desenvolvimento vegetal;

b) o excremento da minhoca (coprólitos) é um excelente condicionador de solo, com alta capacidade de retenção de umidade, reduzindo as oscilações de temperatura e uma porosidade natural que favorece a fixação do nitrogênio no solo;

c) o vermicomposto, ao ser colocado no solo, introduz nele microrganismos úteis, que atuam no sentido de melhorarem as características do solo, beneficiando as culturas existentes;

d) o composto orgânico é um produto auxiliar à obtenção da fertilidade química, pois além de fornecer macronutrientes, fornece também micronutrientes necessários ao solo agrícola;

e) o composto participa na fertilidade física do solo por aglutiná-lo de forma a permitir uma boa aeração das raízes e por possibilitar uma melhor retenção e condutividade hídrica, reduzindo a perda de solo por erosão e perda de água por evaporação;

f) pode-se obter o vermicomposto da maioria dos resíduos sólidos, desde que contenham matéria orgânica e possam ser processados aeróbicamente.

Para COUTINHO (1996), as desvantagens devem-se à aplicação e desenvolvimento do processo de vermicompostagem, podendo ser citadas as seguintes:

a) a dificuldade de se conseguir a quantidade necessária de minhocas para dar partida em sistemas de tratamento de resíduos sólidos por vermicompostagem;

b) a dificuldade de adaptação das minhocas a alguns substratos, podendo até inviabilizar o processo;

c) a necessidade de grandes áreas (estimada em quatro vezes maior que para a compostagem aeróbia em leiras) para a vermicompostagem, não somente para o desenvolvimento da vermicompostagem propriamente dita como também para a adequação do resíduo às características necessárias para o desenvolvimento do processo de vermicompostagem, como umidade, estabilização inicial, aeração, etc.;

d) quando verificada, no substrato, a presença de microrganismos patogênicos, há a necessidade de um processo inicial de tratamento para eliminação (ou redução) dos mesmos antes da aplicação da vermicompostagem, que não reduz de forma significativa o número de patogênicos para torná-lo sanitariamente seguro.

4 Metodologia

A parte experimental do presente trabalho foi realizado na Universidade Federal de Uberlândia, MG, na Estação Experimental do Departamento de Agronomia. Este espaço foi gentilmente cedido após contatos com o Departamento de Agronomia quanto os objetivos do presente trabalho foram explicitados. Para a execução dos trabalhos, utilizou-se dois tipos de resíduos orgânicos: composto de lixo urbano (estabilizado) produzido pela Usina de Compostagem e Segregação de Lixo do Município e resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína (estrume bovino e suíno) do Frigorífico Real Ltda associados a fertilizantes minerais provenientes da Indústria de Fertilizantes Triângulo Ltda, ambas sediadas no município de Uberlândia.

4.1 Definição do experimento

Conforme já indicado nos objetivos, o presente trabalho tem como objeto o estudo de um composto de lixo domiciliar urbano visando avaliar a possibilidade de melhoria das suas características através de vermicompostagem. O município de Uberlândia foi escolhido devido às condições favoráveis quanto à matéria-prima disponível e espaço para trabalho ali encontrados. A ausência inicial de informação sobre o composto de lixo domiciliar, bem como do efeito do resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína e do fertilizante mineral, sobre o processo de vermicompostagem fizeram com que o presente experimento fosse inicialmente definido da seguinte forma:

1. Execução de teste de adaptabilidade alimentar das minhocas ao substrato pretendido (100% composto de lixo domiciliar urbano).

2. Proposição de uma metodologia de adição de fertilizante mineral ao fertilizante composto com base na bibliografia (KIEHL, 1993).

Todavia, os resultados deste procedimento indicaram a necessidade de uma redefinição do experimento, uma vez que se observou que os valores sugeridos na bibliografia (KIEHL, 1993) levaram a um efeito tóxico sobre as minhocas.

Deste forma, propôs-se uma metodologia para identificação dos elementos tóxicos para este processo, o que conduziu finalmente às proporções utilizadas no experimento final.

A descrição da metodologia seguida é apresentada nos itens subsequentes.

4.2 Procedimentos preliminares à montagem do experimento

Inicialmente houve a necessidade de efetuar o transporte do material a ser estudado desde a fonte da matéria prima até o laboratório cedido pelo Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia. Para este deslocamento, utilizou-se veículo particular, com despesas cobertas pelo autor. O transporte do composto de lixo domiciliar urbano foi realizado com o auxílio de três tambores de 50 litros, previamente revestidos com sacos plásticos para melhor acondicionamento e segurança. O resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína foi transportado em sacos plásticos de 10 litros e as minhocas em bandejas plásticas.

Anteriormente à montagem do experimento, foi realizada a análise de material orgânico presente no composto de lixo domiciliar urbano e no resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína (ver Anexos A1 e A2, respectivamente). Esta análise foi necessária para poder efetuar a caracterização do substrato alimentar fornecido às minhocas e, evidentemente, para comparação com o material obtido

posteriormente ao processo de vermicompostagem. Analisou-se os seguintes parâmetros:

1. Potencial hidrogeniônico (pH).	2. Umidade perdida a 60 – 65 °C.
3. Umidade perdida entre 65 – 100 °C.	4. Umidade total.
5. Inertes.	6. Matéria orgânica total.
7. Matéria orgânica compostável.	8. Carbono total (orgânico e mineral).
9. Carbono orgânico.	10. Resíduo mineral total.
11. Resíduo mineral insolúvel.	12. Resíduo mineral solúvel.
13. Nitrogênio total.	14. Fósforo total.
15. Potássio total.	16. Cálcio total.
17. Magnésio total.	18. Enxofre total.
19. Relação C/N (C total e N total).	20. Relação C/N (C orgânico e N total).

Todas as análises químicas, denominada análise de material orgânico, foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP), cuja metodologia adotada segue os padrões descritos por KIEHL (1985).

Preliminarmente, uma vez que não havia informação da eficiência de um processo de vermicompostagem utilizando o composto de lixo domiciliar urbano de Uberlândia, optou-se por executar um experimento exploratório, buscando observar a adaptabilidade das minhocas ao material “original” ajustado para 50% de umidade. Neste primeiro experimento exploratório verificou-se a morte de 100% dos indivíduos introduzidos no material, o que demonstrou a inviabilidade do uso do composto de lixo domiciliar urbano “puro” para o processo de vermicompostagem. A mortandade total ocorreu em um período de dez dias.

Observou-se inicialmente que as características físicas visuais do substrato aparentavam a não adequação do uso material sem outros aditivos. Posteriormente, questionou-se a possibilidade de haver efeitos tóxicos sobre a população dos indivíduos inoculados. Assim, partiu-se para a execução de testes de adaptação alimentar das minhocas à mistura composto de lixo/resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína e também testes de tolerância ao fertilizante mineral, que são descritos a seguir.

4.2.1 Teste de tolerância máxima à mistura composto de lixo domiciliar urbano/resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína

Como consequência do comentado no item anterior, os seguintes testes foram efetuados, aqui descritos na ordem: Material, Metodologia, Resultados e Conclusão para estes testes.

Material

Composto de lixo domiciliar urbano;
Resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína;
50 unidades de minhocas (*Eisenia foetida*) adultas;
Recipientes plásticos tipo PET 2 litros;
Balança tríplice escala;
Água destilada;
10 sacos plásticos.

Metodologia

Montou-se um sistema de 5 recipientes plásticos tipo PET 2 litros dispostos sobre uma mesa, aos quais foram adicionadas quantidades de composto de lixo

domiciliar urbano e resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína (preparadas em base seca), nas proporções abaixo indicadas (após mistura e homogeneização a seco dentro de sacos plásticos de um litro). As garrafas plásticas foram previamente cortadas transversalmente 5,0 cm abaixo do bico (para facilitar as operações e visualização das minhocas. As composição adotadas foram:

A1 – 100% composto de lixo e 0% de resíduo do processamento de carne bovina e suína.

A2 – 80% de composto de lixo e 20% de resíduo do processamento de carne bovina e suína.

A3 – 60% de composto de lixo e 40% de resíduo do processamento de carne bovina e suína.

A4 – 40% de composto de lixo e 60% de resíduo do processamento de carne bovina e suína.

A5 – 20% de composto de lixo e 80% de resíduo do processamento de carne bovina e suína.

onde A1 a A5 indicam os recipientes usados.

Padronizou-se a relação 100% referente a 1.000g seja de composto de lixo domiciliar urbano como também de resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína. Posteriormente os substratos foram umedecidos até atingir 50% de umidade. Este valor de umidade foi adotado para evitar escoamento de água no interior do substrato, que poderiam acarretar lavagem dos finos e, eventualmente, dos minerais relevantes.

Aos substratos de cada recipiente foram colocadas 10 minhocas adultas, previamente pesadas em balança de precisão de 1g, que se encontravam sob o regime alimentar de resíduo do processamento de carne bovina e suína maturado.

A partir deste momento, foram analisadas as reações que as minhocas apresentavam sujeitas a estes substratos, anotando os resultados.

O período de observação contínua da adaptação das minhocas ao substrato alimentar foi de 24 horas. Posteriormente realizou-se duas observações diárias, em dois períodos (de manhã e à tarde) até o 15º dia.

Resultados

No recipiente A1, as minhocas apresentaram dificuldade em penetrar no substrato e constantemente tentaram fugir do mesmo. Após dez (10) dias, observou-se a morte de 80% dos indivíduos.

Em A2, A3, A4, A5 não ocorreram problemas de adaptação ao novo regime alimentar e não foram observadas mortes no período de quinze dias.

No décimo quinto dia observou-se a morte de 100% dos indivíduos presentes no recipiente A1.

Conclusão

Verificou-se que um processo de adaptação alimentar a um substrato contendo 100% de composto de lixo domiciliar urbano apresenta dificuldades. Como a proporção envolvendo a menor quantidade de resíduo do processamento de carne bovina e suína que aqui foi adotada já permitia a sobrevivência dos indivíduos, e considerando que se pretendeu otimizar neste trabalho o uso do composto de lixo domiciliar, optou-se trabalhar com a situação viável mais próxima dos 100% deste material.

Assim, os experimentos subseqüentes foram realizados com a proporção utilizada no recipiente A2, ou seja, 80% de composto de lixo domiciliar urbano e 20% de resíduo do processamento de carne bovina e suína, sendo denominada **substrato alimentar vermicompostável**.

4.2.2 Preparo do fertilizante organomineral para os testes de tolerância

Após o preparo do fertilizante composto descrito no item 4.2.1, foram adicionadas e homogeneizadas quantidades de nutrientes minerais (sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio), obtendo assim, o fertilizante organomineral.

Segundo KIEHL (1993), é possível preparar um fertilizante organomineral com diferentes concentrações dos elementos minerais, cuja soma de 6% de N-P-K é o mínimo permitido para essa categoria de fertilizante (tabela 04) na concentração 3:2:1 (onde os números representam a concentração em porcentagem). Pode-se considerar, na formulação do fertilizante organomineral, a contribuição dos nutrientes contidos na matéria-prima orgânica. Assim, é possível preparar um fertilizante organomineral mantendo a especificação mínima de 6% acima citada, variando as concentrações dos três nutrientes. Para o preparo do fertilizante tinha-se à disposição os seguintes compostos:

1 - sulfato de amônio - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;

2 - superfosfato simples - $\text{Ca}_3(\text{P}_2\text{O}_5)_2$;

3 - cloreto de potássio - KCl ;

4 - matéria orgânica (substrato alimentar vermicompostável) com os seguinte composição: 21,25% de umidade, 28,17% de matéria orgânica total, 1,15% de nitrogênio total; 1,12% de fósforo total, 1,71% de potássio total; 2,25% de cálcio total; 0,61% de magnésio total e 0,29% de enxofre total.

Recorrendo à Tabela 4 verifica-se que com matéria-prima contendo 30% de matéria orgânica, pode-se preparar um quilograma (1kg) de mistura nas seguintes proporções:

- Fertilizante orgânico - 833g.

- Fertilizante mineral - 167g.

Após obter as quantidades de fertilizante mineral e orgânico, pode-se calcular a quantidade necessária de cada elemento (N, P, K) presente no fertilizante mineral utilizando o seguinte método de um passo (KIEHL, 1993):

$$EM = \frac{FOM \times CEM - GFO \times PEM}{M}$$

onde:

- EM – nutriente mineral (ex: superfosfato simples).
- FOM – quantidade de fertilizante organomineral a ser preparada (ex: 1000 g).
- CEM – concentração do elemento mineral na fórmula N-P-K (ex: P = 2).
- GFO – quantidade de fertilizante orgânico necessário (ex: 833 g).
- PEM – porcentagem de elemento mineral presente na matéria orgânica (ex: 0,68% de fósforo total)
- M – porcentagem do elemento mineral presente no fertilizante mineral (ex: 21% de P_2O_5).

4.2.2.1 – Cálculo da mistura de fertilizante organomineral para os testes de tolerância.

Utilizando o método de passo único, Kiehl (1998)¹ calculou os seguintes valores:

• Sulfato de amônio: $\frac{1000 \times 3 - 833 \times 1,15}{20}$ • Sulfato de amônio: 102g.

¹ KIEHL, E.J. (1998). Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz". Comunicação pessoal.

- Superfosfato simples: $\frac{1000 \times 2 - 833 \times 1,12}{20}$
- Superfosfato simples = 53,3g.

- Cloreto de potássio : $\frac{1000 \times 1 - 833 \times 1,71}{60}$
- Cloreto de potássio = 7,1g.

Esses valores foram obtidos seguindo o procedimento indicado e contactando o Prof. Dr. Edmar José Kiehl pessoalmente, o qual sugeriu esses cálculos e atestou pela validade de seu uso. Os contatos pessoais com o Prof. Dr. Edmar José Kiehl sempre foram frutíferos no que tange aos aspectos práticos do trabalho. Nesses cálculos foram utilizados valores práticos para a porcentagem de Nitrogênio (20%), Fósforo (20%) e Potássio (60%). Nota-se que o valor percentual para o Potássio, que foi adotado neste cálculo, mostrou-se algo distante do valor fornecido pela empresa produtora do Cloreto de Potássio (fato apenas observado na fase final dos ensaios de tolerância). Os eventuais desvios decorrentes desta adoção (o material contém 50% de potássio) mostraram-se, todavia, suficientemente reduzidos no valor em gramas acrescido à formulação final para o Sulfato de amônio e para o Superfosfato simples. Manteve-se, então, esta proporção inicialmente calculada considerando que os valores práticos utilizados nas formulações usuais serão normalmente baseadas nas proporções práticas de Kiehl (isto é, os profissionais da área utilizarão mais provavelmente essas proporções).

Note-se que os procedimentos acima adotados envolvem uma proporção de fertilizante orgânico e fertilizante mineral que, inicialmente, é estabelecida a partir da umidade ótima para produzir um fertilizante organomineral para comercialização. Esta condição impôs a primeira proporção de 833/167 gramas (fertilizante orgânico e fertilizante mineral, respectivamente) em 1000 gramas de fertilizante organomineral.

Note-se que este valor mantém-se inalterado quando do estabelecimento das proporções finais de N-P-K.

Contudo, o presente trabalho não parte do pressuposto de que o produto final será comercializado e toda a mistura foi feita com base seca. Assim, a condição de umidade é supérflua e um desvio adicional da proporção sugerida ocorre devido a esta hipótese.

De fato, para considerar a proporção mais adequada de N-P-K é conveniente partir de valores arbitrários (considerando compostos “puros”) e, a partir de um processo iterativo, gerar uma solução que convirja para valores finais estáveis para os compostos contendo impurezas. Este procedimento não foi encontrado em trabalhos da área, considerando-se, portanto, que esta forma de abordagem seja inovadora. Denomina-se aqui, brevemente, esta forma de cálculo da formulação do fertilizante de “processo de passos múltiplos”.

A partir da relação entre a formulação desejada para o fertilizante mineral (3:2:1) e as proporções dos elementos minerais presentes no fertilizante mineral e informados pela empresa produtora do mesmo (20% de N, 20% de P_2O_5 , 50% de K_2O), obtém-se um valor (em peso) da quantidade de fertilizante mineral necessária para satisfazer a formulação acima citada. Por exemplo, o nitrogênio participa na formulação com 3% e está presente em 50% do fertilizante mineral. Portanto, são necessárias 150g do sulfato de amônio fornecido pela empresa (o valor maior deve-se ao fato de haver, no material fornecido, uma quantidade substancial de impurezas e de inertes). Da mesma forma procede-se o cálculo para obter a massa de superfosfato simples (100g) e de cloreto de potássio (20g), totalizando 270g de fertilizantes minerais e 730g de fertilizante orgânico, diferente dos valores recomendados pela Tabela 4 (833g de fertilizante orgânico e 167g de fertilizante mineral).

Como consequência do cálculo anterior, vê-se que se dispõe de 730g de fertilizante orgânico, com proporções de 1,15% de N, 1,12% de P e 1,71% de K. Assim, neste fertilizante orgânico dispõe-se, realmente, já das quantidades 8,39g de N, 8,17g de e 12,48g de K, as quais podem ser economizadas do fertilizante mineral. O segundo passo deste cálculo, portanto, insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	30g de N	20g de P	10g de K	
Material já presente	8,39g de N	8,17g de P	12,48g de K	
Material necessário	21,61g de N	11,83g de P	- 2,48g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

A última linha corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral. Como o material é fornecido com impurezas, é necessário efetuar o cômputo das impurezas para obter o valor total do material fornecido pela empresa. Assim:

Elemento	Nova Formulação
Nitrogênio (N)	$21,61 / 0,2 = 108,05\text{g}$
Fósforo (P)	$11,83 / 0,2 = 59,15\text{g}$
Potássio (K)	$- 2,48 / 0,05 = - 4,96\text{g}$

Tem-se, neste novo passo, um valor total de 162,24g de fertilizante mineral. Portanto restam 837,76g de fertilizante orgânico. Nota-se a diferença substancial do valor 730g anteriormente adotado. Assim, refaz-se o cálculo da percentagem de N-P-K presente no fertilizante orgânico. Agora, neste fertilizante orgânico com as proporções

de 1,15% de N, 1,12% de P e 1,71% de K tem-se 9,63g de N, 9,38g de P e 14,32g de K.

O terceiro passo deste cálculo, portanto, insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	30g de N	20g de P	10g de K	
Material já presente	9,63g de N	9,38g de P	14,32g de K	
Material necessário	20,37 de N	10,62g de P	- 4,32g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

Novamente a última linha corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral. Considerando as impurezas, o valor total do material fornecido pela empresa deve ser:

Elemento	Nova Formulação
Nitrogênio (N)	$20,37 / 0,2 = 101,85\text{g}$
Fósforo (P)	$10,62 / 0,2 = 53,1\text{g}$
Potássio (K)	$- 4,32 / 0,5 = - 8,64\text{g}$

Tem-se, após este passo, o valor total de 146,31g de fertilizante mineral. Portanto restam 853,69g de fertilizante orgânico. Já se tem uma diferença relativamente pequena do valor 837,76g anteriormente adotado. Vê-se que o processo está convergindo. Para obter valores mais próximos da solução exata para este problema, parte-se para mais um passo (o que deu o nome de processo dos passos múltiplos para este tipo de cálculo). Como sempre, refaz-se o cálculo da percentagem de N-P-K presente no fertilizante orgânico. Com as proporções de 1,15% de N, 1,12% de P e

1,71% de K tem-se 9,81g de N, 9,56g de P e 14,59g de K. O quarto passo deste cálculo insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	30g de N	20g de P	10g de K	
Material já presente	9,81g de N	9,56g de P	14,59g de K	
Material necessário	20,19g de N	10,44g de P	- 4,59g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

Trabalhando sobre a última linha, corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral e considerando as impurezas, o valor total do material fornecido pela empresa deve ser:

Elemento	Nova Formulação
Nitrogênio (N)	$20,19 / 0,2 = 100,95\text{g}$
Fósforo (P)	$10,44 / 0,2 = 52,20\text{g}$
Potássio (K)	$- 4,59 / 0,5 = - 9,18\text{g}$

Tem-se, finalmente, o valor total de 143,97g de fertilizante mineral. Portanto restam 856,04g de fertilizante orgânico. A diferença para o valor 853,69g anteriormente adotado é pequena e observa-se que o processo está convergindo para um determinado valor final.

Refaz-se o cálculo da percentagem de N-P-K presente no fertilizante orgânico. Com as proporções de 1,15% de N, 1,12% de P e 1,71% de K tem-se 9,84g de N, 9,58g de P e 14,63g de K. O quarto passo deste cálculo insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	30g de N	20g de P	10g de K	
Material já presente	9,84g de N	9,58g de P	14,63g de K	
Material necessário	20,16g de N	10,42g de P	- 4,63g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

Trabalhando sobre a última linha, corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral e considerando as impurezas, o valor total do material fornecido pela empresa deve ser:

Elemento	Nova Formulação
Nitrogênio (N)	$20,16 / 0,2 = 100,8\text{g}$
Fósforo (P)	$10,42 / 0,2 = 52,10\text{g}$
Potássio (K)	$- 4,63 / 0,5 = - 9,26\text{g}$

Tem-se, finalmente, o valor total de 143,64g de fertilizante mineral. Portanto restam 856,36g de fertilizante orgânico. A diferença para o valor 856,04g anteriormente adotado é pequena e pode-se considerar que o processo convergiu para a solução procurada. Evidentemente este procedimento pode ser repetido até a precisão que se impõe inicialmente. Porém, tendo em vista a tolerância de erros existente na prática (conforme visto na formulação anterior), entende-se que este quarto passo já apresenta precisão suficiente.

Nota-se que há de fato diferenças entre as formulações obtidas pelos dois métodos. As fontes dessas diferenças são evidentemente as considerações de ordem prática acerca da proporção de material “puro” encontrado no produto fornecido pelas empresas e na quantidade de fertilizante orgânico admitido como participante na formulação final.

Como já foi comentado, manteve-se a formulação proposta pelo Prof. Dr. Edmar José Kiehl, que orientou a fase inicial de uso do fertilizante organomineral. Os procedimentos vinculados aos testes com as minhocas tiveram início antes de se procurar uma forma alternativa de formular o fertilizante. Assim, uma mudança na composição do mesmo no meio do processo seria desvantajoso com relação aos experimentos já conduzidos e avaliados.

4.2.3 Teste de tolerância máxima a diferentes concentrações de fertilizante mineral

De acordo com as informações já apresentadas na revisão bibliográfica, partiu-se para o teste de tolerância envolvendo o fertilizante mineral a ser processado pelas minhocas. Considerou-se que este teste é oportuno, uma vez que foi aventada a possibilidade de efeitos tóxicos do substrato sobre as minhocas. A literatura consultada não apresentou estudos acerca deste tópico, o que conduziu a esta providência. Mantendo a forma de apresentação do item 4.2.1, tem-se no presente item a divisão: Material, Metodologia, Resultados e Conclusão.

Material

Substrato alimentar vermicompostável;

Fertilizante mineral formado pelos seguintes nutrientes:

- sulfato de amônio - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- superfosfato simples - $\text{Ca}_3(\text{P}_2\text{O}_5)_2$.
- cloreto de potássio – KCl.

110 unidades de minhocas (*Eisenia foetida*) adultas;

11 recipientes plásticos tipo PET 2 litros;

Balança tríplice escala;

Água destilada;

11 sacos plásticos.

Metodologia

Montou-se o sistema de 11 recipientes plásticos tipo PET 2 litros previamente cortadas 5 cm abaixo do bico sobre uma mesa, onde foram adicionadas 1.000g de substrato alimentar vermicompostável.

Pesou-se separadamente as diferentes fontes de nutrientes minerais respeitando a proporção mínima de N-P-K (3:2:1) exigida pelo Ministério da Agricultura para formulação de fertilizantes organominerais. Os cálculos demonstraram ser necessário 102g de sulfato de amônio 53,3g de superfosfato simples e 7,1g de cloreto de potássio, totalizando 162,4g de fertilizante mineral para cada quilograma de substrato alimentar vermicompostável.

Padronizou-se os valores citados como 100% (isto é, 162,4g da mistura correspondem a 100%), variando a proporção adicionada em cada recipiente (com 1000g de substrato alimentar vermicompostável):

B1 – 0% de fertilizante mineral;

B2 – 1% de fertilizante mineral;

B3 – 5% de fertilizante mineral;

B4 – 10% de fertilizante mineral;

B5 – 15% de fertilizante mineral;

B6 – 20% de fertilizante mineral;

B7 – 25% de fertilizante mineral;

B8 – 30% de fertilizante mineral;

B9 – 40% de fertilizante mineral;

B10 – 50% de fertilizante mineral;

B11 – 100% de fertilizante mineral;

onde B1 a B11 indicam os recipientes usados.

Os dois fertilizantes foram misturados, homogeneizados a seco (dentro de saco plástico) e, posteriormente, colocados nos recipientes PET plásticos e umedecidos até atingirem 50% de umidade.

Aos substratos de cada recipiente foram colocadas 10 minhocas adultas, previamente pesadas em balança de precisão de 1g.

A partir deste momento foram observadas as reações que as minhocas apresentavam quando sujeitas a estes substratos, observações estas efetuadas na primeira, segunda, terceira, sexta e décima segunda horas. O anexo B 1 trás as tabelas com as observações efetuadas.

Resultados

As concentrações de fertilizante mineral em B10 e B11 provocaram a morte de 60% e 80% das minhocas nos respectivos recipientes, respectivamente, já na primeira hora de experimentação.

Na segunda hora de experimentação, as concentrações em B9, B8 e B7 também provocaram a morte de 70%, 60% e 20% das minhocas, respectivamente. Em B10 e B11 a porcentagem de mortes atingiu 100%.

Na terceira hora, além de aumentar a porcentagem de mortes em B9, B8 e B7 (respectivamente, 100%, 80% e 80%), também provocou a morte de 60% dos indivíduos em B6.

Após a sexta hora, os indivíduos em B4 e B5 também apresentavam 100% de mortalidade.

Na décima segunda hora esta taxa de mortalidade não se modificou, mas os indivíduos presentes em B3 e B2 mostraram alteração de comportamento,

movimentando-se mais. Apesar de ser uma observação qualitativa, não se encontrou uma melhor forma de expressar o observado.

O recipiente B1 foi utilizado como controle neste processo comparativo.

Conclusão

Podemos afirmar que o fertilizante mineral, como utilizado, mostrou-se tóxico, provocando morte de minhocas. Com este teste, contudo, não pudemos afirmar que esse resultado tenha sido consequência do fertilizante mineral como um todo ou apenas de componentes isolados (um ou mais componentes)

Assim, os experimentos subsequentes foram elaborados e realizados para elucidar esta questão.

4.2.4 Teste de tolerância máxima aos nutrientes minerais presentes no fertilizante mineral

Como consequência do comentado nos itens anteriores, os seguintes testes foram efetuados, aqui descritos na seguinte ordem: Material, Metodologia, Resultados e Conclusão.

Material

Substrato alimentar vermicompostável;

Fertilizante mineral formado pelos seguintes nutrientes:

- sulfato de amônio - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
- superfosfato simples - $\text{Ca}_3(\text{P}_2\text{O}_5)_2$.
- cloreto de potássio - KCl .

70 unidades de minhocas (*Eisenia foetida*) adultas;

7 recipientes plásticos tipo PET 2 litros;

Balança triplice escala;

Água destilada;

7 sacos plásticos.

Metodologia

Montou-se o sistema de 7 recipientes plásticos tipo PET 2 litros previamente cortadas 5 cm abaixo do bico sobre uma mesa, onde foram adicionadas 1.000g de substrato alimentar vermicompostável.

Pesou-se separadamente as diferentes fontes de nutrientes minerais respeitando a proporção mínima de N-P-K (3:2:1) exigida pelo Ministério da Agricultura para formulação de fertilizantes organominerais. Os cálculos demonstraram ser necessário 102,0g de sulfato de amônio, 53,3g de superfosfato simples e 7,1g de cloreto de potássio, totalizando 162,4g de fertilizante mineral para cada quilograma de substrato alimentar vermicompostável.

Cada um dos valores mencionados acima foi padronizado como sendo 100% do nutriente correspondente. Com esta padronização foi efetuada a nova bateria de observações, constituída das seguintes misturas:

C1 - 0% de fertilizante mineral;

C2 - 100% do nutriente mineral sulfato de amônio;

C3 - 100% do nutriente mineral superfosfato simples;

C4 - 100% do nutriente mineral cloreto de potássio;

C5 - 100% do nutriente mineral sulfato de amônio, adicionado a 100% do nutriente mineral superfosfato simples;

C6 - 100% do nutriente mineral superfosfato simples, adicionado a 100% do nutriente mineral cloreto de potássio;

C7 - 100% do nutriente mineral sulfato de amônio, adicionado a 100% do nutriente mineral cloreto de potássio.

onde C1 a C7 indicam os recipientes usados.

Os nutrientes minerais foram misturados ao substrato alimentar vermicompostável, homogeneizados a seco (dentro de saco plástico) e, posteriormente, colocados nos recipientes PET plásticos e umedecidos até atingir 50% de umidade.

Aos substratos de cada recipiente foram colocadas 10 minhocas adultas, previamente pesadas em balança de precisão de 1g.

A partir deste momento foram observadas as reações que as minhocas apresentavam quando sujeitas a estes substratos, observações estas efetuadas na primeira, segunda, terceira, sexta e décima segunda horas. As observações e anotações efetuadas encontram-se no anexo B 2.

Resultados

Após a primeira hora, observou-se que as minhocas em C2, C5 e C7 estavam distribuídas superficialmente pelo substrato. Em C3, as minhocas apresentavam-se distribuídas pela lateral do recipiente, a 1cm de profundidade. As minhocas dos demais recipientes (C1, C4 e C6) aprofundaram-se no substrato.

Na segunda hora de experimentação, todas as minhocas em C2 e C7 estavam mortas. As minhocas em C5 apresentavam contrações e não penetravam no substrato. Nos recipientes C3 e C6 as minhocas estavam distribuídas a 1cm de profundidade no substrato, enquanto que, nos recipientes C1 e C4 elas estavam distribuídas por todo o substrato.

Na terceira hora, ocorreu a morte de 80% dos indivíduos em C5.

Após a sexta hora, os indivíduos em C5 apresentaram 100% de mortalidade. Nos recipientes C3 e C6, as minhocas continuavam distribuídas a 1cm de profundidade e nos recipientes C1 e C4 encontravam-se distribuídas por todo o substrato.

Após a décima segunda hora estes dados não se alteraram.

Conclusão

Como em todos os recipientes nos quais o sulfato de amônio estava presente apresentaram mortalidade total das minhocas, concluiu-se as mesmas não sobrevivem a este nutriente mineral, mesmo quando misturado a outro fertilizante mineral. Já o superfosfato simples e o cloreto de potássio não se mostraram, visualmente, tóxicos.

Contudo, os experimentos não permitem concluir pela concentração admissível de nutrientes minerais que permitem a sobrevivência das minhocas. Assim, uma nova bateria de observações foi projetada para verificar o efeito da concentração dos componentes minerais.

4.2.5 Teste de tolerância a diferentes misturas e dosagens de nutrientes minerais

Material

15.000g de substrato alimentar vermicompostável.

150 unidade de minhocas (*Eisenia foetida*) adultas.

Variadas combinações e concentrações dos nutrientes do fertilizante mineral (N-P-K; 3:2:1):

- Sulfato de amônio + Superfosfato simples - 80%; 60%; 50%;40%;20%.
- Sulfato de amônio + Cloreto de potássio - 80%; 60%; 50%;40%;20%.
- Superfosfato simples + Cloreto de potássio - 80%; 60%; 50%;40%;20%.

15 recipientes plásticos tipo PET de 2 litros.

Balança triplice escala.

Água destilada.

15 sacos plásticos de 1,5kg.

Borrifador de água.

Método

Montou-se o sistema de 15 recipientes plásticos tipo PET 2 litros previamente cortados 5 cm abaixo do bico, sobre uma mesa, aos quais foram adicionadas 1.000g de substrato alimentar vermicompostável em cada recipiente.

Pesou-se separadamente as diferentes fontes de nutrientes minerais respeitando a proporção mínima de N-P-K (3:2:1) exigida pelo Ministério da Agricultura para formulação de fertilizantes organominerais. Como já mencionado, os cálculos demonstraram serem necessárias 102,0g de sulfato de amônio, 53,3g de superfosfato simples e 7,1g de cloreto de potássio, totalizando 162,4g de fertilizante mineral para cada quilograma de substrato alimentar vermicompostável. Note-se que em combinações de apenas dois nutrientes minerais, surgiram evidentemente as proporções: 3:1, 3:2 e 2:1.

Novamente os valores de massa acima citados foram padronizados como 100%, variando suas concentrações para cada recipiente plástico nas proporções apresentadas na tabela 6.

Os componentes fertilizante orgânico (substrato alimentar vermicompostável) e fertilizante mineral (nas proporções da tabela 6) foram misturados e homogeneizados a seco em sacos plásticos. Posteriormente, a mistura foi colocada nos recipientes PET plásticos, previamente cortados transversalmente na parte superior e, finalmente, umedecida até atingir 50% de umidade. Em seguida foram colocadas 10 minhocas adultas em cada recipiente, previamente pesadas em balança de precisão de 1g.

A partir deste momento, foram analisadas as reações que as minhocas apresentaram na primeira, segunda, terceira, sexta e décima segunda hora de atividade como resposta a este substrato.

O anexo B 3 traz as tabelas com os resultados observados.

TABELA 6 – Variação de concentrações e combinações de nutrientes minerais.

Concentração (%)	Combinações de Nutrientes Minerais (g)		
	D 4	D 5	D 6
80	81,6g Sulfato de amônio e 42,6g Superfosfato simples.	42,6g Superfosfato simples e 5,68g Cloreto de potássio.	81,6g Sulfato de amônio e 5,68g Cloreto de potássio
60	61,2g Sulfato de amônio e 31,9g Superfosfato simples.	31,9g Superfosfato simples e 4,26g Cloreto de potássio	61,2g Sulfato de amônio e 4,26g Cloreto de potássio.
50	51,0g Sulfato de amônio e 26,6g Superfosfato simples.	26,6g Superfosfato simples e 3,55g Cloreto de potássio.	51,0g Sulfato de amônio e 3,55g Cloreto de potássio.
40	40,8g Sulfato de amônio e 21,3g Superfosfato simples.	21,3g Superfosfato simples e 2,84g Cloreto de potássio.	40,8g Sulfato de amônio e 2,84g Cloreto de potássio.
20	20,4,g Sulfato de amônio e 10,6g Superfosfato simples.	10,6g Superfosfato simples e 1,42g Cloreto de potássio.	20,4g Sulfato de amônio e 1,42g Cloreto de potássio.

Nota: A letra D refere-se à bateria de teste efetuada. Os números 4, 5 e 6 seguem a numeração efetuada nos experimentos, estando vinculados aos procedimentos experimentais. Manteve-se a numeração para facilitar a identificação por parte do pesquisador.

Resultados

Após a primeira hora, observou-se que nos tratamentos D4.20, D4.40, D4.50, D4.60, D4.80, D6.20, D6.40, D6.50, D6.60 e D6.80 as minhocas tentaram sair do recipiente, enquanto que nos tratamentos D5.60 e D5.80 as minhocas estavam distribuídas superficialmente pelo substrato. Nos demais recipientes (D5.20, D5.40 e D5.50), as minhocas aprofundaram-se no substrato.

Na segunda hora de experimentação, as minhocas presentes nos tratamentos D4.60, D4.80, D6.60 e D6.80 estavam mortas. Nos tratamentos D4.20, D4.40, D4.50, D6.20, D6.40 e D6.50 os indivíduos buscavam fugir do recipiente e no tratamento D5.80 apenas 10% dos indivíduos tentaram fugir. Nos tratamentos D5.20, D5.40 D5.50 e D5.60 as minhocas estavam infiltradas no substrato.

Após a terceira hora, os recipientes D4.50 e D6.50 apresentavam uma porcentagem de indivíduos mortos (60% e 90%, respectivamente). Nos recipientes D4.20, D4.40, D6.20 e D6.40 as minhocas continuavam a tentar fugir dos recipientes. Destes recipientes, os de número D6.20 e D6.40 continham minhocas apresentando já certa contração muscular. Nos recipientes D5.20, D5.40, D5.50, D5.60, D5.80 as minhocas estavam infiltradas no substrato, porém apresentando 10% de tentativa de fuga nos recipientes D5.50, D5.60 e D5.80.

Após a sexta hora de experimentação, nos recipientes D4.20 e D4.40 as minhocas apresentavam alto índice de contração muscular. Nos recipientes D5.20, D5.40, D5.50, D5.60 elas aparentavam calma (comportamento normal), não apresentando tentativas de fuga e distribuindo-se aproximadamente a 1,5cm de profundidade no substrato. No recipiente D5.80 as minhocas estavam agitadas apresentando um índice de fuga de 20%.

Após a décima segunda hora, os recipientes D4.20, D4.40, D4.50, D4.60, D4.80, D6.20, D6.40, D6.50, D6.60 e D6.80 apresentaram índice de mortalidade de 100%. As minhocas presentes no recipiente D5.80 continuavam na superfície do substrato mas não apresentavam contração muscular. Já as minhocas presentes nos recipientes D5.20, D5.40, D5.50 e D5.60 apresentavam-se calmas e distribuídas a 2cm de profundidade no substrato. Este é um comportamento típico da espécie.

Conclusão

Observou que as minhocas não sobrevivem à adição do nutriente sulfato de amônio ao substrato alimentar, mesmo em baixas concentrações (20%).

A adição da mistura superfosfato simples e cloreto de potássio apresentou determinada reação quando presente na maior concentração (80%), sendo necessários

novos experimentos que permitam verificar a influência de tempos de adaptação a este regime alimentar.

Estes resultados mostraram que a proporção 2:1 de Superfosfato simples e Cloreto de potássio numa concentração total de 60% do valor inicial conduzem a uma situação “mais confortável” para a sobrevivência das minhocas. Contudo, como não houve morte para esta combinação de nutrientes minerais, uma afirmação definitiva é ousada. Registra-se, entretanto que a busca do “caminho ótimo para a sobrevivência das minhocas” conduziu a uma concentração total de fertilizante mineral de 1,8%, bem abaixo dos 6% mínimos por lei para a produção de fertilizantes organominerais.

Este resultado nos surpreende e indica haver um hiato relativo ao conhecimento das reações orgânicas das minhocas e das necessidades das plantas, pelo menos quando se pretende utilizar fertilizantes minerais para a produção de fertilizantes organominerais.

Ou seja, a lacuna se localiza na interface relativo ao convívio planta – minhoca – uso de fertilizantes minerais.

A primeira conclusão, no atual estágio de conhecimento adquirido, é que as condições limitantes ao uso de uma ou outra metodologia são mutualmente exclusivas.

FIGURA 1 – Fluxograma dos procedimentos preliminares à montagem do experimento, sendo que os quadros em 3D correspondem aos experimentos que ocasionaram o menor número de mortalidade de minhocas. As letras representam os diferentes experimentos efetuados (itens 4.2.1; 4.2.3; 4.2.4; 4.2.5).

4.3 O processo de vermicompostagem do composto de lixo orgânico urbano consorciado com resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína, enriquecidos com fertilizantes minerais

Os resultados anteriores demonstraram que os objetivos inicialmente traçados sofrem uma restrição quanto ao enriquecimento com fertilizante mineral.

A restrição é total quanto ao uso de sulfato de amônio. Aparentemente há restrições quanto à concentração máxima admissível dos demais componentes, incompatibilizando esta concentração com a mínima recomendada para a agricultura.

Contudo, como nos experimentos anteriores não foi observada mortalidade na ausência de Sulfato de amônio, buscou-se trabalhar com concentrações acima do valor 1,8% mencionado (60% de P-K na proporção 2:1).

Iniciou-se então a segunda fase dos experimentos considerando de forma geral os resultados ótimos da primeira fase, com exceção do limite de concentração de nutrientes minerais, uma vez que os resultados não foram definitivos quanto à intolerância das minhocas à concentrações elevadas de P-K.

4.3.1 Preparo do fertilizante composto

Primeiramente fez-se a homogeneização do composto de lixo domiciliar urbano e do resíduo de processamento de derivados de carne bovina e suína mediante revolvimento, em 10 sacos plásticos de 10 litros, sendo as misturas preparadas em base seca (secagem ao sol), em proporções estabelecidas em peso de composto de lixo

domiciliar urbano por peso de resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína (estrume), conforme indicado a seguir (decorrente do primeiro experimento):

- 80% de composto de lixo domiciliar urbano.
- 20% de resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína.

Os pesos dos resíduos orgânicos, para cada vaso, correspondentes às proporções foram:

- 4.000 g de composto de lixo domiciliar urbano.
- 1.000 g de resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína.

4.3.2 Preparo do fertilizante organomineral

Após o preparo do fertilizante composto descrito no item 4.3.1, foram adicionadas e homogeneizadas quantidades de nutrientes minerais (superfosfato simples e cloreto de potássio), obtendo assim, o fertilizante organomineral.

Na proporção original (2:1) de fertilizante mineral, em 100% de material obtêm-se pelo processo de passos múltiplos (ver anexo F) os seguintes valores:

• 369,7g de superfosfato simples (P);
• 58,9g de cloreto de potássio (K).

Os desvios associados ao método desenvolvido por Kiehl (ver anexo C) são relativamente pequenos e representam os seguintes valores:

• 393,1g de superfosfato simples (P);
• 55,2g de cloreto de potássio (K).

Como já frisado, a literatura sugere o uso de no mínimo de 6% de fertilizante mineral (no caso, P + K). A proporção 2:1 representa apenas um total de 3%.

Assim para o presente trabalho, a primeira opção de cálculo foi simplesmente duplicar a proporção absoluta dos compostos (4% e 2%), mantendo-se a relação 2:1 entre eles. Com este procedimento atingiu-se as quantidades de 887,5g de superfosfato simples (P) e 164,5g de cloreto de potássio (K) utilizando o processo de múltiplos passos (ver anexo H). Pelo método de Kiehl, os valores são de 893,1g de superfosfato simples e 166,2g de cloreto de potássio (ver anexo E).

Nota-se que estas quantidades correspondem a 100% do material total a ser inicialmente misturado que superam, em muito, os valores de 100% de relação 2:1. Para diminuir estas quantidades usou-se como primeira aproximação as informações obtidas na tabela 6, ou seja, usou-se o “ótimo” de 60% das concentrações.

Contudo, a quantidade de material é ainda superior aos valores de 100% para a proporção 2:1. A quantidade de 6% na proporção 4:2 mostra que as minhocas provavelmente abandonariam o substrato.

Não havendo mais vínculos possíveis com as proporções anteriores (para P e K buscando 6% de minerais) procurou-se simplificar as proporções dos dois compostos entre si (relação 1:1) e verificar a quantidade dos mesmos que produz um total próximo a 3% de minerais.

Assim, liberou-se a proporção de cloreto de potássio (K), por constituir a menor contribuição no composto final e manteve-se o valor de superfosfato simples (P). Ou seja, buscou-se uma formulação que garantisse fósforo (P) em torno de 370g.

A proporção mais adequada obtida foi a razão 3:3 (em porcentagem) utilizando redução de massa de 60% (coincidindo com as informações da tabela 6). Pelos dois métodos aqui utilizados, esta proporção (já reduzida em 60%) produziu:

• Pelo método de Kiehl:	<ul style="list-style-type: none"> • 385,85g de superfosfato simples (P). • 133,10g de cloreto de potássio (K).
• Pelo método de passos múltiplos:	<ul style="list-style-type: none"> • 379,95g de superfosfato simples (P). • 157,85g de cloreto de potássio (K).

Verifica-se que o potássio (K) teve sua quantidade aproximadamente triplicada. A concentração total de minerais é de 3,6% (valores próximos aos 3% para 100% de P-K na proporção 2:1 e o dobro do valor da relação “ótima” de 1,8% para o substrato alimentar adequado às minhocas.

A impossibilidade de manter as proporções do tabela 6, duplicando o valor absoluto dos componentes minerais mostra que mais experimentos envolvendo diferentes proporções devem ser ainda conduzidos. Aceitou-se esta primeira proporção para a vermicompostagem com um experimento exploratório.

Frisa-se que as indicações e a sensibilidade criadas com a metodologia seguida permitiram viabilizar este experimento.

Os resultados mostraram que, de fato, está se trabalhando em uma região limítrofe para a sobrevivência das minhocas.

A questão de como padronizar o restante do experimento tendo seguido inicialmente o método de Kiehl foi resolvido mantendo-se a mesma metodologia, ou seja, as referências de massa são derivadas do método de Kiehl.

4.3.3 Determinação da quantidade de minhocas

No processo de vermicompostagem, dois fatores são importantes: a quantidade de minhocas e a qualidade do substrato alimentar (fertilizante orgânico, fertilizante

composto ou fertilizante organomineral). Informações obtidas desta relação determinarão o tempo de duração do processo de vermicompostagem.

Para evitar provável interferência dos indivíduos jovens nos resultados experimentais, o tempo de duração do experimento foi estipulado em 30 dias. A quantidade de substrato alimentar vermicompostável é de 5.000g para cada vaso, apresentando a média de 33,22% de matéria orgânica total (1.661g) que, segundo MOURA (1999) ², é o que fornece energia para a manutenção do metabolismo da minhoca. Para efetuar o cálculo da população de minhocas acrescentada ao experimento utilizou-se a tabela 7, gerada no presente trabalho.

TABELA 7 – Peso, medidas e médias de peso e comprimento de minhocas adultas.

Minhoca.	Peso (g).	Comprimento (cm).
01	1,40	16,0
02	1,52	17,0
03	1,44	18,0
04	1,93	21,0
05	1,79	18,5
06	1,90	19,0
07	1,16	14,0
08	1,71	18,5
09	1,36	16,0
10	1,99	22,0
Média	1,62	18,00

(OBS: O comprimento foi medido durante a retração muscular no movimento da minhoca).

² MOURA, M.R. (1999). (UFU. Departamento de Agronomia). Comunicação pessoal.

Novamente segundo MOURA (1999), sabe-se que as minhocas consomem aproximadamente o equivalente a seu peso por dia, ou seja, 1,6g/dia. Assim em 30 dias uma minhoca consome aproximadamente 48g. Com uma margem de acerto de 10%, 38 minhocas (aproximadamente 60g) consomem as 1.661g de matéria orgânica presente no substrato alimentar vermicompostável.

4.4 Montagem do experimento

Na Estação Experimental do Departamento de Agronomia foi disposta uma mesa de madeira de sete metros de comprimento e um metro de altura, onde foram colocados dez vasos cerâmicos (tronco cônicos), com altura útil de 0,35m, diâmetro inferior de 0,25m e diâmetro superior de 0,35m. Estes apresentavam, na parte inferior, um orifício, ideal para a colocação de uma mangueira plástica responsável pela condução da água percolada até as garrafas plásticas (tipo PET - 2 litros) colocadas no chão. Ver figura 2.

FIGURA 2: Fotografia da distribuição espacial do experimento em vasos de cerâmica.

Todo o sistema foi montado em casa de vegetação, coberta e revestida com sombrite (50%). Esta providencia diminuiu significativamente a incidência de raios solares sobre os vasos atuando favoravelmente na diminuição do processo de evaporação, deixando o ambiente mais adequado às minhocas.

As tabelas 8 e 9 mostram a organização experimental utilizando cinco vasos com minhocas e cinco vasos sem minhocas, com e sem fertilizante mineral.

TABELA 8 – Conteúdo dos vasos para o experimento na presença de minhocas.

Vaso “1”	Vaso “2”	Vaso “3”	Vaso “4”	Vaso “5”
60g M.	60g M.	60g M.	60g M.	60g M.
0g P.	0g P.	385,85g P.	385,85g P.	385,85g P.
0g K.	0g K.	133,1g K.	133,1g K.	133,1g K.
1000g E.	1000g E.	1000g E.	1000g E.	1000g E.
4000g C.	4000g C.	4000g C.	4000g C.	4000g C.

M= Minhocas; P= Superfosfato simples; K= Cloreto de potássio; E= Resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína; C= Composto de lixo domiciliar urbano.

Subtotal: 300g minhocas (M); 1.157,55g superfosfato simples (P); 399,3g cloreto de potássio (K); 20.000g composto de lixo domiciliar urbano (C) e 5.000g resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos (E).

TABELA 9: Conteúdo dos vasos para o experimento na ausência de minhocas.

Vaso “6”	Vaso “7”	Vaso “8”	Vaso “9”	Vaso “10”
0 g M	0 g M	0g M.	0g M.	0g M.
0g P.	0g P.	385,85g P.	385,85g P.	385,85g P.
0g K.	0g K.	133,1g K.	133,1g K.	133,1g K.
1000g E	1000g E	1000g E	1000g E	1000g E
4000g C.	4000g C.	4000g C	4000g C	4000g C

M= Minhocas; P= Superfosfato simples; K= Cloreto de potássio; E= Resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína; C= Composto de lixo domiciliar urbano.

Subtotal: 0g minhocas (M); 1.157,55g superfosfato simples (P); 399,3g cloreto de potássio (K); 20.000g composto de lixo domiciliar urbano (C) e 5.000g resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos (E).

4.5 Metodologia das análises da mistura composto de lixo orgânico urbano/resíduos do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos

4.5.1. – Coleta das amostras

Para a coleta de amostras foi utilizado becker de vidro (100ml), introduzido verticalmente, até sua altura total, em três pontos distintos de cada vaso. As três porções assim obtidas foram colocadas em saco plástico, homogeneizadas e quarteadas uma vez, obtendo-se assim uma amostra de material representativo.

As amostras foram embaladas em sacos plásticos resistentes, lacradas para não perder a umidade, recebendo em seguida etiqueta de identificação com nome, data, local e natureza do material (KIEHL, 1985).

Este procedimento foi seguido no início do experimento (26/09/1999), no período intermediário (21/10/1999) e no final do experimento (05/11/1999). Para as três datas foram realizadas determinações analíticas semelhantes, visando comparação da evolução dos componentes no substrato.

Os objetivos desta fase dos trabalhos foram:

- Avaliar a ação das minhocas no processo de vermicompostagem do fertilizante organomineral;
- Verificar a condição de adaptação das minhocas a um substrato alimentar com concentração de fertilizante mineral superior aos 1,8% sugeridos pelas testes de tolerância alimentar (Ver fluxograma da figura 1).

4.5.2 Determinações analíticas

As análises descritas a seguir foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP), segundo metodologia descrita por KIEHL (1985).

- Potencial hidrogeniônico (pH).
- Umidade perdida a 60 – 65 °C.
- Umidade perdida entre 65 – 100 °C.
- Umidade total.
- Inertes.
- Matéria orgânica total.
- Matéria orgânica compostável.
- Carbono total (orgânico e mineral).
- Carbono orgânico.
- Resíduo mineral total.
- Resíduo mineral insolúvel.
- Resíduo mineral solúvel.
- Nitrogênio total.
- Fósforo total.
- Potássio total.
- Cálcio total.
- Magnésio total.
- Enxofre total.
- Relação C/N (C total e N total).
- Relação C/N (C orgânico e N total).

4.6 Metodologia estatística para o experimento

Segundo AYRES (1998) a metodologia estatística adequada para o experimento é o uso de ANOVA.

4.6.1 ANOVA: Um critério.

A designação ANOVA deriva da expressão inglesa *Analysis of Variance*, utilizando o F-teste (assim denominado em homenagem à Fisher), destinando-se a comparar mais de duas amostras cujos dados devem ser mensurados em escala intervalar ou de razões. Utiliza-se o critério de comparar as variações entre os quadrados médios das diferenças entre as médias amostrais, podendo as amostras serem do mesmo tamanho ou desiguais.

Valores cujo “p” seja menor ou igual a 0,05 são significantes ($p \leq 0,05$) e valores maiores são considerados não significantes ($p > 0,05$).

5 Resultados e Discussão dos Experimentos em Vasos

Os resultados das análises feitas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP), concernentes a todos os parâmetros considerados relevantes estão apresentados, na forma de tabelas para os valores de cada vaso, no ANEXO A3 (referente à fase inicial do experimento), no ANEXO A4 (referente à fase intermediária do experimento) e no ANEXO A5 (referente à fase final do experimento).

De acordo com a metodologia seguida (capítulo 4), o estudo foi inicialmente direcionado para a utilização de um substrato alimentar que fosse física e quimicamente viável às minhocas, que permitisse a ação destas, para a obtenção de um vermicomposto de melhor qualidade, a partir de um composto orgânico, satisfazendo as especificações das normas recomendadas pela Legislação (ver tabela 3, capítulo 3.4). Como já foi frizado, o resultado dos testes de tolerância alimentar impedem o uso das normas. Assim o redirecionamento deste estudo considerou a verificação da melhoria da qualidade do vermicomposto utilizando 3,6% de fertilizante mineral.

A período de duração do experimento (05/10 a 04/11) foi escolhido a partir de dados de literatura, porém admite-se que este não seja necessariamente o prazo a ser seguido para a obtenção de vermicompostos. O período de duração do processo de vermicompostagem depende de alguns fatores como a relação quantidade de substrato alimentar fornecido às minhocas/ quantidade de minhocas utilizadas no processo, e também da espécie escolhida para o processo. Cada espécie tem o seu valor de consumo alimentar diário determinando assim o tempo de duração do processo de vermicompostagem, diferente dos quarenta e cinco (45) dias comumente difundidos e utilizados em minhocários.

Inicialmente esperava-se que houvessem tendências de crescimento para diferentes constituintes analisados (melhoria do vermicomposto) que deveria conduzir a uma avaliação temporal necessária para atingir a condição mencionada.

Os dados obtidos são apresentados de forma organizada e as discussões permitem conduzir à conclusão aqui apresentada.

5.1 Duração do experimento

O experimento foi realizado em um período de trinta (30) dias para que não ocorressem influências de indivíduos jovens, já que a quantidade de alimento foi dimensionada para proporcionar a sobrevivência de um determinado número de indivíduos adultos, não considerando uma nova geração.

5.2 Teor de umidade

O teor de umidade foi mantido, durante todo período de experimentação, em torno de 50%. Esse valor deve-se à manutenção da vida das minhocas que necessitam de um determinado grau de umidade do substrato para a realização de trocas gasosas (respiração), para a sua locomoção e ingestão de alimento (PASCHOAL,1996). Confirmou-se a manutenção de 50% de umidade efetuando a secagem em estufa a 65°C. Os desvios em relação ao valor indicado sempre foram pequenos.

5.3 Temperatura

Durante o processo de vermicompostagem registrou-se a temperatura do substrato alimentar, a temperatura ambiente, a temperatura ambiente máxima e a temperatura ambiente mínima. Os dados foram coletados em dias alternados, sempre no período matutino. A figura 3 mostra a variação das temperaturas citadas durante o processo de vermicompostagem (anexo I).

Importante indicador de qualidade do meio para o desenvolvimento das minhocas, a temperatura do substrato alimentar apresentou, durante todo o processo de vermicompostagem, valor mínimo de 17°C e máximo de 26°C, adequados ao desenvolvimento das minhocas (PASCHOAL,1996).

FIGURA 3: Gráfico de variação de temperatura (°C) durante o processo de vermicompostagem (08/10/2000 – 04/11/2000).

5.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

A acidez é medida pelo índice pH. O mais comum é a determinação do pH em água. Todavia, seu valor fica sujeito a certas variações, principalmente em função da presença de sais na amostra, que reduz o valor do pH. Por isso, ao invés de água, usam a solução de CaCl_2 0,01M, que permite manter constante a concentração salina (VALE,F.R; GUILHERME, L.R.G; GUEDES, G.A.A., 1998).

VALE et al. (1998) afirmam que solos ácidos, em geral, apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, favorecem o processo de lixiviação, exercem fundamental

papel no aproveitamento de nutrientes aplicados ao solo pelas plantas e na atividade biológica de microrganismos presentes no solo. Segundo ALMEIDA (1996), ambientes ácidos são desfavoráveis às minhocas devido a falta de íons livres de cálcio, para a manutenção do pH mais alto no sangue.

Durante o experimento, todos os vasos apresentam valores de "pH" próximos da neutralidade (7,0), ideal à sobrevivência das minhocas, portanto, é um fator que não está relacionado à mortandade de minhocas apresentado na tabela 11.

A tabela 10 apresenta as variações de pH durante o processo de vermicompostagem.

TABELA 10: Variação do potencial hidrogeniônico (pH) durante o processo de vermicompostagem (pH em CaCl_2 - 0,01M).

Vasos	pH em CaCl_2 - 0,01M		
	Período inicial do experimento (26/09/1999)	Período intermediário do experimento (21/10/1999)	Período final do experimento (05/11/1999)
Vaso 1	7,8	7,8	7,8
Vaso 2	7,6	7,9	7,8
Vaso 3	6,9	7,6	7,0
Vaso 4	6,8	7,7	7,1
Vaso 5	7,5	7,6	7,2
Vaso 6	7,5	7,8	7,9
Vaso 7	7,5	7,8	7,8
Vaso 8	6,1	7,6	7,3
Vaso 9	6,3	7,5	7,2
Vaso 10	6,5	7,6	7,2

5.5 Caracterização do composto de lixo orgânico urbano e do resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos

Os resultados da análise química de material orgânico da amostra de composto de lixo orgânico urbano (Anexo A1, Quadro 1) e de resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos (Anexo A2, Quadro 2) mostram grande diferença entre as porcentagens de matéria orgânica total e de resíduo mineral total das amostras, determinados em base seca 110° C.

Mostrou-se a baixa porcentagem de matéria orgânica total (34,45%) e a alta taxa de resíduo mineral total (56,31%) presente no composto de lixo orgânico, diferente dos índices encontrados no resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos que apresentaram valores de 61,31% de matéria orgânica total e 38,69% de resíduo mineral total.

Esses fatores, elevada porcentagem de resíduo mineral total, baixa porcentagem de matéria orgânica total presente no composto de lixo orgânico, combinados à necessidade de água para a manutenção da umidade do substrato, promovem o endurecimento do mesmo, dificultando a locomoção e a alimentação das minhocas, fato observado no teste de adaptação alimentar à mistura composto de lixo domiciliar urbano/ resíduo do processamento de derivados de carne bovina e suína.

Como já foi mencionado, portanto, a baixa qualidade do composto de lixo orgânico inviabilizou o processo de vermicompostagem utilizando exclusivamente tal material, sendo necessário acrescentar resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos, proporcionando condições ambientais (físicas) mínimas para a sobrevivência das minhocas.

5.6 Resultados das análises químicas e físicas da mistura composto de lixo orgânico urbano/resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos

Os resultados da análise química de material orgânico das amostras da mistura composto de lixo orgânico urbano/resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos (Anexo A3) mostram grande diferença entre as determinações para os diferentes vasos, até mesmo em base seca (110° C). Explica-se que a expectativa seria de se obter valores semelhantes pelo menos na fase inicial do experimento, uma vez que partiu-se de um mesmo substrato alimentar homogeneizado.

Friza-se, ainda que as amostras recolhidas possuíam volume apreciável em relação ao total contido no vaso.

Observa-se que a diferença entre as porcentagens de matéria orgânica total e resíduo mineral total presente no composto de lixo domiciliar urbano (Anexo A1), no resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos (Anexo A2) e na mistura composto/resíduo (Anexo A3) não demonstra melhoria química, mas sugere uma melhoria de qualidade física para a mistura proposta. Lembra-se que essa melhora poderia ser mais significativa aumentando a porcentagem de resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e suínos na mistura.

5.7 A proporção de fertilizante mineral utilizado e a sobrevivência das minhocas

Como comentado, foi utilizado a proporção de 3,6% de fertilizante mineral no substrato alimentar. A indicação da 1ª fase foi de que com 1,8% de fertilizante mineral adicionado ao substrato alimentar vermicompostável as minhocas estavam adaptadas a

tal meio, enquanto alguma interferência foi observado utilizando 3% de fertilizante mineral, sem mortandade.

A tabela 11 mostra que em todos os vasos houve mortandade (considerando a massa inicial de 60g de minhocas).

TABELA 11: Controle do peso total de minhocas após o processo de vermicompostagem (20/11/99).

Vasos	Quantidade	Observação.
Vaso 1	55g	Indivíduos jovens e adultos (tamanho médio), ocupando Todo substrato.
Vaso 2	41g	Indivíduos jovens e adultos (tamanho médio), ocupando Todo substrato.
Vaso 3	36g	Indivíduos jovens (tamanho pequeno), ocupando parte Superior do substrato.
Vaso 4	31g	Indivíduos jovens (tamanho pequeno), ocupando parte Superior do substrato.
Vaso 5	36g	Indivíduos jovens (tamanho pequeno), ocupando, predominantemente a parte superior do substrato.

Verifica-se que nos vasos 1 e 2, que não contém fertilizantes minerais a mortandade total foi menor do que nos vasos que contém os fertilizantes. Ou seja, em quantidades:

- Vasos sem fertilizantes: $1 - \left(\frac{55 + 41}{120}\right) = 20\%$
- Vasos com fertilizantes $1 - \left(\frac{36 + 31 + 36}{180}\right) = 42\%$

A diferença é grande e não deve ser desprezada. Contudo nem toda a mortandade observada nos vasos com fertilizante mineral pode ser associada diretamente com a presença deste. Embora mais ensaios sejam necessários, acredita-se que a mortandade verificada nos vasos sem fertilizante possa estar associada a “stress”

alimentar (mudança abrupta de dieta), ao ambiente (mudança de estrume bovino para um ambiente com condições de conforto limítrofes para as minhocas).

Adicionalmente, concluiu-se que, de fato, a faixa inicial indicada para a concentração de fertilizantes minerais (1,8 – 3,0%) representa uma região limítrofe para a sobrevivência das minhocas, uma vez que houve maior mortandade global nos vasos que continham os fertilizantes mencionados.

5.8 Resultados e discussão dos parâmetros analisados

No item 4.4.2 estão descritos todas as análises efetuadas em laboratório.

Para melhor visualizar o efeito do tempo sobre o processo de vermicompostagem, foram escolhidos aqueles parâmetros que se esperava viessem a apresentar modificações devido à presença das minhocas. No presente item são apresentados os resultados de teor de inertes, resíduo mineral total, matéria orgânica total, matéria orgânica compostável, nitrogênio total, fósforo total, potássio total, cálcio total, magnésio total, enxofre total. Os resultados referentes às demais análises encontram-se nos anexos A3, A4 e A5.

Partiu-se de amostras que apresentavam a mesma situação experimental (vasos 1 e 2; vasos 3,4 e 5; vasos 6 e 7; vasos 8,9 e 10) e mesmo tempo de ensaio para, posteriormente, efetuar as comparações cabíveis, buscando informações sobre o processo de vermicompostagem. As comparações são feitas nos gráficos a seguir, que representam os grupos mencionados em conjunto.

5.8.1 Teor de inertes

A tabela 13 foi obtida calculando médias e desvios padrões dos resultados das amostras experimentais da tabela 12.

TABELA 12: Variação do teor de inertes (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	14,80	5,11	7,31	8,42	4,77	10,60	6,57	9,96	7,88	4,69
20/10	7,37	6,40	7,80	7,89	6,49	13,72	8,32	9,19	7,21	5,97
05/11	8,90	5,22	3,49	3,52	5,18	5,33	3,92	2,17	11,97	6,54

TABELA 13: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem

Data	PM		AM	
	Presença de Minhocas.		Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)
05/10	10,0 / $\pm$ 6,80	6,9 / $\pm$ 1,90	8,6 / $\pm$ 2,85	7,5 / $\pm$ 2,65
20/10	6,9 / $\pm$ 0,68	7,4 / 0,78 $\pm$	11,0 / $\pm$ 3,82	7,5 / $\pm$ 1,62
05/11	7,0 / $\pm$ 2,60	4,1 / 0,96 $\pm$	4,6 / $\pm$ 0,99	6,9 / $\pm$ 4,90

PM – presença de minhocas; **PF** – presença de fertilizante mineral;

AM – ausência de minhocas; **AF** – ausência de fertilizante mineral;

A figura 4 apresenta graficamente os valores das médias da tabela 13.

Mostra que há tendência geral de diminuição dos valores médios, sem distinção entre presença de minhocas ou uso de fertilizantes minerais. A incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão, mostra que há uma margem muito grande de oscilação permitida para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de

incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

• PMAF: $-3 / \pm 9,4$.	• AMAF: $-4 / \pm 3,8$.
• PMPF: $-2 / \pm 2,9$.	• AMPF: $-0,6 / \pm 7,6$.

Nota-se que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto. Analisando as amostras utilizando ANOVA, observa-se que os valores das médias gerais foram maiores que 0,05 portanto, não significantes ($p > 0,05$), ou seja, que presença ou ausência de minhocas e/ou fertilizantes minerais não alteraram significativamente o teor de inertes.

FIGURA 4: Gráfico da variação dos valores médios de inertes no processo de vermicompostagem.

5.8.2 Teor de matéria orgânica total

A tabela 15 foi obtida calculando médias e desvios padrões dos resultados das amostras experimentais da tabela 14.

TABELA 14: Variação do teor de matéria orgânica total (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	31,91	33,19	33,14	35,57	35,90	34,87	32,80	32,65	30,34	31,89
20/10	27,47	32,51	29,99	31,06	28,42	28,81	27,39	30,71	33,12	28,30
05/11	29,86	29,04	32,71	31,02	27,61	27,06	30,17	29,56	25,30	27,54

TABELA 15: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.

Data	PM		AM	
	Presença de Minhocas.		Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / ± DP)	Com Fertilizante (Média / ± DP)	Sem Fertilizante (Média / ± DP)	Com Fertilizante (Média / ± DP)
05/10	32,5 / ± 0,91	35,0 / ± 1,51	34,0 / ± 1,46	31,5 / ± 1,18
20/10	30,0 / ± 3,56	29,9 / ± 1,33	28,0 / ± 1,00	30,5 / ± 2,41
05/11	29,5 / ± 0,58	30,5 / ± 2,60	28,5 / ± 2,20	27,5 / ± 2,14

PM – presença de minhocas; PF – presença de fertilizante mineral; AM – ausência de minhocas; AF – ausência de fertilizante mineral;
--

O figura 5 apresenta o gráfico dos valores médios de matéria orgânica total mostrados na tabela 15.

Mostra que há uma clara tendência geral de diminuição dos valores médios, sem distinção entre presença de minhocas ou uso de fertilizantes minerais. A incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão, mostra que há uma margem grande de oscilação

permitida para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

• PMAF: -3 / $\pm 1,5$.	• AMAF: -5,4 / $\pm 3,7$.
• PMPF: -4,5 / $\pm 4,1$.	• AMPF: -4,1 / $\pm 3,3$.

Nota-se, mais uma vez, que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto. Quando realizado análise das amostras utilizando ANOVA, observa-se que os valores das médias gerais foram maiores que 0,05 portanto, não significantes ($p > 0,05$), ou seja, que presença ou ausência de minhocas e/ou fertilizantes minerais não alteraram significativamente o teor de matéria orgânica total.

FIGURA 5: Gráfico da variação dos valores médios de matéria orgânica total no processo de vermicompostagem

5.8.3 Teor de matéria orgânica compostável.

A tabela 17 foi obtida calculando as médias e desvios padrões dos resultados das amostras experimentais da tabela 16.

TABELA 16: Variação do teor de matéria orgânica compostável (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	24,99	25,07	29,95	25,96	31,08	22,08	28,21	19,68	19,75	22,61
20/10	27,38	12,95	21,41	21,41	26,58	17,91	25,87	18,91	30,52	17,42
05/11	21,99	28,49	23,75	29,10	25,97	17,65	14,76	22,06	10,14	22,60

TABELA 17: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.

Data	PM		AM	
	Presença de Minhocas.		Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)
05/10	25,0 / $\pm$ 0,06	29,0 / $\pm$ 2,69	25,1 / $\pm$ 4,33	20,7 / $\pm$ 1,67
20/10	20,2 / $\pm$ 10,20	23,1 / $\pm$ 2,98	21,9 / $\pm$ 5,63	22,3 / $\pm$ 7,17
05/11	25,2 / $\pm$ 4,60	26,3 / $\pm$ 2,69	16,2 / $\pm$ 2,04	18,3 / $\pm$ 7,04

PM – presença de minhocas; **PF** – presença de fertilizante mineral;

AM – ausência de minhocas; **AF** – ausência de fertilizante mineral;

O figura 6 apresenta o gráfico dos valores médios de matéria orgânica compostável mostrados na tabela 17.

Mostra que há uma tendência geral de diminuição dos valores médios, na ausência das minhocas sem distinção entre o uso de fertilizantes minerais. Mostra também uma tendência geral de crescimento dos valores médios na presença de minhocas. Contudo, a incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão, mostra que há

uma margem grande de oscilação permitida para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

PMAF: + 0,2 / $\pm$ 8,7.	AMAF: - 8,9 / $\pm$ 5,4.
PMPF: - 2,7 / $\pm$ 6,4.	AMPF: - 2,4 / $\pm$ 4,6.

Nota-se, mais uma vez, que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto entretanto, analisando as amostras utilizando ANOVA, observa-se que os valores das médias gerais onde a minhoca está presente foram menores que 0,05, portanto significantes ($p \leq 0,05$), ou seja, que a presença de minhocas influenciou no teor de matéria orgânica compostável.

A presença de fertilizantes minerais, não alterou significativamente o teor de matéria orgânica compostável. ($p > 0,05$).

FIGURA 6: Gráfico da variação dos valores médios de matéria orgânica compostável no processo de vermicompostagem

5.8.4 Teor de resíduo mineral total

A partir da tabela 18 (variação do teor de resíduo mineral total) analisou-se, estatisticamente, o papel da minhoca no processo de vermicompostagem.

TABELA 18: Variação do teor de resíduo mineral total (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	53,29	61,70	59,55	56,01	59,33	54,53	60,63	57,38	61,78	63,48
20/10	65,15	61,09	62,21	61,05	65,09	57,47	64,29	60,10	59,68	65,73
05/11	61,25	65,74	63,80	65,46	67,21	67,61	65,91	68,27	62,73	65,92

TABELA 19: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.

Data	PM Presença de Minhocas.		AM Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)
05/10	57,5 / $\pm$ 5,95	58,3 / $\pm$ 1,98	57,6 / $\pm$ 4,31	60,9 / $\pm$ 3,15
20/10	63,1 / $\pm$ 2,87	62,8 / $\pm$ 2,08	60,9 / $\pm$ 4,82	61,9 / $\pm$ 3,38
05/11	63,5 / $\pm$ 3,17	65,5 / $\pm$ 1,70	66,8 / $\pm$ 1,20	65,7 / $\pm$ 2,78

PM – presença de minhocas; **PF** – presença de fertilizante mineral;

AM – ausência de minhocas; **AF** – ausência de fertilizante mineral;

O figura 7 apresenta o gráfico dos valores médios de resíduo mineral total mostrados na tabela 19.

Mostra que há uma tendência geral de estabilização dos valores médios, sem distinção entre o uso de minhoca ou fertilizante mineral. Contudo, a incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão, mostra que há uma margem grande de oscilação permitida para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de

incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

PMAF: + 6,0 / $\pm$ 9,1.	AMAF: + 9,2 / $\pm$ 5,2.
PMPF: + 7,2 / $\pm$ 3,6.	AMPF: + 4,8 / $\pm$ 5,9.

Nota-se, mais uma vez, que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto.

Observou-se que os valores das médias gerais foram maiores que 0,05, portanto não significantes ao tratamento do teste ANOVA ($p > 0,05$), ou seja, que a presença ou não de minhocas e/ou fertilizantes minerais não alteraram significativamente o teor de resíduo mineral total.

FIGURA 7: Gráfico da variação dos valores médios de resíduo mineral total no processo de vermicompostagem

5.8.5 Variação do teor de nitrogênio total

A partir da tabela 20 (variação do teor de nitrogênio total) analisou-se, estatisticamente, o papel da minhoca no processo de vermicompostagem.

TABELA 20: Variação do teor de nitrogênio total (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	1,58	1,25	1,52	1,51	1,45	1,37	1,45	1,38	1,38	1,54
20/10	0,26	1,41	0,59	1,26	1,25	1,03	1,36	1,17	1,33	1,38
05/11	1,36	1,41	1,27	1,37	1,42	1,29	1,23	1,19	1,12	1,28

TABELA 21: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.

Data	PM Presença de Minhocas.		AM Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)
05/10	1,41 / $\pm$ 0,23	1,50 / $\pm$ 0,004	1,40 / $\pm$ 0,056	1,40 / $\pm$ 0,09
20/10	0,80 / $\pm$ 0,81	1,00 / $\pm$ 0,38	1,20 / $\pm$ 0,23	1,30 / $\pm$ 0,11
05/11	1,40 / $\pm$ 0,008	1,35 / $\pm$ 0,08	1,26 / $\pm$ 0,04	1,20 / $\pm$ 0,08

PM – presença de minhocas; **PF** – presença de fertilizante mineral;

AM – ausência de minhocas; **AF** – ausência de fertilizante mineral;

O figura 8 apresenta o gráfico dos valores médios de nitrogênio total mostrados na tabela 21.

Mostra que há tendência geral de diminuição dos valores médios das amostras ausentes de minhocas, sem distinção entre presença ou não de fertilizantes minerais e uma oscilação dos valores médios das amostras onde estão presentes as minhocas. Contudo, a incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão, mostra que há uma

margem grande de oscilação permitida para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

• PMAF: - 0,01 / $\pm 0,234$.	• AMAF: - 0,14 / $\pm 0,096$.
• PMPF: - 0,15 / $\pm 0,084$.	• AMPF: - 0,2 / $\pm 0,170$.

Nota-se que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto. Analisando as amostras utilizando ANOVA, observa-se que os valores das médias gerais foram não significantes ($p > 0,05$), ou seja, que presença de minhocas e/ou fertilizantes minerais a base de fósforo ou potássio não alteraram significativamente o teor de nitrogênio total.

FIGURA 8: Gráfico da variação dos valores médios de nitrogênio total no processo de vermicompostagem

5.8.6 Variação do teor de fósforo total

A partir da tabela 22 (variação do teor de fósforo total) analisou-se, estatisticamente, o papel da minhoca no processo de vermicompostagem.

TABELA 22: Variação do teor de fósforo total (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	0,92	0,76	2,35	2,01	2,32	0,90	0,81	2,13	2,46	2,35
20/10	0,52	2,23	0,70	2,06	2,06	0,66	0,58	2,13	2,18	2,19
05/11	0,89	1,06	2,40	2,50	0,97	0,74	0,80	2,49	2,14	2,35

TABELA 23: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.

Data	PM		AM	
	Presença de Minhocas.		Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)
05/10	0,80 / $\pm$ 0,11	2,20 / $\pm$ 0,19	0,85 / $\pm$ 0,60	2,30 / $\pm$ 0,16
20/10	1,40 / $\pm$ 1,21	1,60 / $\pm$ 0,78	0,60 / $\pm$ 0,05	2,10 / $\pm$ 0,03
05/11	1,00 / $\pm$ 0,12	1,90 / $\pm$ 0,85	0,80 / $\pm$ 0,04	2,30 / $\pm$ 0,17

PM – presença de minhocas; **PF** – presença de fertilizante mineral;

AM – ausência de minhocas; **AF** – ausência de fertilizante mineral;

O figura 9 apresenta o gráfico dos valores médios de fósforo total mostrados na tabela 22.

Mostra que há uma tendência geral de diminuição dos valores médios na ausência de fertilizantes minerais e uma tendência geral de crescimento dos valores médios na presença de fertilizantes minerais, sem influencia das minhocas no processo. Contudo, a incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão (tabela 23), mostra que há

uma margem grande de oscilação permitida para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

PMAF: + 0,2 / ± 0,23.	AMAF: - 0,05 / ± 0,64.
PMPF: - 0,3 / ± 1,04.	AMPF: 0 / ± 0,33.

Nota-se, mais uma vez, que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto.. Analisando as amostras utilizando ANOVA, observa-se que os valores das médias gerais onde a minhoca está presente foram maiores que 0,05 portanto, não significantes ($p > 0,05$), ou seja, que a presença de minhocas não influenciou no teor de fósforo total e que a presença de fertilizantes minerais alterou significativamente o teor de fósforo total ($p \leq 0,05$), independente da presença de minhocas.

FIGURA 9: Gráfico da variação dos valores médios de fósforo total no processo de vermicompostagem.

5.8.7 Variação do teor de potássio total

A partir da tabela 24 (variação do teor de potássio total) analisou-se, estatisticamente, o papel da minhoca no processo de vermicompostagem.

TABELA 24: Variação do teor de potássio total (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	0,75	0,79	1,29	1,28	1,39	0,87	0,79	1,19	1,18	1,29
20/10	0,37	0,78	0,39	0,75	0,75	0,70	0,42	1,02	0,94	0,96
05/11	0,40	0,35	0,40	0,46	0,67	0,40	0,46	0,79	0,63	0,76

TABELA 25: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.

Data	PM		AM	
	Presença de Minhocas.		Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)
05/10	0,80 / $\pm$ 0,03	1,30 / $\pm$ 0,06	0,80 / $\pm$ 0,56	1,20 / $\pm$ 0,06
20/10	0,60 / $\pm$ 0,29	0,60 / $\pm$ 0,20	0,60 / $\pm$ 0,20	0,90 / $\pm$ 0,20
05/11	0,40 / $\pm$ 0,03	0,50 / $\pm$ 0,14	0,40 / $\pm$ 0,04	0,70 / $\pm$ 0,08

PM – presença de minhocas; **PF** – presença de fertilizante mineral;

AM – ausência de minhocas; **AF** – ausência de fertilizante mineral;

O figura 10 apresenta o gráfico dos valores médios de potássio total mostrados na tabela 25.

Mostra que há uma tendência geral de diminuição dos valores médios, sem distinção entre presença de minhocas ou uso de fertilizantes minerais. A incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão, mostra que há uma margem grande de oscilação permitida para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de

incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

• PMAF: - 0,4 / $\pm 0,6$.	• AMAF: -0,4 / $\pm 0,6$.
• PMPF: - 0,8 / $\pm 0,2$.	• AMPF: -0,5 / $\pm 0,14$.

Nota-se, mais uma vez, que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto, utilizando ANOVA observa-se que os valores das médias gerais das amostras onde está presente fertilizante mineral foram menores que 0,05 portanto, significantes ($p \leq 0,05$), ou seja, que a presença de fertilizante mineral influenciou no teor de potássio total, afinal o fertilizante cloreto de potássio utilizado no experimento apresenta 50% de potássio em sua formulação.

A presença de minhoca não alterou significativamente o teor de potássio total ($p > 0,05$) das amostras.

FIGURA 10: Gráfico da variação dos valores médios de potássio total no processo de vermicompostagem.

5.8.8 Variação do teor de cálcio total

A partir da tabela 26 (variação do teor de cálcio total) analisou-se, estatisticamente, o papel da minhoca no processo de vermicompostagem.

TABELA 26: Variação do teor de cálcio total (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	2,14	2,19	3,66	3,47	3,79	2,36	2,25	3,36	3,62	3,72
20/10	2,35	3,89	2,74	3,69	3,64	2,48	2,40	3,80	4,01	3,87
05/11	2,30	2,11	3,55	4,63	3,43	2,16	1,97	3,36	3,11	3,38

TABELA 27: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.

Data	PM		AM	
	Presença de Minhocas.		Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)
05/10	2,20 / $\pm$ 0,03	3,60 / $\pm$ 0,16	2,30 / $\pm$ 0,08	3,50 / $\pm$ 0,18
20/10	3,10 / $\pm$ 1,08	3,30 / $\pm$ 0,53	2,40 / $\pm$ 0,05	3,90 / $\pm$ 0,10
05/11	2,20 / $\pm$ 0,13	3,90 / $\pm$ 0,66	2,00 / $\pm$ 0,13	3,30 / $\pm$ 0,15

PM – presença de minhocas; **PF** – presença de fertilizante mineral;

AM – ausência de minhocas; **AF** – ausência de fertilizante mineral;

O figura 11 apresenta o gráfico dos valores médios de cálcio total mostrados na tabela 27.

Mostra que há uma tendência geral de aumento dos valores médios na presença de fertilizante mineral sem distinção entre a presença ou ausência de minhocas. Ou seja, a presença de minhocas não altera o teor de cálcio total. Contudo, a incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão, mostra que há uma margem grande de oscilação permitida

para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

PMAF: + 0,2 / ± 0,23.	AMAF: - 0,05 / ± 0,64.
PMPF: - 0,3 / ± 1,04.	AMPF: 0 / ± 0,33.

Nota-se, mais uma vez, que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto. Analisando as amostras utilizando ANOVA, observa-se que os valores das médias gerais onde estão presentes os fertilizantes minerais foram menores que 0,05 portanto, significantes ($p \leq 0,05$), ou seja, que a presença de fertilizantes minerais influenciou no teor de cálcio total, afinal, o fertilizante superfosfato simples utilizado no experimento apresenta 50% de cálcio em sua formulação.

A presença das minhocas não alterou significativamente ($p > 0,05$) o teor de cálcio total.

FIGURA 11: Gráfico da variação dos valores médios de cálcio total no processo de vermicompostagem

5.8.9 Variação do teor de magnésio total

A partir da tabela 28 (variação do teor de magnésio total) analisou-se, estatisticamente, o papel da minhoca no processo de vermicompostagem.

TABELA 28: Variação do teor de magnésio total (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	0,25	0,28	0,28	0,26	0,28	0,26	0,24	0,25	0,25	0,31
20/10	0,22	0,25	0,25	0,24	0,26	0,27	0,24	0,24	0,24	0,27
05/11	0,23	0,23	0,22	0,38	0,24	0,25	0,25	0,25	0,23	0,22

TABELA 29: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.

Data	PM Presença de Minhocas.		AM Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)
05/10	0,26 / $\pm$ 0,021	0,27 / $\pm$ 0,011	0,25 / $\pm$ 0,014	0,27 / $\pm$ 0,034
20/10	0,23 / $\pm$ 0,021	0,25 / $\pm$ 0,010	0,25 / $\pm$ 0,021	0,25 / $\pm$ 0,017
05/11	0,23 / $\pm$ 0,0	0,28 / $\pm$ 0,09	0,25 / $\pm$ 0,0	0,23 / $\pm$ 0,015

PM – presença de minhocas; **PF** – presença de fertilizante mineral;

AM – ausência de minhocas; **AF** – ausência de fertilizante mineral;

A figura 12 apresenta o gráfico dos valores médios de nitrogênio total mostrados na tabela 29.

Mostra que há tendência geral de diminuição dos valores médios das amostras ausentes de minhocas, sem distinção entre presença ou não de fertilizantes minerais e uma oscilação dos valores médios das amostras onde está presente as minhocas. Contudo, a incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão (tabela 29), mostra que há

uma margem grande de oscilação permitida para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

• PMAF: - 0,03 / $\pm 0,021$.	• AMAF: 0,0 / $\pm 0,014$.
• PMPF: + 0,01 / $\pm 0,101$.	• AMPF: - 0,04 / $\pm 0,049$.

Nota-se que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto. Analisando as amostras utilizando ANOVA, observa-se que os valores das médias gerais foram não significantes ($p > 0,05$), ou seja, que presença ou ausência de minhocas e/ou de fertilizantes minerais não alteraram significativamente o teor de magnésio total.

FIGURA 12: Gráfico da variação dos valores médios de magnésio total no processo de vermicompostagem.

5.8.10 Variação do teor de enxofre total

A partir da tabela 30 (variação do teor de enxofre total) analisou-se, estatisticamente, o papel da minhoca no processo de vermicompostagem.

TABELA 30: Variação do teor de enxofre total (% em base seca).

Data	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6	Vaso 7	Vaso 8	Vaso 9	Vaso 10
05/10	0,17	0,18	1,05	0,92	1,05	0,24	0,21	0,93	1,00	1,01
20/10	0,20	0,93	0,25	0,97	0,92	0,17	0,15	0,93	0,89	1,00
05/11	0,23	0,22	1,09	1,13	1,06	0,19	0,19	1,03	0,91	1,06

TABELA 31: Média e desvio padrão durante o processo de vermicompostagem.

Data	PM Presença de Minhocas.		AM Ausência de Minhocas.	
	AF	PF	AF	PF
	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Sem Fertilizante (Média / $\pm$ DP)	Com Fertilizante (Média / $\pm$ DP)
05/10	0,17 / $\pm$ 0,007	1,00 / $\pm$ 0,075	0,22 / $\pm$ 0,021	0,98 / $\pm$ 0,043
20/10	0,56 / $\pm$ 0,510	0,71 / $\pm$ 0,040	0,16 / $\pm$ 0,014	0,94 / $\pm$ 0,055
05/11	0,22 / $\pm$ 0,007	1,09 / $\pm$ 0,035	0,19 / $\pm$ 0,0	1,00 / $\pm$ 0,079

PM – presença de minhocas; **PF** – presença de fertilizante mineral;

AM – ausência de minhocas; **AF** – ausência de fertilizante mineral;

A figura 13 apresenta o gráfico dos valores médios de enxofre total mostrados na tabela 31.

Mostra que há uma tendência geral de diminuição dos valores médios, na ausência das minhocas sem distinção entre o uso ou não de fertilizantes minerais. Mostra também uma tendência geral de crescimento dos valores médios na presença de fertilizantes minerais. Contudo, a incerteza nos dados, medidas pelo desvio padrão

(tabela 31), mostra que há uma margem grande de oscilação permitida para as médias apresentadas. Assim, considerando apenas a proporção de incertezas vinculadas ao desvio padrão (soma dos desvios padrões, no caso extremo), obtém-se:

PMAF: + 0,05 / $\pm 0,014$.	AMAF: - 0,03 / $\pm 0,021$.
PMPF: + 0,09 / $\pm 0,11$.	AMPF: +0,02 / $\pm 0,122$.

Nota-se, mais uma vez, que o desvio padrão extremo associado às medidas feitas (desvio maior do que o próprio valor médio calculado) dificulta concluir pela efetiva ação das minhocas na melhoria do vermicomposto. Analisando as amostras utilizando ANOVA, observa-se que os valores das médias gerais onde os fertilizantes minerais estão presentes foram significantes ($p \leq 0,05$), ou seja, que a presença de fertilizantes minerais influenciou no teor de enxofre total, afinal, o fertilizante superfosfato simples utilizado no experimento apresenta 12% de enxofre em sua formulação.

Os valores das médias gerais onde a minhoca está presente foram não significantes ($p > 0,05$), ou seja, a presença das minhocas não alterou significativamente o teor de enxofre total.

FIGURA 13: Gráfico da variação dos valores médios de enxofre total no processo de vermicompostagem.

6 Conclusão

O trabalho apresentado constituiu-se de duas fases; a saber:

- **1ª Fase:** Busca das condições “ótimas” para a adaptação das minhocas ao substrato alimentar.

Verificou-se que há incompatibilidade entre as recomendações de fertilizantes (orgânicos e minerais) para as culturas vegetais e a tolerância das minhocas ao mesmo.

As condições “ótimas” obtidas neste trabalho são:

1. Uso (otimizado) de 80% de composto de lixo e 20% de resíduo do processamento de carne bovina e suína permitindo a sobrevivência das minhocas;
2. A eliminação total do nutriente mineral sulfato de amônio por promover a mortalidade das minhocas;
3. Adição dos nutrientes superfosfato simples e cloreto de potássio na concentração total de 1,8%, bem abaixo dos 6% mínimos recomendados por lei para a produção de fertilizantes organominerais.
4. Uso dos nutrientes superfosfato simples e cloreto de potássio em uma concentração total de 60% do valor inicial.

Observa-se que a condição de “tolerância” para as minhocas está limitada a um valor de 1,8% de fertilizante mineral.

- **2ª Fase:** Avaliação da ação das minhocas no substrato alimentar vermicompostável.

Procurou-se extrapolar o valor de 1,8% anteriormente citado, utilizando 3,6%.

Os resultados mostraram:

1. Há mortalidade de minhocas. Portanto está se atuando na faixa limítrofe de tolerância para fertilizantes minerais.
2. Não houve alteração significativa na evolução dos diferentes compostos com ou sem fertilizante mineral ou minhocas.

A exceção à regra refere-se ao teor de matéria orgânica compostável.

7 Anexos

Anexo A1: Resultados de análise de material orgânico da amostra de composto de lixo domiciliar urbano na fase inicial do experimento (26/09/1999).

Quadro 1 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo domiciliar urbano da Usina de Segregação e Reciclagem de Lixo do município de Uberlândia, MG.

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 15. - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,4	—
Umidade perdida a 60-65°C	16,97%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,25%	—
Umidade total	18,22%	00,00%
Inertes	7,56%	9,24%
Matéria orgânica total (combustão)	28,17%	34,45%
Matéria orgânica compostável	21,98%	26,88%
Matéria orgânica resistente à compostagem	6,19%	7,57%
Carbono total (orgânico e mineral)	15,65%	19,14%
Carbono orgânico	12,21%	14,93%
Resíduo mineral total	46,05%	56,31%
Resíduo mineral insolúvel	37,96%	46,42%
Resíduo mineral solúvel	8,09%	9,89%
Nitrogênio total	1,03%	1,26%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,68%	0,83%
Potássio (K ₂ O) total	0,57%	0,70%
Cálcio (Ca) total	1,83%	2,24%
Magnésio (Mg) total	0,19%	0,23%
Enxofre (S) total	0,13%	0,16%
Relação C/N (C total e N total)	15/1	15/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	12/1	12/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Anexo A2: Resultados de análise de material orgânico das amostras de resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e de suínos na fase inicial do experimento (26/09/1999).

Quadro 2 – Resultados de análise de material orgânico do resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos e de suínos - Uberlândia, MG.

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 14. - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,6	—
Umidade perdida a 60-65°C	68,40%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,05%	—
Umidade total	69,45%	00,00%
Inertes	0,00%	0,00%
Matéria orgânica total (combustão)	18,73%	61,31%
Matéria orgânica compostável	9,67%	31,65%
Matéria orgânica resistente à compostagem	9,06%	29,66%
Carbono total (orgânico e mineral)	10,40%	34,04%
Carbono orgânico	5,37%	17,58%
Resíduo mineral total	11,82%	38,69%
Resíduo mineral insolúvel	5,70%	18,66%
Resíduo mineral solúvel	6,12%	20,03%
Nitrogênio total	0,65%	2,13%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,87%	2,85%
Potássio (K ₂ O) total	0,22%	0,72%
Cálcio (Ca) total	0,74%	2,42%
Magnésio (Mg) total	0,14%	0,46%
Enxofre (S) total	0,07%	0,23%
Relação C/N (C total e N total)	16/1	16/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	8/1	8/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Anexo A3: Resultados de análises de material orgânico das amostras de composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos no fase inicial do experimento (26/09/1999).

Quadro 3 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 01**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 01. - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,8	—
Umidade perdida a 60-65°C	39,14%	—
Umidade perdida a 65-110°C	0,91%	—
Umidade total	40,05%	00,00%
Inertes	8,87%	14,80%
Matéria orgânica total (combustão)	19,13%	31,91%
Matéria orgânica compostável	14,98%	24,99%
Matéria orgânica resistente à compostagem	4,15%	6,92%
Carbono total (orgânico e mineral)	10,63%	17,73%
Carbono orgânico	8,32%	13,88%
Resíduo mineral total	31,95%	53,29%
Resíduo mineral insolúvel	25,47%	42,49%
Resíduo mineral solúvel	6,48%	10,81%
Nitrogênio total	0,95%	1,58%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,55%	0,92%
Potássio (K ₂ O) total	0,45%	0,75%
Cálcio (Ca) total	1,28%	2,14%
Magnésio (Mg) total	0,15%	0,25%
Enxofre (S) total	0,10%	0,17%
Relação C/N (C total e N total)	11/1	11/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	9/1	9/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 4 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 02**)

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 02. - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,6	—
Umidade perdida a 60-65°C	38,29%	—
Umidade perdida a 65-110°C	0,85%	—
Umidade total	39,14%	00,00%
Inertes	3,11%	5,11%
Matéria orgânica total (combustão)	20,20%	33,19%
Matéria orgânica compostável	15,26%	25,07%
Matéria orgânica resistente à compostagem	4,94%	8,12%
Carbono total (orgânico e mineral)	11,22%	18,44%
Carbono orgânico	8,48%	13,93%
Resíduo mineral total	37,55%	61,70%
Resíduo mineral insolúvel	29,65%	48,72%
Resíduo mineral solúvel	7,90%	12,98%
Nitrogênio total	0,76%	1,25%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,46%	0,76%
Potássio (K ₂ O) total	0,48%	0,79%
Cálcio (Ca) total	1,33%	2,19%
Magnésio (Mg) total	0,17%	0,28%
Enxofre (S) total	0,11%	0,18%
Relação C/N (C total e N total)	15/1	15/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	11/1	11/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 5 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 03**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 03 . - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	6,9	—
Umidade perdida a 60-65°C	33,33%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,67%	—
Umidade total	35,00%	00,00%
Inertes	4,75%	7,31%
Matéria orgânica total (combustão)	21,54%	33,14%
Matéria orgânica compostável	19,47%	29,95%
Matéria orgânica resistente à compostagem	2,07%	3,18%
Carbono total (orgânico e mineral)	11,97%	18,42%
Carbono orgânico	10,82%	16,65%
Resíduo mineral total	38,71%	59,55%
Resíduo mineral insolúvel	27,59%	42,45%
Resíduo mineral solúvel	11,12%	17,11%
Nitrogênio total	0,99%	1,52%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,53%	2,35%
Potássio (K ₂ O) total	0,84%	1,29%
Cálcio (Ca) total	2,38%	3,66%
Magnésio (Mg) total	0,18%	0,28%
Enxofre (S) total	0,68%	1,05%
Relação C/N (C total e N total)	12/1	12/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	11/1	11/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 6 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 04**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 04. - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	6,8	—
Umidade perdida a 60-65°C	34,48%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,26%	—
Umidade total	35,74%	00,00%
Inertes	5,41%	8,42%
Matéria orgânica total (combustão)	22,86%	35,57%
Matéria orgânica compostável	16,68%	25,96%
Matéria orgânica resistente à compostagem	6,18%	9,62%
Carbono total (orgânico e mineral)	12,70%	19,76%
Carbono orgânico	9,27%	14,43%
Resíduo mineral total	35,99%	56,01%
Resíduo mineral insolúvel	25,69%	39,98%
Resíduo mineral solúvel	10,30%	16,03%
Nitrogênio total	0,97%	1,51%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,29%	2,01%
Potássio (K ₂ O) total	0,82%	1,28%
Cálcio (Ca) total	2,23%	3,47%
Magnésio (Mg) total	0,17%	0,26%
Enxofre (S) total	0,59%	0,92%
Relação C/N (C total e N total)	13/1	13/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	10/1	10/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 7 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 05**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 05 . - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,5	—
Umidade perdida a 60-65°C	37,67%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,13%	—
Umidade total	38,80%	00,00%
Inertes	2,92%	4,77%
Matéria orgânica total (combustão)	21,97%	35,90%
Matéria orgânica compostável	19,02%	31,08%
Matéria orgânica resistente à compostagem	2,95%	4,82%
Carbono total (orgânico e mineral)	12,21	19,95%
Carbono orgânico	10,57%	17,27%
Resíduo mineral total	36,31%	59,33%
Resíduo mineral insolúvel	24,94%	40,75%
Resíduo mineral solúvel	11,37	18,58%
Nitrogênio total	0,89%	1,45%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,42%	2,32%
Potássio (K ₂ O) total	0,85%	1,39%
Cálcio (Ca) total	2,32%	3,79%
Magnésio (Mg) total	0,17%	0,28%
Enxofre (S) total	0,64%	1,05%
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	12/1	12/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 8 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 06**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 06 . - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,5	—
Umidade perdida a 60-65°C	32,29%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,09%	—
Umidade total	33,38%	00,00%
Inertes	7,06%	10,60%
Matéria orgânica total (combustão)	23,23%	34,87%
Matéria orgânica compostável	14,71%	22,08%
Matéria orgânica resistente à compostagem	8,52%	12,79%
Carbono total (orgânico.e mineral)	12,91%	19,38%
Carbono orgânico	8,17%	12,26%
Resíduo mineral total	36,33%	54,53%
Resíduo mineral insolúvel	28,73%	43,13%
Resíduo mineral solúvel	7,60%	11,41%
Nitrogênio total	0,91%	1,37%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,60%	0,90%
Potássio (K ₂ O) total	0,58%	0,87%
Cálcio (Ca) total	1,57%	2,36%
Magnésio (Mg) total	0,17%	0,26%
Enxofre (S) total	0,16%	0,24%
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	9/1	9/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 9 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 07**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 07 . - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,5	—
Umidade perdida a 60-65°C	32,47%	—
Umidade perdida a 65-110°C	0,85%	—
Umidade total	33,32%	00,00%
Inertes	4,38%	6,57%
Matéria orgânica total (combustão)	21,87%	32,80%
Matéria orgânica compostável	18,81%	28,21%
Matéria orgânica resistente à compostagem	3,06%	4,59%
Carbono total (orgânico e mineral)	12,15%	18,22%
Carbono orgânico	10,45%	15,67%
Resíduo mineral total	40,43%	60,63%
Resíduo mineral insolúvel	31,95%	47,92%
Resíduo mineral solúvel	8,48%	12,72%
Nitrogênio total	0,97%	1,45%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,54%	0,81%
Potássio (K ₂ O) total	0,53%	0,79%
Cálcio (Ca) total	1,50%	2,25%
Magnésio (Mg) total	0,16%	0,24%
Enxofre (S) total	0,14%	0,21%
Relação C/N (C total e N total)	13/1	13/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	11/1	11/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 10 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 08**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 08 . - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	6,1	—
Umidade perdida a 60-65°C	25,41%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,33%	—
Umidade total	26,74%	00,00%
Inertes	7,30%	9,96%
Matéria orgânica total (combustão)	23,92%	32,65%
Matéria orgânica compostável	14,42%	19,68%
Matéria orgânica resistente à compostagem	9,50%	12,97%
Carbono total (orgânico e mineral)	13,29%	18,14%
Carbono orgânico	8,01%	10,93%
Resíduo mineral total	42,04%	57,38%
Resíduo mineral insolúvel	31,70%	43,27%
Resíduo mineral solúvel	10,34%	14,11%
Nitrogênio total	1,01%	1,38%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,56%	2,13%
Potássio (K ₂ O) total	0,87%	1,19%
Cálcio (Ca) total	2,46%	3,36%
Magnésio (Mg) total	0,18%	0,25%
Enxofre (S) total	0,68%	0,93%
Relação C/N (C total e N total)	13/1	13/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	8/1	8/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 11 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 09**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 09 . - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	6,3	—
Umidade perdida a 60-65°C	27,77%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,20%	—
Umidade total	28,97%	00,00%
Inertes	5,60%	7,88%
Matéria orgânica total (combustão)	21,55%	30,34%
Matéria orgânica compostável	14,03%	19,75%
Matéria orgânica resistente à compostagem	7,52%	10,59%
Carbono total (orgânico e mineral)	11,97%	16,85%
Carbono orgânico	7,79%	10,97%
Resíduo mineral total	43,88%	61,78%
Resíduo mineral insolúvel	31,92%	44,94%
Resíduo mineral solúvel	11,96%	16,84%
Nitrogênio total	0,98%	1,38%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,75%	2,46%
Potássio (K ₂ O) total	0,84%	1,18%
Cálcio (Ca) total	2,57%	3,62%
Magnésio (Mg) total	0,18%	0,25%
Enxofre (S) total	0,71%	1,00%
Relação C/N (C total e N total)	12/1	12/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	8/1	8/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 12 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 10**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 10. - Data de emissão: 04/10/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	6,5	—
Umidade perdida a 60-65°C	30,60%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,19%	—
Umidade total	31,79%	00,00%
Inertes	3,20%	4,69%
Matéria orgânica total (combustão)	21,71%	31,83%
Matéria orgânica compostável	15,42%	22,61%
Matéria orgânica resistente à compostagem	6,29%	9,22%
Carbono total (orgânico e mineral)	12,06%	17,68%
Carbono orgânico	8,57%	12,56%
Resíduo mineral total	43,30%	63,48%
Resíduo mineral insolúvel	30,99%	45,43%
Resíduo mineral solúvel	12,31%	18,05%
Nitrogênio total	1,05%	1,54%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,60%	2,35%
Potássio (K ₂ O) total	0,88%	1,29%
Cálcio (Ca) total	2,54%	3,72%
Magnésio (Mg) total	0,21%	0,31%
Enxofre (S) total	0,69%	1,01%
Relação C/N (C total e N total)	11/1	11/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	8/1	8/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Anexo A4: Resultados de análises de material orgânico das amostras de composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos na fase intermediária do experimento (20/10/1999).

Quadro 13 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 01**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 01 . - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,8	—
Umidade perdida a 60-65°C	44,70%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,32%	—
Umidade total	46,02%	00,00%
Inertes	3,98%	7,37%
Matéria orgânica total (combustão)	14,83%	27,47%
Matéria orgânica compostável	14,78%	27,38%
Matéria orgânica resistente à compostagem	0,05%	0,09%
Carbono total (orgânico e mineral)	8,84%	15,26%
Carbono orgânico	8,21%	15,21%
Resíduo mineral total	35,17%	65,15%
Resíduo mineral insolúvel	27,41%	50,78%
Resíduo mineral solúvel	7,76%	14,38%
Nitrogênio total	0,14%	0,26%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,28%	0,52%
Potássio (K ₂ O) total	0,20%	0,37%
Cálcio (Ca) total	1,27%	2,35%
Magnésio (Mg) total	0,12%	0,22%
Enxofre (S) total	0,11%	0,20%
Relação C/N (C total e N total)	59/1	59/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	59/1	59/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 14 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 02**)

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 02. - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,9	—
Umidade perdida a 60-65°C	45,10%	—
Umidade perdida a 65-110°C	2,40%	—
Umidade total	47,50%	00,00%
Inertes	3,36%	6,40%
Matéria orgânica total (combustão)	17,07%	33,51%
Matéria orgânica compostável	6,80%	12,95%
Matéria orgânica resistente à compostagem	10,27%	19,56%
Carbono total (orgânico e mineral)	9,49%	18,08%
Carbono orgânico	3,78%	7,20%
Resíduo mineral total	32,07%	61,09%
Resíduo mineral insolúvel	23,70%	45,14%
Resíduo mineral solúvel	8,37%	15,94%
Nitrogênio total	0,74%	1,41%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,17%	2,23%
Potássio (K ₂ O) total	0,41%	0,78%
Cálcio (Ca) total	2,04%	3,89%
Magnésio (Mg) total	0,13%	0,25%
Enxofre (S) total	0,49%	0,93%
Relação C/N (C total e N total)	13/1	13/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	5/1	5/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 15 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 03**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 03 . - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,6	—
Umidade perdida a 60-65°C	42,02%	—
Umidade perdida a 65-110°C	2,20%	—
Umidade total	44,22%	00,00%
Inertes	4,35%	7,80%
Matéria orgânica total (combustão)	16,73%	29,99%
Matéria orgânica compostável	11,94%	21,41%
Matéria orgânica resistente à compostagem	4,79%	8,59%
Carbono total (orgânico e mineral)	9,30%	16,67%
Carbono orgânico	6,63%	11,89%
Resíduo mineral total	34,70%	62,21%
Resíduo mineral insolúvel	26,25%	47,06%
Resíduo mineral solúvel	8,45%	15,15%
Nitrogênio total	0,33%	0,59%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,39%	0,70%
Potássio (K ₂ O) total	0,22%	0,39%
Cálcio (Ca) total	1,53%	2,74%
Magnésio (Mg) total	0,14%	0,25%
Enxofre (S) total	0,14%	0,25%
Relação C/N (C total e N total)	28/1	28/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	20/1	20/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 16 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 04**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 04 . - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,7	—
Umidade perdida a 60-65°C	42,90%	—
Umidade perdida a 65-110°C	2,36%	—
Umidade total	45,26%	00,00%
Inertes	4,32%	7,89%
Matéria orgânica total (combustão)	17,00%	31,06%
Matéria orgânica compostável	11,72%	21,41%
Matéria orgânica resistente à compostagem	5,28%	9,65%
Carbono total (orgânico e mineral)	9,44%	17,25%
Carbono orgânico	6,51%	11,89%
Resíduo mineral total	33,42%	65,05%
Resíduo mineral insolúvel	24,31%	44,41%
Resíduo mineral solúvel	9,11%	16,64%
Nitrogênio total	0,69%	1,26%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,13%	2,06%
Potássio (K ₂ O) total	0,41%	0,75%
Cálcio (Ca) total	2,02%	3,69%
Magnésio (Mg) total	0,13%	0,24%
Enxofre (S) total	0,53%	0,97%
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	9/1	9/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 17 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 05**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 05 . - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,6	—
Umidade perdida a 60-65°C	44,40%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,20%	—
Umidade total	45,60%	00,00%
Inertes	3,53%	6,49%
Matéria orgânica total (combustão)	15,46%	28,42%
Matéria orgânica compostável	14,46%	26,58%
Matéria orgânica resistente à compostagem	1,00%	1,84%
Carbono total (orgânico e mineral)	8,60	15,81%
Carbono orgânico	8,04%	14,78%
Resíduo mineral total	35,41%	65,09%
Resíduo mineral insolúvel	24,29%	44,65%
Resíduo mineral solúvel	11,12	20,44%
Nitrogênio total	0,68%	1,25%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,12%	2,06%
Potássio (K ₂ O) total	0,41%	0,75%
Cálcio (Ca) total	1,98%	3,64%
Magnésio (Mg) total	0,14%	0,26%
Enxofre (S) total	0,50%	0,92%
Relação C/N (C total e N total)	13/1	13/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	12/1	12/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 18 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 06**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 06 . - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,8	—
Umidade perdida a 60-65°C	38,75%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,06%	—
Umidade total	39,81%	00,00%
Inertes	8,26%	13,72%
Matéria orgânica total (combustão)	17,34%	28,81%
Matéria orgânica compostável	10,78%	17,91%
Matéria orgânica resistente à compostagem	6,56%	10,90%
Carbono total (orgânico e mineral)	9,63%	16,00%
Carbono orgânico	5,99%	9,95%
Resíduo mineral total	34,59%	57,47%
Resíduo mineral insolúvel	26,34%	43,76%
Resíduo mineral solúvel	8,25%	13,71%
Nitrogênio total	0,62%	1,03%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,40%	0,66%
Potássio (K ₂ O) total	0,42%	0,70%
Cálcio (Ca) total	1,49%	2,48%
Magnésio (Mg) total	0,16%	0,27%
Enxofre (S) total	0,10%	0,17%
Relação C/N (C total e N total)	16/1	16/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	10/1	10/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 19 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 07**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 07 . - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,8	—
Umidade perdida a 60-65°C	40,68%	—
Umidade perdida a 65-110°C	0,46%	—
Umidade total	41,14%	00,00%
Inertes	4,90%	8,32%
Matéria orgânica total (combustão)	16,12%	27,39%
Matéria orgânica compostável	15,23%	25,87%
Matéria orgânica resistente à compostagem	0,89%	1,51%
Carbono total (orgânico e mineral)	8,96%	15,22%
Carbono orgânico	8,45%	14,36%
Resíduo mineral total	37,84%	64,29%
Resíduo mineral insolúvel	28,99%	49,25%
Resíduo mineral solúvel	8,85%	15,04%
Nitrogênio total	0,80%	1,36%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,34%	0,58%
Potássio (K ₂ O) total	0,25%	0,42%
Cálcio (Ca) total	1,41%	2,40%
Magnésio (Mg) total	0,14%	0,24%
Enxofre (S) total	0,09%	0,15%
Relação C/N (C total e N total)	11/1	11/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	11/1	11/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 20 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 08**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 08. - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,6	—
Umidade perdida a 60-65°C	36,16%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,39%	—
Umidade total	37,55%	00,00%
Inertes	5,74%	9,19%
Matéria orgânica total (combustão)	19,18%	30,71%
Matéria orgânica compostável	11,81%	18,91%
Matéria orgânica resistente à compostagem	7,37%	11,80%
Carbono total (orgânico e mineral)	10,65%	17,05%
Carbono orgânico	6,56%	10,50%
Resíduo mineral total	37,53%	60,10%
Resíduo mineral insolúvel	24,77%	39,66%
Resíduo mineral solúvel	12,76%	20,43%
Nitrogênio total	0,73%	1,17%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,33%	2,13%
Potássio (K ₂ O) total	0,64%	1,02%
Cálcio (Ca) total	2,37%	3,80%
Magnésio (Mg) total	0,15%	0,24%
Enxofre (S) total	0,58%	0,93%
Relação C/N (C total e N total)	15/1	15/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	9/1	9/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 21 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 9**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 9 . - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,5	—
Umidade perdida a 60-65°C	41,27%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,42%	—
Umidade total	42,69%	00,00%
Inertes	4,13%	7,21%
Matéria orgânica total (combustão)	18,98%	33,12%
Matéria orgânica compostável	17,49%	30,52%
Matéria orgânica resistente à compostagem	1,49%	2,60%
Carbono total (orgânico e mineral)	10,55%	18,41%
Carbono orgânico	9,71%	16,94%
Resíduo mineral total	34,20%	59,68%
Resíduo mineral insolúvel	22,99%	40,12%
Resíduo mineral solúvel	11,21%	19,56%
Nitrogênio total	0,76%	1,33%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,25%	2,18%
Potássio (K ₂ O) total	0,54%	0,94%
Cálcio (Ca) total	2,30%	4,01%
Magnésio (Mg) total	0,14%	0,24%
Enxofre (S) total	0,51%	0,89%
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	13/1	13/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 22 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 10**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 10. - Data de emissão: 10/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,6	—
Umidade perdida a 60-65°C	35,38%	—
Umidade perdida a 65-110°C	0,83%	—
Umidade total	36,21%	00,00%
Inertes	3,81%	5,97%
Matéria orgânica total (combustão)	18,05%	28,30%
Matéria orgânica compostável	11,11%	17,42%
Matéria orgânica resistente à compostagem	6,94%	10,88%
Carbono total (orgânico e mineral)	10,03%	15,72%
Carbono orgânico	6,18%	9,69%
Resíduo mineral total	41,93%	65,73%
Resíduo mineral insolúvel	28,91%	45,32%
Resíduo mineral solúvel	13,02%	20,41%
Nitrogênio total	0,88%	1,38%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,40%	2,19%
Potássio (K ₂ O) total	0,61%	0,96%
Cálcio (Ca) total	2,47%	3,87%
Magnésio (Mg) total	0,17%	0,27%
Enxofre (S) total	0,64%	1,00%
Relação C/N (C total e N total)	11/1	11/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	7/1	7/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Anexo A5: Resultados de análises de material orgânico das amostras de composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos na fase final do experimento (05/11/1999).

Quadro 23 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 01**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 01 . - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,8	—
Umidade perdida a 60-65°C	41,19%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,50%	—
Umidade total	42,69%	00,00%
Inertes	5,10%	8,90%
Matéria orgânica total (combustão)	17,11%	29,86%
Matéria orgânica compostável	12,60%	21,99%
Matéria orgânica resistente à compostagem	4,51%	7,87%
Carbono total (orgânico e mineral)	9,51%	16,59%
Carbono orgânico	7,00%	12,21%
Resíduo mineral total	35,10%	61,25%
Resíduo mineral insolúvel	26,41%	46,08%
Resíduo mineral solúvel	8,69%	15,16%
Nitrogênio total	0,78%	1,36%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,51%	0,89%
Potássio (K ₂ O) total	0,23%	0,40%
Cálcio (Ca) total	1,32%	2,30%
Magnésio (Mg) total	0,13%	0,23%
Enxofre (S) total	0,13%	0,23%
Relação C/N (C total e N total)	12/1	12/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	9/1	9/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 24 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 02**)

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 02. - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,8	—
Umidade perdida a 60-65°C	47,75%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,14%	—
Umidade total	48,89%	00,00%
Inertes	2,67%	5,22%
Matéria orgânica total (combustão)	14,84%	29,04%
Matéria orgânica compostável	14,56%	28,49%
Matéria orgânica resistente à compostagem	0,28%	0,55%
Carbono total (orgânico e mineral)	8,24%	16,12%
Carbono orgânico	8,09%	15,83%
Resíduo mineral total	33,60%	65,14%
Resíduo mineral insolúvel	26,03%	50,93%
Resíduo mineral solúvel	7,57%	14,81%
Nitrogênio total	0,72%	1,41%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,54%	1,06%
Potássio (K ₂ O) total	0,18%	0,35%
Cálcio (Ca) total	1,08%	2,11%
Magnésio (Mg) total	0,12%	0,23%
Enxofre (S) total	0,11%	0,22%
Relação C/N (C total e N total)	11/1	11/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	11/1	11/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 25 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 03**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 03. - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,0	—
Umidade perdida a 60-65°C	47,01%	—
Umidade perdida a 65-110°C	3,40%	—
Umidade total	50,41%	00,00%
Inertes	1,73%	3,49%
Matéria orgânica total (combustão)	16,22%	32,71%
Matéria orgânica compostável	11,78%	23,75%
Matéria orgânica resistente à compostagem	4,44%	8,95%
Carbono total (orgânico e mineral)	9,01%	18,17%
Carbono orgânico	6,54%	13,19%
Resíduo mineral total	31,64%	63,80%
Resíduo mineral insolúvel	24,17%	48,74%
Resíduo mineral solúvel	7,47%	15,06%
Nitrogênio total	0,63%	1,27%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,19%	2,40%
Potássio (K ₂ O) total	0,20%	0,40%
Cálcio (Ca) total	1,76%	3,55%
Magnésio (Mg) total	0,11%	0,22%
Enxofre (S) total	0,54%	1,19%
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	10/1	10/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 26 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 04**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 04. - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,1	—
Umidade perdida a 60-65°C	48,19%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,46%	—
Umidade total	49,65%	00,00%
Inertes	1,77%	3,52%
Matéria orgânica total (combustão)	15,62%	31,02%
Matéria orgânica compostável	14,65%	29,10%
Matéria orgânica resistente à compostagem	0,97%	1,93%
Carbono total (orgânico e mineral)	8,67%	17,22%
Carbono orgânico	8,13%	16,15%
Resíduo mineral total	32,96%	65,46%
Resíduo mineral insolúvel	22,44%	44,57%
Resíduo mineral solúvel	10,54%	20,89%
Nitrogênio total	0,69%	1,37%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,26%	2,50%
Potássio (K ₂ O) total	0,23%	0,46%
Cálcio (Ca) total	2,33%	4,63%
Magnésio (Mg) total	0,19%	0,38%
Enxofre (S) total	0,57%	1,13%
Relação C/N (C total e N total)	13/1	13/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	12/1	12/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 27 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 05**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 05 . - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,2	—
Umidade perdida a 60-65°C	47,82%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,43%	—
Umidade total	49,25%	00,00%
Inertes	2,63%	5,18%
Matéria orgânica total (combustão)	14,01%	27,61%
Matéria orgânica compostável	13,18%	25,97%
Matéria orgânica resistente à compostagem	0,83%	1,64%
Carbono total (orgânico e mineral)	7,78%	15,33%
Carbono orgânico	7,32%	14,42%
Resíduo mineral total	34,11%	67,21%
Resíduo mineral insolúvel	24,20%	47,68%
Resíduo mineral solúvel	9,91%	19,53%
Nitrogênio total	0,72%	1,42%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,49%	0,97%
Potássio (K ₂ O) total	0,34%	0,67%
Cálcio (Ca) total	1,74%	3,43%
Magnésio (Mg) total	0,12%	0,24%
Enxofre (S) total	0,54%	1,06%
Relação C/N (C total e N total)	11/1	11/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	10/1	10/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 28 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 06**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 06 . - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
PH em CaCl ₂ 0,01M	7,9	—
Umidade perdida a 60-65°C	31,00%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,45%	—
Umidade total	32,45%	00,00%
Inertes	3,60%	5,33%
Matéria orgânica total (combustão)	18,28%	27,06%
Matéria orgânica compostável	11,92%	17,65%
Matéria orgânica resistente à compostagem	6,36%	9,42%
Carbono total (orgânico e mineral)	10,15%	15,03%
Carbono orgânico	6,62%	9,80%
Resíduo mineral total	45,67%	67,61%
Resíduo mineral insolúvel	35,84%	53,06%
Resíduo mineral solúvel	9,83%	14,55%
Nitrogênio total	0,87%	1,29%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,50%	0,74%
Potássio (K ₂ O) total	0,27%	0,40%
Cálcio (Ca) total	1,46%	2,16%
Magnésio (Mg) total	0,17%	0,25%
Enxofre (S) total	0,13%	0,19%
Relação C/N (C total e N total)	12/1	12/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	8/1	8/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 29 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 07**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 07 . - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,8	—
Umidade perdida a 60-65°C	34,89%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,54%	—
Umidade total	36,43%	00,00%
Inertes	2,94%	3,92%
Matéria orgânica total (combustão)	19,18%	30,17%
Matéria orgânica compostável	9,38%	14,76%
Matéria orgânica resistente à compostagem	9,80%	15,42%
Carbono total (orgânico e mineral)	10,66%	16,77%
Carbono orgânico	5,22%	8,21%
Resíduo mineral total	41,90%	65,91%
Resíduo mineral insolúvel	32,24%	50,72%
Resíduo mineral solúvel	9,96%	15,67%
Nitrogênio total	0,78%	1,23%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,51%	0,80%
Potássio (K ₂ O) total	0,29%	0,46%
Cálcio (Ca) total	1,25%	1,97%
Magnésio (Mg) total	0,16%	0,25%
Enxofre (S) total	0,12%	0,19%
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	7/1	7/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 30 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 08**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 08 . - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01M	7,3	—
Umidade perdida a 60-65°C	41,14%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,78%	—
Umidade total	42,92%	00,00%
Inertes	1,24%	2,17%
Matéria orgânica total (combustão)	16,87%	29,56%
Matéria orgânica compostável	12,59%	22,06%
Matéria orgânica resistente à compostagem	4,28%	7,50%
Carbono total (orgânico e mineral)	9,37%	16,42%
Carbono orgânico	6,99%	12,25%
Resíduo mineral total	38,97%	68,67%
Resíduo mineral insolúvel	27,88%	48,84%
Resíduo mineral solúvel	11,09%	29,43%
Nitrogênio total	0,68%	1,19%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,42%	2,49%
Potássio (K ₂ O) total	0,45%	0,79%
Cálcio (Ca) total	1,92%	3,36%
Magnésio (Mg) total	0,14%	0,25%
Enxofre (S) total	0,59%	1,03%
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	10/1	10/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 31 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 9**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 9. - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
PH em CaCl ₂ 0,01M	7,2	—
Umidade perdida a 60-65°C	36,84%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,42%	—
Umidade total	38,26%	00,00%
Inertes	7,39%	11,97%
Matéria orgânica total (combustão)	15,62%	25,30%
Matéria orgânica compostável	6,26%	10,14%
Matéria orgânica resistente à compostagem	9,36%	15,16%
Carbono total (orgânico e mineral)	8,68%	14,06%
Carbono orgânico	3,48%	5,64%
Resíduo mineral total	38,73%	62,73%
Resíduo mineral insolúvel	27,79%	45,01%
Resíduo mineral solúvel	10,94%	17,72%
Nitrogênio total	0,69%	1,12%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,32%	2,14%
Potássio (K ₂ O) total	0,39%	0,63%
Cálcio (Ca) total	1,92%	3,11%
Magnésio (Mg) total	0,14%	0,23%
Enxofre (S) total	0,56%	0,91%
Relação C/N (C total e N total)	13/1	13/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	5/1	5/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Quadro 32 – Resultados de análise de material orgânico do composto de lixo orgânico urbano consorciada com resíduo do processamento de derivados de carne de bovinos - Uberlândia, MG. (**VASO 10**).

Resultados da Análises de Material Orgânico		
Identificação da amostra: AM 10. - Data de emissão: 26/11/99.		
Determinações	Umidade natural	Base seca (110°C)
PH em CaCl ₂ 0,01M	7,2	—
Umidade perdida a 60-65°C	37,96%	—
Umidade perdida a 65-110°C	1,65%	—
Umidade total	39,61%	00,00%
Inertes	3,95%	6,54%
Matéria orgânica total (combustão)	16,63%	27,54%
Matéria orgânica compostável	13,65%	22,60%
Matéria orgânica resistente à compostagem	2,98%	14,93%
Carbono total (orgânico e mineral)	9,24%	15,30%
Carbono orgânico	7,58%	12,55%
Resíduo mineral total	39,81%	65,92%
Resíduo mineral insolúvel	28,16%	46,63%
Resíduo mineral solúvel	11,65%	19,29%
Nitrogênio total	0,77%	1,28%
Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,42%	2,35%
Potássio (K ₂ O) total	0,46%	0,76%
Cálcio (Ca) total	2,04%	3,38%
Magnésio (Mg) total	0,13%	0,22%
Enxofre (S) total	0,64%	1,06%
Relação C/N (C total e N total)	12/1	12/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	10/1	10/1

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ. (1999).

Anexo B 1: Resultados do experimento de tolerância a diferentes concentrações de fertilizante mineral (NPK) presentes no fertilizante organomineral.

• **Primeira hora;**

Tratamento	Fertilizante Mineral (peso)	Fertilizante Mineral (porcentagem)	Efeito	Mortalidade (%)
B 1	0 gramas	0 %	Aprofundaram	0 %
B 2	1,62 gramas	1 %	Aprofundaram	0 %
B 3	8,0 gramas	5 %	Movimentação superficial	0 %
B 4	16,2 gramas	10 %	Movimentação superficial	0%
B 5	24,2 gramas	15 %	Movimentação superficial	0%
B 6	32,4 gramas	20 %	Movimentação superficial	0%
B 7	40,4 gramas	25 %	Contrações generalizadas na superfície	0%
B 8	48,6 gramas	30 %	Contrações generalizadas na superfície	0%
B 9	64,8 gramas	40 %	Contrações generalizadas na superfície	0%
B 10	81,0 gramas	50 %	Rara movimentação	60%
B 11	162,0 gramas	100 %	Rara movimentação	80%

• **Segunda hora;**

Tratamento	Fertilizante Mineral (peso)	Fertilizante Mineral (porcentagem)	Efeito	Mortalidade (%)
B 1	0 gramas	0 %	Aprofundaram	0 %
B 2	1,62 gramas	1 %	Aprofundaram	0 %
B 3	8,0 gramas	5 %	Aprofundaram	0 %
B 4	16,2 gramas	10 %	Contrações generalizadas na superfície	0%
B 5	24,2 gramas	15 %	Contrações generalizadas na superfície	0%
B 6	32,4 gramas	20 %	Contrações generalizadas na superfície	0%
B 7	40,4 gramas	25 %	Contrações gener. na superfície	20%
B 8	48,6 gramas	30 %	Rara movimentação	60%
B 9	64,8 gramas	40 %	Rara movimentação	70%
B 10	81,0 gramas	50 %	Sem movimentação	100%
B 11	162,0 gramas	100 %	Sem mov.	100%

• **Terceira hora;**

Tratamento	Fertilizante Mineral (peso)	Fertilizante Mineral (porcentagem)	Efeito	Mortalidade (%)
B 1	0 gramas	0 %	Aprofundaram	0 %
B 2	1,62 gramas	1 %	Aprofundaram	0 %
B 3	8,0 gramas	5 %	Distribuídas Lateralmente. Parte do corpo mergulhada no composto.	0 %

B 4	16,2 gramas	10 %	Distribuídas aleatoriamente pelo centro do recipiente. Parte do corpo mergulhada no composto. Pouca agitação.	0%
B 5	24,2 gramas	15 %	Distribuídas aleatoriamente pelo centro do recipiente. Parte do corpo mergulhada no composto. Pouca agitação.	0%
B 6	32,4 gramas	20 %	Distribuídas aleatoriamente pelo centro do recipiente. Algumas estão inteiramente na superfície outras parte do corpo mergulhada no composto. Tentativa de expelir ovo antes de morrer.	60%
B 7	40,4 gramas	25 %	Poucas apresentam contrações na superfície. Tentativa de expelir ovo antes de morrer.	80%
B 8	48,6 gramas	30 %	Rara movimentação. Apresentam hemorragias.	80%
B 9	64,8 gramas	40 %	Sem movimentação. Apresentam hemorragias.	100%
B 10	81,0 gramas	50 %	Sem movimentação. Apresentam hemorragias.	100%
B 11	162,0 gramas	100 %	Sem movimentação. Apresentam hemorragias.	100%

• Sexta hora;

Tratamento	Fertilizante Mineral (peso)	Fertilizante Mineral (porcentagem)	Efeito	Mortalidade (%)
B 1	0 gramas	0 %	Distribuídas pelo interior do composto; distantes até mesmo da parede lateral.	0 %
B 2	1,62 gramas	1 %	Algumas estão distribuídas pela superfície, outras no interior do composto, em bloco. Respondem a estímulos luminosos.	0 %
B 3	8,0 gramas	5 %	Distribuídas pela superfície ou, no máximo à 1,5cm de profundidade. Não respondem a estímulos luminosos, apenas ao contato direto.	0%
B 4	16,2 gramas	10 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias pela boca, aparelho reprodutor, ânus.	100%
B 5	24,2 gramas	15 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias pela	100%

			boca, aparelho reprodutor, ânus.	
B 6	32,4 gramas	20 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 7	40,4 gramas	25 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 8	48,6 gramas	30 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 9	64,8 gramas	40 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 10	81,0 gramas	50 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 11	162,0 gramas	100 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%

• **Décima segunda hora;**

Tratamento	Fertilizante Mineral (peso)	Fertilizante Mineral (porcentagem)	Efeito	Mortalidade (%)
B 1	0 gramas	0 %	Distribuídas pelo interior do composto; distantes até mesmo da parede lateral.	0 %
B 2	1,62 gramas	1 %	Algumas estão distribuídas pela superfície, outras no interior do composto, em bloco. Respondem a estímulos luminosos.	0 %
B 3	8,0 gramas	5 %	Distribuídas pela superfície ou, no máximo à 1,5cm de profundidade. Respondem a estímulos luminosos, e ao contato direto.	0%
B 4	16,2 gramas	10 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias pela boca, aparelho reprodutor,	100%

			ânus.	
B 5	24,2 gramas	15 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias pela boca, aparelho reprodutor, ânus.	100%
B 6	32,4 gramas	20 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 7	40,4 gramas	25 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 8	48,6 gramas	30 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 9	64,8 gramas	40 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 10	81,0 gramas	50 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%
B 11	162,0 gramas	100 %	Distribuídas superficialmente pelo composto. Não respondem a nenhum estímulo. Apresentam hemorragias generalizada.	100%

Anexo B 2: Resultado do experimento de tolerância aos elementos minerais presentes no fertilizante organomineral.

• **Primeira hora;**

Tratamento	Nutriente mineral (peso)	Quantidade de Minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
C 1	0 gramas	10 unidades	Aprofundaram no substrato.	0 %
C 2	102,0g Sulfato de amônio.	10 unidades	Distribuídas pela superfície. Não respondem a estímulos (tato).	0 %
C 3	53,0g Superfosfato simples.	10 unidades	Vivas, distribuídas lateralmente a 1 cm de profundidade.	0 %
C 4	7,1g Cloreto de potássio.	10 unidades	Aprofundaram no substrato.	0 %
C 5	102,0g Sulfato de amônio e 53,0g Superfosfato simples	10 unidades	Distribuídas pela superfície com contrações. Não penetram no substrato. Tentativa de fuga.	0 %
C 6	53,0g Superfosfato simples e 7,1g Cloreto de potássio	10 unidades	Aprofundaram no substrato.	0 %
C 7	102,0g Sulfato de amônio e 7,1g Cloreto de potássio	10 unidades	Distribuídas pela superfície, imóveis, Não respondem a estímulos.	0 %

• **Segunda hora;**

Tratamento	Nutriente mineral (peso)	Quantidade de Minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
C 1	0 gramas	10 unidades	Aprofundaram no substrato.	0 %
C 2	102,0g Sulfato de amônio.	10 unidades	Mortas	100 %
C 3	53,0g Superfosfato simples.	10 unidades	Vivas, distribuídas lateralmente a 1 cm de profundidade.	0 %
C 4	7,1g Cloreto de potássio.	10 unidades	Aprofundaram no substrato. Distribuídas por todo o substrato.	0 %
C 5	102,0g Sulfato de amônio e 53,0g Superfosfato simples	10 unidades	Distribuídas pela superfície com contrações. Não penetram no substrato. Tentativa de fuga.	0 %
C 6	53,0g Superfosfato simples e 7,1g Cloreto de potássio	10 unidades	Vivas, distribuídas a 1cm de profundidade no substrato. Tentativa de fuga	0 %
C 7	102,0g Sulfato de	10 unidades	Mortas	100 %

	amônio e 7,1g Cloreto de potássio			
--	---	--	--	--

• Terceira hora;

Tratamento	Nutriente Mineral (peso)	Quantidade de Minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
C 1	0 gramas	10 unidades	Aprofundaram no substrato.	0 %
C 2	102,0g Sulfato de amônio.	10 unidades	Mortas	100 %
C 3	53,0g Superfosfato simples.	10 unidades	Vivas, distribuídas lateralmente a 1 cm de profundidade.	0 %
C 4	7,1g Cloreto de potássio.	10 unidades	Aprofundaram no substrato. Distribuídas por todo o substrato.	0 %
C 5	102,0g Sulfato de amônio e 53,0g Superfosfato simples	10 unidades	Mortas	80 %
C 6	53,0g Superfosfato simples e 7,1g Cloreto de potássio	10 unidades	Vivas, distribuídas a 1cm de profundidade pelo substrato. Tentativa de fuga.	0 %
C 7	102,0g Sulfato de amônio e 7,1g Cloreto de potássio	10 unidades	Mortas	100 %

• Sexta hora;

Tratamento	Nutriente Mineral (peso)	Quantidade de Minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
C 1	0 gramas	10 unidades	Aprofundaram no substrato.	0 %
C 2	102,0g Sulfato de amônio.	10 unidades	Mortas	100 %
C 3	53,0g Superfosfato simples.	10 unidades	Vivas, distribuídas lateralmente a 1 cm de profundidade.	0 %
C 4	7,1g Cloreto de potássio.	10 unidades	Aprofundaram no substrato. Distribuídas por todo o substrato.	0 %
C 5	102,0g Sulfato de amônio e 53,0g Superfosfato simples	10 unidades	Mortas	100 %
C 6	53,0g Superfosfato simples e 7,1g Cloreto de potássio	10 unidades	Vivas, distribuídas a 1cm de profundidade pelo substrato. Não penetram no substrato.	0 %
C 7	102,0g Sulfato de	10 unidades	Mortas	100 %

	amônio e 7,1g Cloreto de potássio			
--	---	--	--	--

• **Décima segunda hora;**

Tratamento	Nutriente Mineral (peso)	Quantidade de Minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
C 1	0 gramas	10 unidades	Aprofundaram no substrato.	0 %
C 2	102,0g Sulfato de amônio.	10 unidades	Mortas	100 %
C 3	53,0g Superfosfato simples.	10 unidades	Vivas, distribuídas lateralmente a 1 cm de profundidade.	0 %
C 4	7,1g Cloreto de potássio.	10 unidades	Aprofundaram no substrato. Distribuídas por todo o substrato.	0 %
C 5	102,0g Sulfato de amônio e 53,0g Superfosfato simples	10 unidades	Mortas	100 %
C 6	53,0g Superfosfato simples e 7,1g Cloreto de potássio	10 unidades	Vivas, distribuídas a 1cm de profundidade pelo substrato.	0 %
C 7	102,0g Sulfato de amônio e 7,1g Cloreto de potássio	10 unidades	Mortas	100 %

Anexo B 3: Resultados do experimento de tolerância às diferentes concentrações de elementos minerais presentes no fertilizante organomineral.

• **Primeira hora;**

Tratamento	Nutriente mineral.	Quantidade de minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
D420	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0
D440	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0
D450	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0
D460	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0
D480	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0
D520	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Aprofundaram-se totalmente no substrato	0
D540	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Aprofundaram totalmente no substrato	0
D550	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Aprofundaram-se totalmente no substrato	0
D560	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Distribuídas parcialmente na superfície.	0
D580	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Distribuídas totalmente na superfície.	0
D620	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0
D640	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0
D650	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0
D660	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0
D680	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga.	0

• **Segunda hora;**

Tratamento	Nutriente mineral.	Quantidade de minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
D420	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Não apresentam contrações	0
D440	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Não apresentam contrações	0
D450	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Não apresentam contrações	0
D460	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D480	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D520	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Infiltradas no substrato. Maior profundidade	0

D540	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Infiltradas no substrato.	0
D550	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Infiltradas no substrato.	0
D560	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Infiltradas no substrato.	0
D580	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Parte corporal na superfície, parte infiltradas no substrato. Fulga 10%	0
D620	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Apresentam contrações.	0
D640	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Apresentam contrações.	0
D650	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Apresentam contrações.	0
D660	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D680	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100

• **Terceira hora.**

Tratamento	Nutriente mineral.	Quantidade de minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
D420	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Não apresentam contrações	0
D440	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Não apresentam contrações	0
D450	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	60
D460	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D480	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D520	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Infiltradas no substrato.	0
D540	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Infiltradas no substrato.	0
D550	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Infiltradas no substrato. Fulga – 10%	0
D560	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Infiltradas no substrato. Fulga – 10%	0
D580	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Infiltradas no substrato Fulga – 10%..	0
D620	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Apresentam contrações.	0
D640	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Tentativa geral de fulga. Apresentam contrações.	0
D650	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	90
D640	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D680	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100

• **Sexta hora;**

Tratamento	Nutriente mineral.	Quantidade de minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
D420	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Contrações gerais. Não respondem a estímulo	
D440	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Contrações gerais. Não respondem a estímulo	
D450	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D460	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D480	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D520	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Calmas. Encontram-se a 1,5 e 2 cm de profundidade	
D540	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Calmas. Encontram-se a 1,5 e 2 cm de profundidade	
D550	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Calmas. Encontram-se a 1,5 e 2 cm de profundidade	
D560	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Calmas. Encontram-se a 1,5 e 2 cm de profundidade	
D580	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Estão agitadas. Não penetram no substrato. Fulga – 20%	
D620	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D640	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D650	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D660	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D680	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100

• **Décima segunda hora;**

Tratamento	Nutriente mineral.	Quantidade de minhocas	Efeito	Mortalidade (%)
D420	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D440	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D450	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D460	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D480	Sulfato de amônio Superfosfato simples	10 unidades	Morte	100
D520	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Calmas. Encontram-se a 1,5 e 2 cm de profundidade.	0
D540	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Calmas. Encontram-se a 1,5 e 2 cm de profundidade.	0
D550	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Calmas. Encontram-se a 1,5 e 2 cm de profundidade.	0
D560	Superfosfato simples Cloreto de potássio	10 unidades	Calmas. Encontram-se a 1,5 e 2 cm de profundidade.	0
D580	Superfosfato simples	10 unidades	Calmas. Encontram-se a menos	0

	Cloreto de potássio		de 1,5 de profundidade.	
D620	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D640	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D650	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D660	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100
D680	Sulfato de amônio Cloreto de potássio	10 unidades	Morte	100

ANEXO C: Processo de cálculo das misturas de elementos minerais para o preparo de fertilizante organomineral nas proporções 2:1, segundo o processo de KIEHL.

Os testes de tolerância demonstraram a incompatibilidade do uso do nutriente mineral sulfato de amônio (que envolve N) na composição do fertilizante organomineral para o processo de vermicompostagem. Contudo, é necessário (para fins didáticos) preparar um fertilizante organomineral não mantendo a especificação mínima de 6% de “P” e “K”. Por exemplo, na falta de referências técnicas que indiquem a melhor solução, pode-se utilizar as proporções de 0:2:1 (onde os números já representam as concentrações em porcentagem) desses nutrientes. Dispõe-se dos seguintes materiais:

1. Superfosfato simples – $\text{Ca}_3(\text{P}_2\text{O}_5)_2$, com 20% de P_2O_5 ;
2. Cloreto de potássio – KCl , com 60% de K_2O ;
3. Matéria orgânica com 33,35% de umidade, 22,55% de matéria orgânica total, 0,94% de nitrogênio total; 0,57% de fósforo total, 0,45% de potássio total; 1,53% de cálcio total; 0,16% de magnésio total e 0,15% de enxofre total.

Recorrendo à tabela 4 verifica-se que com matéria-prima contendo 20% de matéria orgânica, pode-se preparar um quilograma (1kg) de mistura nas seguintes proporções:

- Fertilizante orgânico - 750g.
- Fertilizante mineral - 250g.

Para calcular o teor de superfosfato simples e de cloreto de potássio a ser adicionado ao fertilizante orgânico, utiliza-se do seguinte método (KIEHL, 1993):

$$• \quad EM = \frac{FOM \times CEM - GFO \times PEM}{M}$$

onde:

- EM – nutriente mineral (ex: superfosfato simples).
- FOM – quantidade de fertilizante organomineral a ser preparada (ex: 1000g).
- CEM – concentração do elemento mineral na fórmula N-P-K (ex: P = 2).
- GFO – quantidade de fertilizante orgânico necessário (ex: 750 g).
- PEM – porcentagem de elemento mineral presente na matéria orgânica (ex: 0,57% de fósforo total)
- M – porcentagem do elemento mineral presente no fertilizante mineral (ex: 20% de P_2O_5).

Utilizando o valor médio obtido das análise de material orgânico, a quantidade de superfosfato simples a ser acrescentado, para cada quilograma de fertilizante orgânico, é:

$$• \quad \text{Superfosfato simples} = \frac{1.000 \times 2 - 750 \times 0,57}{20}$$

$$• \quad \text{Superfosfato simples} = 78,62g.$$

Para o cloreto de potássio, a quantidade a ser acrescentado para cada quilograma de fertilizante orgânico é:

$$• \quad \text{Cloreto de potássio} = \frac{1000 \times 1 - 750 \times 0,45}{60}$$

$$• \quad \text{Cloreto de potássio} = 11,04g.$$

Somando-se 78,62g e 11,04 tem-se 89,66g de fertilizante mineral que, com 910,34g de fertilizante orgânico, perfazem um (1) quilograma de fertilizante organomineral, ou seja, para as 5.000g de substrato alimentar vermicompostável serão necessários 448,30g de fertilizante mineral, sendo que 393,10g de superfosfato simples e 55,20g de cloreto de potássio.

Como o teste experimental 4.2.4 (teste de toxicidade a diferentes misturas e dosagens de nutrientes minerais) determinou a utilização de 60% destes valores, ou seja, 60% de superfosfato simples (**235,86g**) e de cloreto de potássio (**33,12g**).

ANEXO D: Processo de cálculo das misturas de elementos minerais para o preparo de fertilizante organomineral nas proporções 3:3, segundo o processo de KIEHL.

Os testes de tolerância demonstraram a incompatibilidade do uso do nutriente mineral sulfato de amônio (que envolve N) na composição do fertilizante organomineral para o processo de vermicompostagem. Contudo, é possível preparar um fertilizante organomineral mantendo a especificação mínima de 6% acima citada, variando as concentrações dos dois nutrientes restantes. Por exemplo, na falta de referências técnicas que indiquem a melhor solução, pode-se partir da condição de igualdade nas concentrações desses nutrientes. Assim, para atingir 6% pode-se utilizar as proporções de 0:3:3 (onde o número 3 já representa a concentração em porcentagem). Conforme já citado, dispõe-se dos seguintes materiais (agora considerando as proporções fornecidas pela empresa produtora):

1. Superfosfato simples – $\text{Ca}_3(\text{P}_2\text{O}_5)_2$, com 20% de P_2O_5 ;
2. Cloreto de potássio – KCl , com 50% de K_2O ;
3. Matéria orgânica com 33,35% de umidade, 22,55% de matéria orgânica total, 0,94% de nitrogênio total; 0,57% de fósforo total, 0,45% de potássio total; 1,53% de cálcio total; 0,16% de magnésio total e 0,15% de enxofre total.

Recorrendo à tabela 4 verifica-se que com matéria-prima contendo 20% de matéria orgânica, pode-se preparar um quilograma (1kg) de mistura nas seguintes proporções:

- Fertilizante orgânico - 750g.
- Fertilizante mineral - 250g.

Para calcular o teor de superfosfato simples e de cloreto de potássio a ser adicionado ao fertilizante orgânico, utiliza-se do seguinte método (KIEHL, 1993):

$$EM = \frac{FOM \times CEM - GFO \times PEM}{M}$$

onde:

- EM – nutriente mineral (ex: superfosfato simples).
- FOM – quantidade de fertilizante organomineral a ser preparada (ex: 1000g).
- CEM – concentração do elemento mineral na fórmula N-P-K (ex: P = 3).
- GFO – quantidade de fertilizante orgânico necessário (ex: 750 g).
- PEM – porcentagem de elemento mineral presente na matéria orgânica (ex: 0,57% de fósforo total)
- M – porcentagem do elemento mineral presente no fertilizante mineral (ex: 20% de P_2O_5).

Utilizando o valor médio obtido da análise de material orgânico, a quantidade de superfosfato simples a ser acrescentado, para cada quilograma de fertilizante orgânico, é:

- Superfosfato simples = $\frac{1.000 \times 3 - 750 \times 0,57}{20}$
- Superfosfato simples = 128,62g.

Para o cloreto de potássio, a quantidade a ser acrescentado para cada quilograma de fertilizante orgânico é:

- Cloreto de potássio = $\frac{1000 \times 3 - 750 \times 0,45}{60}$
- Cloreto de potássio = 44,37g

Somando-se 128,62g e 44,37 tem-se 173,0g de fertilizante mineral que, com 827,0g de fertilizante orgânico, perfazem um (1) quilograma de fertilizante organomineral, ou seja, para as 5.000g de substrato alimentar vermicompostável serão necessários 864,95g de fertilizante mineral, sendo que 643,10g de superfosfato simples e 221,85g de cloreto de potássio.

Como o teste experimental 4.2.4 (teste de toxicidade a diferentes misturas e dosagens de nutrientes minerais) determinou a utilização de 60% destes valores, ou seja, 60% de superfosfato simples (**385,85g**) e de cloreto de potássio (**133,1g**).

Note-se que os procedimentos acima adotados envolvem uma proporção de fertilizante orgânico e fertilizante mineral que, inicialmente, é estabelecida a partir da umidade ótima para produzir um fertilizante organomineral para comercialização. Esta condição impôs a segunda proporção de 750/250 gramas (fertilizante orgânico e fertilizante mineral, respectivamente) em 1000 gramas de fertilizante organomineral. Note-se que este valor mantém-se inalterado quando do estabelecimento das proporções finais de N-P-K.

ANEXO E: Processo de cálculo das misturas de elementos minerais para o preparo de fertilizante organomineral nas proporções 4:2, segundo o processo de KIEHL.

Os testes de tolerância demonstraram a incompatibilidade do uso do nutriente mineral sulfato de amônio (que envolve N) na composição do fertilizante organomineral para o processo de vermicompostagem. Contudo, é possível preparar um fertilizante organomineral mantendo a especificação mínima de 6% acima citada, variando as concentrações dos dois nutrientes restantes. Assim, para atingir 6% pode-se utilizar as proporções de 0:4:2 (onde os números representam as concentrações em porcentagem). Conforme já citado, dispõe-se dos seguintes materiais:

1. Superfosfato simples – $\text{Ca}_3(\text{P}_2\text{O}_5)_2$, com 20% de P_2O_5 ;
2. Cloreto de potássio – KCl , com 50% de K_2O ;
3. Matéria orgânica com 33,35% de umidade, 22,55% de matéria orgânica total, 0,94% de nitrogênio total; 0,57% de fósforo total, 0,45% de potássio total; 1,53% de cálcio total; 0,16% de magnésio total e 0,15% de enxofre total.

Recorrendo à tabela 4 verifica-se que com matéria-prima contendo 20% de matéria orgânica, pode-se preparar um quilograma (1kg) de mistura nas seguintes proporções:

- Fertilizante orgânico - 750g.
- Fertilizante mineral - 250g.

Para calcular o teor de superfosfato simples e de cloreto de potássio a ser adicionado ao fertilizante orgânico, utiliza-se do seguinte método (KIEHL, 1993):

$$\bullet \quad EM = \frac{FOM \times CEM - GFO \times PEM}{M}$$

onde:

- EM – nutriente mineral (ex: superfosfato simples).
- FOM – quantidade de fertilizante organomineral a ser preparada (ex: 1000g).
- CEM – concentração do elemento mineral na fórmula N-P-K (ex: P = 3).
- GFO – quantidade de fertilizante orgânico necessário (ex: 750 g).
- PEM – porcentagem de elemento mineral presente na matéria orgânica (ex: 0,57% de fósforo total)
- M – porcentagem do elemento mineral presente no fertilizante mineral (ex: 20% de P_2O_5).

Utilizando o valor médio obtido das análise de material orgânico, a quantidade de superfosfato simples a ser acrescentado, para cada quilograma de fertilizante orgânico, é:

$$\bullet \quad \text{Superfosfato simples} = \frac{1.000 \times 4 - 750 \times 0,57}{20}$$

$$\bullet \quad \text{Superfosfato simples} = 178,62g.$$

Para o cloreto de potássio, a quantidade a ser acrescentado para cada quilograma de fertilizante orgânico é:

$$\bullet \quad \text{Cloreto de potássio} = \frac{1000 \times 2 - 750 \times 0,45}{50}$$

$$\bullet \quad \text{Cloreto de potássio} = 33,25g.$$

Somando-se 178,62g e 33,25 tem-se 211,87g de fertilizante mineral que, com 788,13g de fertilizante orgânico, perfazem um (1) quilograma de fertilizante

organomineral, ou seja, para as 5.000g de substrato alimentar vermicompostável serão necessários 1059,35g de fertilizante mineral, sendo que 893,10g de superfosfato simples e 166,25g de cloreto de potássio.

Como o teste experimental 4.2.4 (teste de toxicidade a diferentes misturas e dosagens de nutrientes minerais) determinou a utilização de 60% destes valores, ou seja, 60% de superfosfato simples (**535,86g**) e de cloreto de potássio (**99,75g**).

ANEXO F: Processo de cálculo da mistura de elementos minerais para o preparo de fertilizante organomineral na proporção 2:1, segundo o Processo de Passos Múltiplos. A partir da relação entre a formulação desejada para o fertilizante mineral (0:2:1)

e as proporções dos elementos minerais presentes no fertilizante mineral e informados pela empresa produtora do mesmo (20% de P_2O_5 , 50% de K_2O), obtém-se um valor (em peso) da quantidade de fertilizante mineral necessária para satisfazer a formulação acima citada. Por exemplo, o potássio participa na formulação com 1% e está presente em 50% do fertilizante mineral. Portanto, são necessárias 50g do sulfato de amônio fornecido pela empresa (o valor maior deve-se ao fato de haver, no material fornecido, uma quantidade substancial de impurezas e de inertes). Da mesma forma procede-se o cálculo para obter a massa de superfosfato simples (40g), totalizando 90g de fertilizantes minerais e 910g de fertilizante orgânico.

Como consequência do cálculo anterior, vê-se que se dispõe de 910g de fertilizante orgânico, com proporções de 0,94% de N, 0,57% de P e 0,45% de K. Assim, neste fertilizante orgânico dispõe-se, realmente, já das quantidades 8,55g de N, 5,18g de P e 4,1g de K, as quais podem ser economizadas do fertilizante mineral. O segundo passo deste cálculo, portanto, insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma, com exceção da fonte de nitrogênio, fonte de reação negativas em minhocas:

Formulação original	20g de P	10g de K	
Material já presente	5,18g de P	4,1g de K	
Material necessário	14,82g de P	5,9g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

A última linha corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral. Como o material é fornecido com impurezas, é necessário efetuar o

cômputo das impurezas para obter o valor total do material fornecido pela empresa.

Assim:

Elemento	Nova Formulação
Fósforo (P)	$14,82 / 0,2 = 74,1\text{g}$
Potássio (K)	$5,9 / 0,5 = 11,8\text{g}$

Tem-se, neste novo passo, um valor total de 85,9g de fertilizante mineral. Portanto restam 914,1g de fertilizante orgânico. Nota-se a diferença do valor 910g anteriormente adotado. Assim, refaz-se o cálculo da percentagem de P-K presente no fertilizante orgânico. Agora, neste fertilizante orgânico com as proporções de 0,57% de P e 0,45% de K tem-se 5,21g de P e 4,11g de K. O terceiro passo deste cálculo, portanto, insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	20g de P	10g de K	
Material já presente	5,21g de P	4,11g de K	
Material necessário	14,79g de P	5,89g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

Novamente a última linha corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral. Considerando as impurezas, o valor total do material fornecido pela empresa deve ser:

Elemento	Nova Formulação
Fósforo (P)	$14,9 / 0,2 = 74,5\text{g}$
Potássio (K)	$5,89 / 0,5 = 11,78\text{g}$

Tem-se, após este passo, o valor total de 86,28g de fertilizante mineral. Portanto restam 913,72g de fertilizante orgânico. Já se tem uma diferença relativamente pequena do valor 914,1g anteriormente adotado. Vê-se que o processo está convergindo. Para obter valores mais próximos da solução exata para este problema, parte-se para mais um passo (o que deu o nome de processo dos passos múltiplos para este tipo de cálculo). Como sempre, refaz-se o cálculo da percentagem de P-K presente no fertilizante orgânico. Com as proporções de 0,57% de P e 0,45% de K tem-se 5,20g de P e 4,11g de K. O quarto passo deste cálculo insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	20g de P	10g de K	
Material já presente	5,20g de P	4,11g de K	
Material necessário	14,8g de P	5,89g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

Trabalhando sobre a última linha, corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral e considerando as impurezas, o valor total do material fornecido pela empresa deve ser:

Elemento	Nova Formulação
Fósforo (P)	$14,8 / 0,2 = 74,0\text{g}$
Potássio (K)	$5,89 / 0,5 = 11,78\text{g}$

Tem-se, finalmente, o valor total de 85,78g de fertilizante mineral. Portanto restam 914,22g de fertilizante orgânico.

Refaz-se o cálculo da percentagem de P-K presente no fertilizante orgânico. Com as proporções de 0,57% de P e 0,45% de K tem-se 5,21g de P e 4,11g de K. O quarto passo deste cálculo insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	20g de P	10g de K	
Material já presente	5,21g de P	4,11g de K	
Material necessário	14,79g de P	5,89g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

Trabalhando sobre a última linha, corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral e considerando as impurezas, o valor total do material fornecido pela empresa deve ser:

Elemento	Nova Formulação
Fósforo (P)	$14,79 / 0,2 = 73,95\text{g}$
Potássio (K)	$5,89 / 0,5 = 11,78\text{g}$

Tem-se, após este passo, o valor total de 85,73g de fertilizante mineral. Portanto restam 914,27g de fertilizante orgânico. Já se tem uma diferença pequena do valor 914,22g anteriormente adotado e observa-se que o processo convergiu para um determinado valor que denominamos de solução.

Somando-se 73,95g e 11,78 tem-se 85,73g de fertilizante mineral que, com 914,27g de fertilizante orgânico, perfazem um (1) quilograma de fertilizante organomineral, ou seja, para as 5.000g de substrato alimentar vermicompostável serão necessários 428g de fertilizante mineral, sendo que 369,75g de superfosfato simples e 58,9g de cloreto de potássio.

Como o teste experimental 4.2.4 (teste de toxicidade a diferentes misturas e dosagens de nutrientes minerais) determinou a utilização de 60% destes valores, ou seja, 60% de superfosfato simples (**221,85g**) e de cloreto de potássio (**35,34g**).

ANEXO G: Processo de cálculo da mistura de elementos minerais para o preparo de fertilizante organomineral nas proporções 3:3, segundo o Processo Passos Múltiplos.

De fato, para considerar a proporção mais adequada de N-P-K é conveniente partir de valores arbitrários (considerando compostos “puros”) e, a partir de um processo iterativo, gerar uma solução que convirja para valores finais estáveis para os compostos contendo impurezas. Este procedimento não foi encontrado em trabalhos da área, considerando-se, portanto, que esta forma de abordagem seja inovadora. Denomina-se aqui, brevemente, esta forma de cálculo da formulação do fertilizante de “processo de passos múltiplos”.

A partir da relação entre a formulação desejada para o fertilizante mineral (0:3:3) e as proporções dos elementos minerais presentes no fertilizante mineral e informados pela empresa produtora do mesmo (20% de P_2O_5 , 50% de K_2O), obtém-se um valor (em peso) da quantidade de fertilizante mineral necessária para satisfazer a formulação acima citada. Por exemplo, o potássio participa na formulação com 3% e está presente em 50% do fertilizante mineral. Portanto, são necessárias 150g do sulfato de amônio fornecido pela empresa (o valor maior deve-se ao fato de haver, no material fornecido, uma quantidade substancial de impurezas e de inertes). Da mesma forma procede-se o cálculo para obter a massa de superfosfato simples (60g), totalizando 210g de fertilizantes minerais e 790g de fertilizante orgânico, diferente dos valores recomendados pela tabela 9.4 (750g de fertilizante orgânico e 250g de fertilizante mineral).

Como consequência do cálculo anterior, vê-se que se dispõe de 790g de fertilizante orgânico, com proporções de 0,94% de N, 0,57% de P e 0,45% de K. Assim, neste fertilizante orgânico dispõe-se, realmente, já das quantidades 7,7g de N, 4,67g de

P e 3,69g de K, as quais podem ser economizadas do fertilizante mineral. O segundo passo deste cálculo, portanto, insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma, com exceção da fonte de nitrogênio, fonte de reação negativas em minhocas:

Formulação original	30g de P	30g de K	
Material já presente	4,67g de P	3,69g de K	
Material necessário	25,33g de P	26,31g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

A última linha corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral. Como o material é fornecido com impurezas, é necessário efetuar o cômputo das impurezas para obter o valor total do material fornecido pela empresa. Assim:

Elemento	Nova Formulação
Fósforo (P)	$25,33 / 0,2 = 162,65\text{g}$
Potássio (K)	$26,31 / 0,5 = 52,62\text{g}$

Tem-se, neste novo passo, um valor total de 179,27g de fertilizante mineral. Portanto restam 820,73g de fertilizante orgânico. Nota-se a diferença do valor 790g anteriormente adotado. Assim, refaz-se o cálculo da percentagem de P-K presente no fertilizante orgânico. Agora, neste fertilizante orgânico com as proporções de 0,57% de P e 0,45% de K tem-se 4,67g de P e 3,69g de K. O terceiro passo deste cálculo, portanto, insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	30g de P	30g de K	
Material já presente	4,67g de P	3,69g de K	
Material necessário	25,33g de P	26,31g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

Novamente a última linha corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral. Considerando as impurezas, o valor total do material fornecido pela empresa deve ser:

Elemento	Nova Formulação
Fósforo (P)	$25,33 / 0,2 = 126,65\text{g}$
Potássio (K)	$26,31 / 0,5 = 52,62\text{g}$

Tem-se, após este passo, o valor total de 179,27g de fertilizante mineral. Portanto restam 820,73g de fertilizante orgânico. Não apresenta diferença do valor 820,73g anteriormente adotado. Vê-se que o processo convergiu para um determinado valor que denominamos de solução.

Somando-se 126,65 e 52,62 tem-se 179,27g de fertilizante mineral que, com 820,79 de fertilizante orgânico, perfazem um (1) quilograma de fertilizante organomineral, ou seja, para as 5.000g de substrato alimentar vermicompostável serão necessários 896,35g de fertilizante mineral, sendo que 633,25g de superfosfato simples e 263,1g de cloreto de potássio.

Como o teste experimental 4.2.4 (teste de toxicidade a diferentes misturas e dosagens de nutrientes minerais) determinou a utilização de 60% destes valores, ou seja, 60% de superfosfato simples (379,95g) e de cloreto de potássio (157,85g).

ANEXO H: Processo de cálculo das misturas de elementos minerais (P:K) para o preparo de fertilizante organomineral na proporção 4:2, segundo o Processo de passos Múltiplos.

A partir da relação entre a formulação desejada para o fertilizante mineral (0:4:2) e as proporções dos elementos minerais presentes no fertilizante mineral e informados pela empresa produtora do mesmo (20% de P_2O_5 , 50% de K_2O), obtém-se um valor (em peso) da quantidade de fertilizante mineral necessária para satisfazer a formulação acima citada. Por exemplo, o potássio participa na formulação com 2% e está presente em 50% do fertilizante mineral. Portanto, são necessárias 100g do sulfato de amônio fornecido pela empresa (o valor maior deve-se ao fato de haver, no material fornecido, uma quantidade substancial de impurezas e de inertes). Da mesma forma procede-se o cálculo para obter a massa de superfosfato simples (80g), totalizando 180g de fertilizantes minerais e 820g de fertilizante orgânico, diferente dos valores recomendados pela tabela 9.4 (750g de fertilizante orgânico e 250g de fertilizante mineral).

Como consequência do cálculo anterior, vê-se que se dispõe de 820g de fertilizante orgânico, com proporções de 0,94% de N, 0,57% de P e 0,45% de K. Assim, neste fertilizante orgânico dispõe-se, realmente, já das quantidades 7,7g de N, 4,67g de P e 3,69g de K, as quais podem ser economizadas do fertilizante mineral. O segundo passo deste cálculo, portanto, insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma, com exceção da fonte de nitrogênio, fonte de reação negativas em minhocas:

Formulação original	40g de P	20g de K	
Material já presente	4,67g de P	3,69g de K	
Material necessário	35,33g de P	16,31g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

A última linha corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral. Como o material é fornecido com impurezas, é necessário efetuar o cômputo das impurezas para obter o valor total do material fornecido pela empresa. Assim:

Elemento	Nova Formulação
Fósforo (P)	$35,33 / 0,2 = 176,65g$
Potássio (K)	$16,31 / 0,5 = 32,62g$

Tem-se, neste novo passo, um valor total de 209,27g de fertilizante mineral. Portanto restam 790,73g de fertilizante orgânico. Nota-se a diferença do valor 820g anteriormente adotado. Assim, refaz-se o cálculo da percentagem de P-K presente no fertilizante orgânico. Agora, neste fertilizante orgânico com as proporções de 0,57% de P e 0,45% de K tem-se 4,50g de P e 3,55g de K. O terceiro passo deste cálculo, portanto, insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	40g de P	20g de K	
Material já presente	4,50g de P	3,55g de K	
Material necessário	35,5g de P	16,45g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

Novamente a última linha corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral. Considerando as impurezas, o valor total do material fornecido pela empresa deve ser:

Elemento	Nova Formulação
Fósforo (P)	$35,5 / 0,2 = 177,5\text{g}$
Potássio (K)	$16,45 / 0,5 = 32,9\text{g}$

Tem-se, após este passo, o valor total de 210,4g de fertilizante mineral. Portanto restam 789,6g de fertilizante orgânico. Já se tem uma diferença relativamente pequena do valor 790,73g anteriormente adotado. Vê-se que o processo está convergindo. Para obter valores mais próximos da solução exata para este problema, parte-se para mais um passo (o que deu o nome de processo dos passos múltiplos para este tipo de cálculo). Como sempre, refaz-se o cálculo da percentagem de P-K presente no fertilizante orgânico. Com as proporções de 0,57% de P e 0,45% de K tem-se 4,50g de P e 3,55g de K. O quarto passo deste cálculo insere essas quantidades na formulação, da seguinte forma:

Formulação original	40g de P	20g de K	
Material já presente	4,50g de P	3,55g de K	
Material necessário	35,5g de P	16,45g de K	(Subtração dos Valores Anteriores)

Trabalhando sobre a última linha, corresponde às necessidades de material “puro” no fertilizante organomineral e considerando as impurezas, o valor total do material fornecido pela empresa deve ser:

Elemento	Nova Formulação
Fósforo (P)	$35,5 / 0,2 = 177,5\text{g}$
Potássio (K)	$16,45 / 0,5 = 32,9\text{g}$

Tem-se, finalmente, o valor total de 210,4g de fertilizante mineral. Portanto restam 789,6g de fertilizante orgânico, não havendo diferença para o valor anteriormente adotado e observa-se que o processo convergiu para um determinado valor que denominamos de solução.

Somando-se 177,4g e 32,9 tem-se 210,4g de fertilizante mineral que, com 789,9g de fertilizante orgânico, perfazem um (1) quilograma de fertilizante organomineral, ou seja, para as 5.000g de substrato alimentar vermicompostável serão necessários 1.052g de fertilizante mineral, sendo que 887,5g de superfosfato simples e 164,5g de cloreto de potássio.

Como o teste experimental 4.2.4 (teste de toxicidade a diferentes misturas e dosagens de nutrientes minerais) determinou a utilização de 60% destes valores, ou seja, 60% de superfosfato simples (**532,5g**) e de cloreto de potássio (**98,7g**).

ANEXO I: Variação de temperatura no decorrer do experimento.

<p>Data: 08/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 22°C. Temperatura máxima: 30°C. Temperatura mínima: 19°C. Temperatura do substrato: 22°C.</p> <p>Data: 10/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 31°C. Temperatura máxima: 31°C. Temperatura mínima: 19°C. Temperatura do substrato: 25°C.</p> <p>Data: 13/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 32°C. Temperatura máxima: 34°C. Temperatura mínima: 21°C. Temperatura do substrato: 26°C.</p> <p>Data: 16/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 27°C. Temperatura máxima: 33°C. Temperatura mínima: 21°C. Temperatura do substrato: 24°C.</p> <p>Data: 18/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 28°C. Temperatura máxima: 34°C. Temperatura mínima: 21°C. Temperatura do substrato: 22°C.</p> <p>Data: 20/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 30°C. Temperatura máxima: 32°C. Temperatura mínima: 21°C. Temperatura do substrato: 24°C.</p>	<p>Data: 22/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 26°C. Temperatura máxima: 31°C. Temperatura mínima: 21°C. Temperatura do substrato: 22°C.</p> <p>Data: 25/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 27°C. Temperatura máxima: 33°C. Temperatura mínima: 19°C. Temperatura do substrato: 24°C.</p> <p>Data: 27/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 23°C. Temperatura máxima: 26°C. Temperatura mínima: 17°C. Temperatura do substrato: 17°C.</p> <p>Data: 29/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 29°C. Temperatura máxima: 29°C. Temperatura mínima: 17°C. Temperatura do substrato: 22°C.</p> <p>Data: 30/10/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 24°C. Temperatura máxima: 30°C. Temperatura mínima: 20°C. Temperatura do substrato: 21°C.</p> <p>Data: 03/11/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 24°C. Temperatura máxima: 29°C. Temperatura mínima: 20°C. Temperatura do substrato: 20°C.</p> <p>Data: 04/11/99.</p> <p>Temperatura ambiente: 29°C. Temperatura máxima: 30°C. Temperatura mínima: 22°C. Temperatura do substrato: 24°C.</p>
---	---

8 Referências bibliográficas

- ALMEIDA, P.C.C. (1996). Minhocultura: tudo o que você precisa saber. Cuiabá. SEBRAE. 96p.
- AYRES, M. (1998). BioEstat:: aplicações estatísticas na área das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá. 193p.
- BENINCASA, M. (1997). Caracterização do lixo de CEASA: como substrato para compostagem e biodigestão anaeróbia e como alimento animal. 81p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu, Universidade Paulista.
- BERTON, R. S. (1997). Reciclagem de resíduos urbanos na agricultura: composto de lixo. In: 2º Encontro Nacional sobre Substâncias Húmicas, São Carlos, 1997. Anais. São Carlos, EMBRAPA – CNPDIA. p. 112.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (1987). Utilização de minhocas na produção de composto orgânico. São Paulo, CETESB. 8p.
- COUTINHO, J.L. (1996). Estudo de vermicompostagem de lodo sedimentado proveniente do processo de tratamento de águas residuárias de indústria de suco cítrico. 151p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- De AQUINO, A.M.; ALMEIDA, D.L.; FREIRE, L.R.; POLLI, H. (1994). *Reprodução de minhocas (Oligochaeta) em esterco bovino e bagaço de cana-de-açúcar*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.29, n.2, p. 161 – 168, Fev.
- FERNANDES FILHO, E.I. (1991). Relação entre algumas práticas de manejo e aplicação de biofertilizantes em propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, fase cerrado. 74p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

- FERTILIZANTES FOSFATADOS S/A (1997). Composição química da rocha fosfatada de Itabira. Uberaba./ Relatório técnico do Laboratório de Controle de Qualidade – FOSFÉRTIL S/A.
- JARDIM et al.(1996). Lixo municipal: manual de gerenciamento *integrado*. 2 ed. São Paulo, IPT/CEMPRE.
- KIEHL, E.J.(1985). Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, Editora Agronômica “Ceres” Ltda.
- KIEHL, E.J.(1993). Fertilizantes organominerais. Piracicaba, Edição do autor.
- LIMA, L.M.Q. (1991). Tratamento de Lixo. 2. ed. São Paulo, Hemus Editora Limitada.
- LOPES, A.S.; GUIMARÃES, P.T.G. (1989). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Lavras. Comissão de Fertilizantes do Solo do Estado de Minas Gerais.
- MALAVOLTA, E. (1979). ABC da adubação. Piracicaba, Editora Agronômica “Ceres” Ltda.
- MALAVOLTA, E. (1980). Elementos de nutrição mineral de plantas. Piracicaba, Editora Agronômica “Ceres” Ltda.
- MELLO, F.A.F. et al. (1983). Fertilidade do solo. São Paulo, Editora Nobel.
- NAHAS, E. (1991). Ciclo do fósforo: transformações microbianas. Jaboticabal. Faculdade de Ciências Agrária e Veterinária, Universidade Estadual de São Paulo.
- NUNOMURA, E.(1998). Lixo nas ruas demora horas para ser recolhido. *O Estado de São Paulo*, São Paulo. 10 mar. Cidades, p.C4.
- PASCHOAL, A.D. (1996). Minhocultura e vermicompostagem para pequenos, médios e grandes produtores. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Departamento de Zoologia.
- PEIXOTO, T.G.P. (1988). Compostagem: opção para manejo do solo. Londrina, Instituto Ambiental do Paraná.
- PRADO FILHO, J.F. (1986). Efeito da incorporação do composto de lixo domiciliar urbano sobre algumas características químicas e

- microbiológicas do solo e sua influência nas perdas de solo, água e nitrogênio por escoamento superficial. 154p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- RAIJ, B. et al. (1987). Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargil.
- STORER, T.I. et al. (1989). Zoologia Geral. Trad. por Cláudio Gilberto Froehlich. 3.ed. São Paulo, Editora Nacional.
- RODELLA, A. A. (1996). Métodos de avaliação de materiais orgânicos e efeitos de sua incorporação ao solo sobre a mobilização de macronutrientes. 135p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- VALE, F.R; GUILHERME, L.R.G; GUEDES, G.A.A. (1998). Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. FAEPE – UFLA.
- VALE, F.R; GUILHERME, L.R.G; GUEDES, G.A.A., 1998
- VERAS, L. U. V. (1996). A vermicompostagem do lodo de lagoas consorciada com composto de lixo orgânico urbano. 124 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TABLAS, M. C. et al. (1998). Curso permanente de minhocultura. Piracicaba. FEALQ - USP.