

UNIVERSIDADE DE UBERABA- UNIUBE

AMANDA APARECIDA DE ALMEIDA

FERNANDA FERRANTE DE ALMEIDA

**PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL A PARTIR DE
RESÍDUOS ORGÂNICOS**

UBERABA

2018

AMANDA APARECIDA DE ALMEIDA
FERNANDA FERRANTE DE ALMEIDA

**PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL A PARTIR DE
RESÍDUOS ORGÂNICOS**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Química na Universidade de Uberaba, como requisito parcial para a obtenção do grau em Engenharia Química.

Orientador: Profº. Mauro Luiz Begnini

UBERABA

2018

AMANDA APARECIDA DE ALMEIDA
FERNANDA FERRANTE DE ALMEIDA

**PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL A PARTIR DE
RESÍDUOS ORGÂNICOS**

Monografia apresentada ao curso de
Engenharia Química na Universidade de
Uberaba, como requisito parcial para a
obtenção do grau em Engenharia Química.

Aprovada em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Nome do Professor

Nome do Professor

Nome do Professor

Dedico aos meus pais Regina e José, ao
meu melhor amigo e companheiro Diego
Janoário e professores. Pela ajuda, apoio e por
sempre acreditarem em mim.

Dedico aos meus pais Célia Regina e Luiz Fernando e a toda minha família e professores. Pelos conhecimentos que adquiri, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela vida que nos deram e por estar com a gente durante todo tempo.

Aos nossos familiares por nos apoiarem sempre e por terem ajudado em todos os momentos que precisamos.

Ao nosso orientador Mauro Luiz Begnini, pela sua orientação, compreensão e paciência.

Aos professores Alexandre, Tiago Zanqueta e Finzer por terem tirado um tempinho para nos ajudar.

Ao professor André por ter disponibilizado materiais para o auxílio do nosso trabalho.

Aos técnicos do laboratório pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

“Pouco conhecimento faz com que as
pessoas se sintam orgulhosas. Muito
conhecimento, com que se sintam humildes”.

Leonardo da Vinci

RESUMO

Devido ao grande desperdício de alimentos no país e quase nenhuma destinação correta para eles, a utilização de resíduos orgânicos para a produção de fertilizante orgânico e a posterior produção de fertilizante organomineral, que possui muitas vantagens comparado aos demais fertilizantes é uma forma econômica e ambientalmente viável, sendo este o objetivo desse trabalho. A realização da compostagem com os resíduos orgânicos mostrou-se viável, sendo que o processo apresentou todas as fases desejadas, com duração de 1 mês e meio e um total de 7 kg de matéria orgânica, no estado humificado. Todas as análises realizadas na matéria orgânica foram satisfatórias, comprovando sua qualidade física e química, que é um ponto importante para a produção de fertilizante. O fertilizante orgânico produzido obteve uma formulação de NPK de 0,6-1,1-0,7 e o fertilizante mineral utilizado uma formulação de 9,2-9,2-9,2, como o fertilizante organomineral é uma junção dos dois a formulação obtida foi de 9,8-10,3-9,9, que mostrou um total de mistura NPK de 30% dentro das normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que é de no mínimo 10% e este possui a característica de trazer uma melhor eficiência em relação a qualidade física, biológica e química para o solo, além de muitas outras vantagens apresentadas neste trabalho que também possui algumas pesquisas que comprovam a eficiência do fertilizante organomineral para produtividade em comparação aos convencionais.

Palavras-chave: resíduos orgânicos; compostagem; fertilizante organomineral

ABSTRACT

Due to the big food waste in the country and almost no proper place for it, the use of organic waste for the production of organic fertilizer and the following production of organomineral fertilizer, which has many advantages compared to other fertilizers, is an economical and environmentally feasible way, which is the objective of this work. The performance of composting with the organic residues showed to be feasible, and the process presented all the desired phases, lasting month and a half with a total of 15,43 lbs of organic matter, in the humidified state. All analyzes performed on organic matter were satisfying, proving their physical and chemical quality, which is an important point for the production of fertilizer. The produced organic fertilizer obtained a formulation of 0.6-1.1-0.7 and the mineral fertilizer used a formulation of 9.2-9.2-9.2, as the organomineral fertilizer is a junction of the two the formulation obtained was of 9.8-10.3-9.9, which showed a total NPK blend of 30% within the standards established by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply which is at least 10% and this one has the characteristic to bring a better efficiency in relation to the physical, biological and chemical quality for the soil, besides many other advantages presented in this work that also has some researches which prove the efficiency of the organomineral fertilizer for productivity in comparison to the conventional ones.

Keywords: organic waste; composting; organomineral fertilizer

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: As três fases do solo.....	20
Figura 2: Ganhos e perdas de nutrientes do solo.....	24
Figura 3: Fases da compostagem (relação entre tempo e temperatura).....	28
Figura 4- Esquema de uma fábrica de fertilizante organomineral.....	35
Figura 5: Composteira doméstica.....	37
Figura 6: Resíduos orgânicos inteiros.....	37
Figura 7: Resíduos orgânicos triturados.....	38
Figura 8: Visualização interna da caixa superior após ser completamente preenchida.....	39
Figura 9: Processo de formação de húmus.....	39
Figura 10: Visualização interna da caixa superior durante o processo.....	40
Figura 11: Termômetro utilizado para medir temperatura.....	40
Figura 12: Chorume recolhido após 2 semanas.....	41
Figura 13: Tara da bandeja.....	42
Figura 14: Tara + peso da amostra úmida.....	42
Figura 15: Tara + peso da amostra seca.....	43
Figura 16: Massa do cadinho mais os inertes.....	44
Figura 17: Ponto de viragem da titulação.....	45
Figura 18: Tara do cadinho.....	46
Figura 19: Massa da amostra.....	46
Figura 20: Mufla.....	46
Figura 21: Massa cadinho + das cinzas.....	47
Figura 22: Peneiras sob agitador mecânico.....	48
Figura 23: Proveta com fertilizante orgânico.....	49
Figura 24: Massa fertilizante orgânico.....	50
Figura 25: Massa fertilizante mineral.....	50
Figura 26: Antes de misturar.....	50
Figura 27: Depois de misturar.....	50
Figura 28: Fertilizante Orgânico.....	51
Figura 29: Fertilizante Organomineral.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Componentes do ar atmosférico e do solo.....	21
Tabela 2 -Dimensões das frações da fase sólida do solo.....	21
Tabela 3- Formas de consistência do solo de acordo com os estados de umidade.	22
Tabela 4- Especificações dos fertilizantes compostos e mistos.	26
Tabela 5: Composição de alguns materiais utilizados na compostagem. (Materiais secos a 110°C).....	30
Tabela 6- Substâncias orgânicas utilizadas na compostagem	38
Tabela 7- Temperatura em relação aos dias do processo de compostagem em 5 pontos diferentes.	52
Tabela 8- Resultados da análise de umidade a 65°C.....	54
Tabela 9- Resultados obtidos no método da mufla.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivo específico	16
3. DESENVOLVIMENTO.....	17
3.1 revisão Bibliográfica.....	17
3.2 Efeitos da matéria orgânica sobre as propriedades do solo	18
3.2.1 Impactos sobre as propriedades físicas.....	18
3.2.2 Efeitos sobre as propriedades químicas.....	23
3.2.3 Efeitos sobre as propriedades físico-químicas	25
3.2.4 Efeitos sobre as propriedades biológicas.....	25
3.3 Fertilizantes orgânicos.....	26
3.3.1 Compostagem	27
3.3.2 Fatores que influenciam na compostagem	28
3.3.3 Fontes de material orgânico para compostagem	30
3.3.4 Utilização da <i>Eisenia fétida</i> (minhoca californiana)	31
3.3.5 Formação de chorume orgânico	31
3.4 Fertilizantes Minerais	31
3.5 Fertilizantes Organominerais.....	33
4 TRAJETÓRIA METODOLÓGICA	36
4.1 Compostagem	36
4.2 Análise fertilizante orgânico.....	41
4.2.1 Determinação do pH.....	41
4.2.2 Umidade a 60-65°C	42
4.2.3 Inertes	43
4.2.4 Carbono Orgânico	44
4.2.5 Demanda química de oxigênio	45
4.2.6 Matéria orgânica total (método da mufla)	45
4.2.7 Análise granulométrica.....	47
4.2.8 Densidade Aparente.....	48
4.2.9 Análise de NPK do Fertilizante Orgânico	49
4.3 Produção do fertilizante organomineral	49

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
5.1 Compostagem	51
5.1.1 Temperaturas na compostagem	51
5.2 Análises do fertilizante orgânico	53
5.2.1 Determinação do pH.....	53
5.2.2 Umidade a 60-65°C	54
5.2.3 Inertes	55
5.2.4 Carbono Orgânico	55
5.2.5 Demanda química de oxigênio	57
5.2.6 Matéria orgânica total (método da mufla)	57
5.2.7 Análise granulométrica.....	58
5.2.8 Densidade aparente.....	59
5.2.9 Teores de NPK fertilizante orgânico e relação C/N	59
5.3 Fertilizante Organomineral.....	60
5.3.1 Matéria orgânica e carbono orgânico no fertilizante organomineral.....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Devido à grande porcentagem de alimentos desperdiçados no mundo e quase não haver nenhum destino a estes a não ser o lixo, uma boa alternativa viável seria a reutilização destes alimentos para a produção de fertilizantes organominerais.

A produção agrícola no Brasil vem aumentando significativamente ao longo dos anos e isso se dá em função do uso de fertilizantes, sejam eles, minerais ou orgânicos, aplicados de forma correta desempenham o papel de fornecerem os nutrientes que são essenciais para o crescimento das plantas, sementes e frutos.

A produção mundial de alimento é suficiente para alimentar a população mundial, mas a realidade é diferente, cerca de 815 milhões de pessoas passam fome, ou seja 11% da população mundial. O desperdício de comida começa nas lavouras, cerca de 30 % do que é produzido no Brasil não chega aos consumidores, segundo FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) e os que chegam nas prateleiras boa parte é jogada fora, pois, 40% das pessoas assimilam um produto “feito” a impróprio para o consumo. Perde também boa parte dos alimentos durante o transporte, processamento e manuseio de varejo. De acordo com a ONU (Organização das Nações Unidas), 1,3 bilhão de toneladas de comida é desperdiçada ou se perde durante as cadeias produtivas de alimentos, este valor representa 30 % de toda a comida produzida no planeta.

Um solo bom e equilibrado é adquirido com a presença de matéria orgânica. E essa matéria orgânica é acumulada em vegetações exuberantes, originando-se as matas. E com esse aumento da produção agrícola vem se aumentando também os desmatamentos para a instalação de culturas. Estes desmatamentos provocados pelos agricultores traz um desequilíbrio para o solo devido à perda das matérias orgânicas. Um estudo realizado mostrou que em uma área recém desmatada, o solo perdeu metade da matéria orgânica e de nitrogênio em forma de NH_4 , 92,6% de K e quase 37% de P em forma de PO_4 em 22 anos. E para retornar o equilíbrio a este solo são necessárias eventuais adubações orgânicas. E se essas fertilizações forem manejadas de forma correta elevará os teores ao solo temporariamente.

Os fertilizantes organominerais são obtidos através da unificação dos fertilizantes orgânicos com os fertilizantes minerais. Essa união é bastante vantajosa para o solo e para nutrição das plantas, pois a matéria orgânica presente no fertilizante orgânico proporcionaria inúmeros benefícios tais como: um equilíbrio ao solo, retenção dos nutrientes minerais contra a lixiviação pela água das chuvas, retenção e complexação de poluentes, retenção de umidade,

estruturação e consistência do solo, na temperatura, manutenção de biodiversidade e proliferação de microrganismos benéficos. Já o papel dos fertilizantes minerais é recompor os macronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas

Os fertilizantes organominerais possuem uma maior concentração de N-P-K, conseqüentemente, trará vantagens na aplicação no solo, pois seu gasto seria menor que comparado aos demais fertilizantes e conseqüentemente trará vantagens no custo de transporte.

Esse trabalho se propõe a estudar a possibilidade da reutilização dos resíduos orgânicos que seriam descartados para a produção de fertilizante organomineral que é a combinação de fertilizante orgânico e mineral. Os fertilizantes orgânicos são obtidos através da decomposição destes resíduos, como a compostagem e sucessivamente o tratamento para melhorar as características físicas e químicas. Os fertilizantes minerais mais utilizados para a combinação com o fertilizante orgânico são os fosfatados, e estes são obtidos através da mineração, após a mineração a rocha passa por vários processos físicos como: lavra, britagem, homogeneização, moagem, deslamagem, condicionamento, flotação, filtração e secagem. E também por processos químicos como o ataque por ácidos fortes.

A justificativa da realização desse trabalho é poder tratar os resíduos alimentares que são desperdiçados e acarretam problemas sociais, econômicos e ambientais no mundo, a partir da compostagem que é um processo que visa degradar e estabilizar os resíduos de uma forma controlada e segura em questão da saúde humana e a partir dela produzir fertilizantes organominerais, que também possuem vantagens ambientais e econômicas.

A pesquisa adotada no trabalho conforme o procedimento é do tipo bibliográfica. Os seguintes procedimentos para tal, será a realização de um fichamento e o resumo de artigos e livros lidos. Os autores que serão mais destacados através dessa pesquisa será o Edmar José Kiehl e Efraim Cekinski, *et al.*

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar as vantagens de se produzir fertilizante organomineral a partir de resíduos orgânicos.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para a realização deste estudo foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Realizar a compostagem dos resíduos orgânicos;
- b) Produzir o fertilizante organomineral a partir da matéria orgânica obtida na compostagem;
- c) Realizar as análises com a matéria orgânica produzida;
- d) Comparar os fertilizantes organominerais com os fertilizantes convencionais, para avaliação da eficiência do mesmo.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O homem demorou cerca de 50 milênios para aprender a cultivar a terra de maneira sistemática e abandonar uma postura de predador. Os primeiros indícios de atividade agrícolas foram registrados na Mesopotâmia e no Egito antigo precisamente no Vale do Nilo. Nestas regiões ocorriam inundações e estas inundações traziam consigo compostos orgânicos e inorgânico, e através deste fenômeno, o homem passou a trabalhar no solo, aprimorando a fertilidade deste. (CEKINSKI, *et al.*, 1990)

Os índios Maias, ao cultivarem o milho faziam covas e nelas eles colocavam peixes em oferta aos Deuses, sem terem o conhecimento de que essa prática fertilizava o solo, pois o peixe entrava em decomposição, e assim se tornava um ótimo nutriente para as plantas, devido às concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio. No oriente, incorporavam esterco e cama de animais no solo, essa prática de adubação foi sendo realizada há vários séculos. Na velha Roma, todas as práticas agrícolas foram registradas pelos filósofos, tais práticas como: adubação verde, estercação, calagem, cobertura morta e rotação de cultura. Estas atividades foram de grande importância e até em dias atuais ainda são empregadas. (CEKINSKI, *et al.*, 1990)

O solo que hoje conhecemos é formado a partir do processo de intemperização mineral de origem ou material de origem, ou seja, uma rocha consolidada. Esse processo de intemperização pode ocorrer por ações naturais e/ou antropogênica, durante milhares de anos, até chegar ao estado fino convencional. Com o prosseguimento do intemperismo sob o material de origem, inicia-se a fragmentação da rocha, formando assim, os materiais primários e secundários.

Um bom solo é obtido através do equilíbrio de matéria orgânica presente neste. E esse equilíbrio é adquirido por meio de vegetações, como por exemplo matas formadas. Quando ocorre um desmatamento o solo começa a entrar em desequilíbrio e se este não for fertilizado de maneira correta com o passar dos anos os nutrientes e a matéria orgânica só irão diminuindo.

O papel da matéria orgânica no solo além de trazer os aspectos físicos e químicos no solo, também traz as atividades microbianas. O microrganismo decompõe esta matéria e mineralizam os nutrientes para que as plantas possam absorvê-los sucessivamente.

A fertilidade do solo depende de três condições: climáticas, físicas e químicas. As condições climáticas são as mais difíceis de controlar e é considerado um fator primário, pois

limitam a produção agrícola. As condições físicas são consideradas como fator secundário e representa um grau mediano em relação ao controle. Finalizando, as condições químicas são fatores terciários, pois, se apresentam relativamente mais fáceis de modificá-las. (KIEHL, 1985)

$$\text{Produtividade} = F + F_1 + F_2$$

3.2 EFEITOS DA MATÉRIA ORGÂNICA SOBRE AS PROPRIEDADES DO SOLO

Um solo pode possuir uma riqueza e diversidade de nutrientes, tornando-o um solo fértil, porém se as demais condições estiverem em desacordo, ou seja, desfavoráveis, este solo tornará improdutivo. (KIEHL, 1985)

É impossível alterar as condições climáticas de uma determinada região, porém alguns agricultores conseguem modificar o clima natural de uma específica área através de microclima. Para retomar ou até melhorar as condições físicas do solo é fundamental empregar a matéria orgânica neste solo e fornecer um manejo adequado. (KIEHL, 1985)

O estudo da fertilidade do solo é dividido em dois grupos:

- Coloides minerais e orgânicos capacitados de adsorver os nutrientes essenciais para as plantas, impedindo que estes sejam arrastados pelas águas das chuvas.
- Pobres em argila e/ou matéria orgânica que são incapazes de assegurar os nutrientes disponibilizados pelos minerais do solo ou aqueles providos dos fertilizantes minerais.

3.2.1 Impactos sobre as propriedades físicas

A matéria orgânica é conhecida como um agente melhorador do solo e não como fertilizante, que dispõe de nutrientes. As principais propriedades que são influenciadas pela adição de matéria orgânica são:

➤ **Densidade aparente**

Segundo (Kiehl, 1985) densidade aparente é a relação entre a massa de uma amostra de solo seca a 110°C e o volume aparente ocupado pela soma das partículas e poros. Em solos arenosos a densidade varia de 1,4 a 1,6 g/cm³, em solos mais argilosos a densidade varia de 1,2 a 1,4 g/cm³ já os solos que possuem muita matéria orgânica apresentam uma densidade de 0,6

a $0,8 \text{ g/cm}^3$, geralmente solos orgânicos possuem densidade abaixo de $1,0 \text{ g/cm}^3$ e estes tendem a ser mais leves que a água, ou sejam, poderiam flutuar caso impermeáveis. (KIEHL, 1985)

Os solos que apresentam uma densidade variando de $1,7$ a $1,9 \text{ g/cm}^3$ impede a emergência das sementes e dificulta o crescimento radicular. A adição correta da matéria orgânica no solo diminui a densidade aparente e este efeito é imediato pelo fato da matéria orgânica ter uma densidade menor. A matéria orgânica promove uma redução na densidade aparente direta e indiretamente tornando o solo mais “solto”. (KIEHL, 1985)

➤ **Estruturação**

Os agregados são formados por duas condições, a primeira é através de uma força mecânica provocado pelo crescimento de raízes das plantas, por animais terrestres, expansão quando o solo é molhado e contração quando o solo seca. Todos esses acontecimentos provocam no solo uma aproximação das partículas. A segunda condição é ocasionada por agentes cimentantes, logo após a aproximação das partículas, estes agentes solidificam essa união. Os agentes cimentantes são matéria orgânica humificada em companhia com sais minerais. (BAVER, 1975)

Existe também o contato entre os coloides orgânicos e inorgânicos originando complexos que auxiliam na estruturação do solo. (BAVER, 1975)

A matéria orgânica em comparação com a argila, oferece ao solo uma maior eficiência para a formação de agregados. E em solos arenosos o húmus é mais eficaz para formar agregados estáveis, devido as atividades microbianas proporcionada pela fauna terrestre e vegetação, que são fatores relacionados à presença de matéria orgânica. (MORTENSEN, 1964)

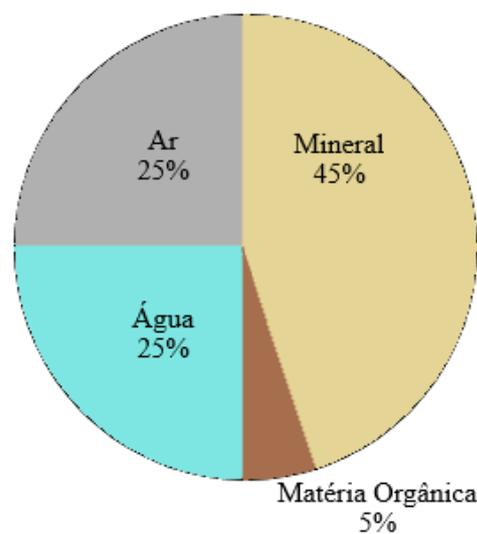
A adição da matéria orgânica no solo faz com que aumente as atividades dos microrganismos. Micélios dos fungos, actinomicetes e até mesmo substâncias viscosas formadas pelas bactérias atuam como elementos aglutinantes das partículas. Os polissacarídeos são os produtos formado pelos microrganismos de maior importância como agente cimentante. (KIEHL, 1985)

Um outro ponto de grande importância sobre estruturação é que as estruturas do solo a proteger contra a erosão hídrica e eólica, ou seja, os agregados formados são maiores que as partículas que os compõem, portanto é mais difícil de serem levados pela enxurrada. (KIEHL, 1985)

➤ Aeração e drenagem

A matéria orgânica é um agente melhorador da aeração e drenagem interna do solo. Segundo (KIEHL, 1985), “o solo é formado por um sistema composto de três fases: sólido, líquido e gasoso (Figura 1). Sólido é formado pelas matérias orgânicas e inorgânicas; líquido pela água (solução do solo); gasosa é o ar do solo”.

Figura 1: As três fases do solo.



Fonte: CAMARGOS (2005)

Estas três fases estão presentes no solo com diferentes proporções, a fase líquida que é a solução do solo ocupa 25%, e é aonde as plantas retiram através de suas raízes os nutrientes contidos nela. Os nutrientes contidos na fase líquida são encontrados em baixas concentrações que estão susceptíveis a variações de concentrações mesmo a pequenas distâncias. (CAMARGOS, 2005)

Os principais nutrientes encontrados na solução do solo são:

Formas de cátions: H_3O^+ ; NH_4^+ ; K^+ ; Ca^{++} , Mg^{++} ; Cu^{++} ; Fe^{++} ; Mn^{++} ; Zn^{++} ; Al^{3+} ; $\text{Al}(\text{OH})_2^+$; $\text{Al}(\text{OH})_3^+$; Na^+ (solos salinos).

Formas de ânions: HCO_3^- ; NO_3^- ; H_2PO_4^- ; HPO_4^- ; SO_4^- , Cl^-

A fase gasosa do solo ocupa também 25% nos espaços poroso do solo e é o mesmo ar encontrado na atmosfera (Tabela 1). A importância desta fase é que permite a respiração das

raízes, gerando assim energia (ATP) que é primordial no processo de absorção de nutrientes. (CAMARGOS, 2005)

Tabela 1- Componentes do ar atmosférico e do solo.

Fase gasosa	O₂%	CO₂%	N₂%
Atmosfera	21	0,03	72
Solo	20	0,3-1,0*	72

Fonte: CAMARGOS (2005)

* CO₂ produzido no solo é maior do que o da atmosfera, devido à respiração e decomposição das raízes.

A aeração do solo possibilita a troca entre o CO₂ contido nas regiões com porosidade e o O₂ do ar atmosférico. O CO₂ é formado através dos processos respiratórios das raízes e microrganismos, já o O₂ é usado no processo. As raízes conseguem se desenvolver em solo com 10% de porosidade de aeração, porém, uma boa aeração do solo está entre 20 a 30%, tratando-se de agregados com diâmetros de 2 a 3 mm. (BAVER, 1975)

Já a fase sólida ocupa os 50% sendo que 5% é composto por matéria orgânica e os 45% de minerais (inorgânica), onde são divididas em frações de acordo com a Tabela a seguir:

Tabela 2 -Dimensões das frações da fase sólida do solo

Frações	Dimensões
Pedra	> 20
Cascalho	20 – 2
Areia	2 – 0,02
Silte	0,02 – 0,002
Argila	< 0,002 (2μ)

Fonte: CAMARGOS (2005)

A drenagem é a capacidade da água no solo de se mover a uma determinada velocidade entre os agregados e as partículas sem provocar grandes encharcamentos. Quando ocorre do solo estar muito saturado, ou seja, encharcado, o oxigênio presente no ar atmosférico não poderá entrar no solo e nem o CO₂ liberado, aumentando assim a quantidade de CO₂ no solo, e isso

provocará danos às culturas. A matéria orgânica é o melhor agente melhorador da drenagem nos solos. (KIEHL, 1985)

➤ Retenção de água

A retenção de água está vinculada à capacidade do solo de reter água, e esta capacidade pode ser influenciada pela estrutura e textura do solo. (TAVARES, *et al*, 2008)

A matéria orgânica favorece ao solo a capacidade de retenção de água de forma direta e indireta. E esta é de suma importância para o desenvolvimento e crescimento das plantas, pois, funciona como um solvente dos nutrientes e como um meio de transporte no interior dos vegetais, podendo assim ser armazenada por capilaridade na região das raízes. (KIEHL, 1985)

A matéria orgânica tem um poder de aumentar retenção de água. Em solos com grandes de matéria orgânica proporcionam uma maior capacidade de retenção de água. Solos mais densos retêm água com mais força e em pequenas quantidades se comparados com solos com característica natural. (TAVARES, *et al*, 2008)

A matéria orgânica pura tem o poder de reter até 80% de água e à medida que ela vai se humificando, esta capacidade vai cada vez se elevando, alcançando em torno de 160%. E quando o material é rico em colóides, poderão atingir de 300 a 400% a retenção de água. (KIEHL, 1985)

➤ Consistência

A consistência do solo é a relação da composição do material com diferentes teores de umidade. A matéria orgânica modifica a consistência do solo, diminuindo a tenacidade, a plasticidade, a aderência e aperfeiçoa a friabilidade. Onde pode-se observar a consistência para os solos seco, úmido e molhado na Tabela a seguir. (TAVARES, *et al*, 2008)

Tabela 3- Formas de consistência do solo de acordo com os estados de umidade.

Água crescente →

Estado de umidade	Seco	Úmido	Molhado	
Forma de consistência	Dura ou tenaz	Friável	Plástica	Viscosa ou aderente
			LP	LL

Fonte: KIEHL (1985)

Onde:

LP: Limite de plasticidade

LL: Limite de liquidez

A consistência do solo também proporciona forças de adesão e coesão entre as partículas, que variam de acordo com a quantidade de água presente no solo. (TAVARES, *et al*, 2008)

➤ **Outras influências**

O teor de húmus e as diferentes regiões climáticas podem interferirem na coloração do solo. A temperatura também é influenciada pela matéria orgânica, quando o solo é rico em húmus, ou seja, solos mais escuros, tendem a absorverem mais calor, se comparado com os solos mais claros. De todos os componentes existentes no solo, os húmus são os que possuem maior calor específico e a areia o menor. (KIEHL, 1985)

3.2.2 Efeitos sobre as propriedades químicas

A matéria orgânica é uma importante fonte de nutrientes para as plantas, para microflora e microfauna, pois os húmus oferecem ao solo três distintas funções além de ser alimento vegetal, como: fornecedor de nutrientes, corretivo da toxidez e melhorador do solo. (KIEHL, 1985)

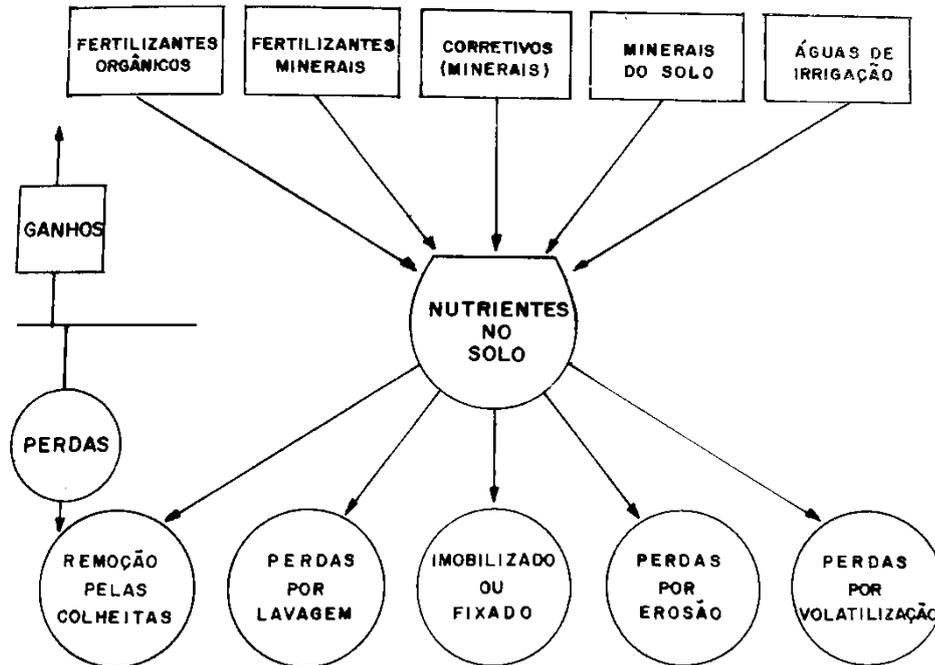
Segundo (CAMARGOS, 2005) em média as plantas necessitam de 18 elementos químicos que são indispensáveis no seu metabolismo. Esses elementos são divididos da seguinte forma:

Orgânicos: Carbono, hidrogênio e oxigênio, que são obtidos do ar e da água, porem podem ser extraídos na matéria orgânica.

Minerais: Macronutrientes primários (N, P e K) e secundários (Ca, Mg e S) e os micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Si e Zn), que são obtidos do solo.

A matéria orgânica é um importante estoque de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes. Cerca de 95% do N e 60 a 80% de P total são provenientes da matéria orgânica do solo. A disponibilidade desses nutrientes no solo é proveniente de determinadas causas e consequências, como descrito na figura a seguir:

Figura 2: Ganhos e perdas de nutrientes do solo.



Fonte: KIEHL (1985)

A matéria orgânica além de promover os nutrientes e melhorar as condições físicas do solo, ela também contribui: na correção de substâncias tóxicas, na correção do pH e tem poder tampão.

➤ **Correção de substâncias tóxicas**

A matéria orgânica humificada possui uma grande capacidade de controlar a toxidez de substâncias, como: Al, Fe, Mn, Cr, Ar, Ni, F, Ba, Se, Hg e Pb, pois os húmus têm o poder de fixar, complexar ou quelar esses elementos. Essas substâncias tóxicas em concentrações elevadas prejudica o solo e as plantas. (KIEHL,1985)

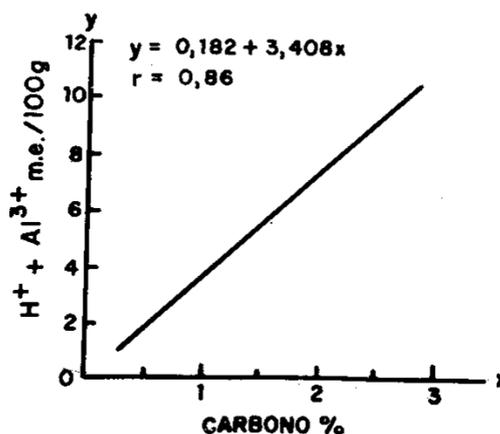
➤ **Aumento do poder tampão e correção do pH**

A matéria orgânica pode aumentar tamponamento do solo graças à presença de ácidos fracos existente (carboxílicos e fenólicos) diminuindo assim as variações na reação do solo. (CUNHA, 2015).

Os húmus presentes na matéria orgânica fazem com que os solos mais ácidos ficam com um pH mais agradável para as plantas, pois segundo Kiehl (1985) “a matéria orgânica

decomposta sob condições aeróbias, tem reação alcalina, pelos humatos alcalinos que forma, concorrendo para elevar o pH temporariamente”. O gráfico a seguir mostra a relação da matéria orgânica do solo com a soma de hidrogênios mais alumínio.

Gráfico 1: Relação carbono orgânico com pH do solo



Fonte: KIEHL (1985)

3.2.3 Efeitos sobre as propriedades físico-químicas

Os fertilizantes orgânicos atuam nas propriedades físico-químicas do solo, tais como: absorção de nutrientes, CTC (capacidade de troca catiônica) e superfície específica. (CUNHA, 2015)

Para a CTC e absorção de nutrientes, os coloides orgânicos húmus possuem uma capacidade de absorver os cátions presentes na solução do solo e depois concede-los para as raízes das plantas. Estas substâncias húmicas possuem alta superfície específica, aumentando também a capacidade de absorção de nutrientes e de fornecimento destes às plantas. (KIEHL, 1985)

3.2.4 Efeitos sobre as propriedades biológicas

Os microrganismos decompõem a matéria orgânica no solo, fazem a ciclagem de nutrientes, imobilizam os nutrientes em suas próprias células, dentre outras. (CUNHA, 2015)

Existe uma infinidade de microrganismos (microscópicos e macroscópicos) no solo, e grande parte destes associados à matéria orgânica são benéficos para as plantas. A matéria orgânica é uma fonte de energia e de nutrientes para esses microrganismos que trabalham num ciclo biológico, favorecendo a fertilidade, produtividade, melhorando as condições físicas e químicas do solo beneficiando assim a vida vegetal. (KIEHL, 1985)

3.3 FERTILIZANTES ORGÂNICOS

Os fertilizantes orgânicos são definidos como todo produto de origem vegetal ou animal, com a função de aplicar melhorias no solo, desde que seja aplicado de maneira adequada. Essas melhorias são capazes de fornecer os nutrientes necessários para o crescimento das plantas.

Segundo a legislação brasileira, os fertilizantes orgânicos podem ser divididos em três categorias, como fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos.

“É um produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas; fertilizante orgânico misto produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas; fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal” (MAPA, 2009)

O quadro a seguir mostra as seguintes especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e composto segundo a Instrução Normativa N° 25 de 23 de julho de 2009. (MAPA,2009)

Tabela 4- Especificações dos fertilizantes compostos e mistos.

Garantia	Misto/composto			
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Umidade (máx)	50	50	50	70
N total (mín)	0,5	0,5	0,5	0,5
*Carbono orgânico (mín)	15	15	15	15
*CTC (1)	Conforme declarado			
pH (mín)	6,0	6,0	6,5	6,0
Relação C/N (máx)	20	20	20	20
*Relação CTC/C (1)	Conforme declarado			
Outros nutrientes	Conforme declarado			

(1) é obrigatório a declaração no processo de registro de produto

Fonte: MAPA (2009)

A matéria orgânica desempenha um papel importante em relação ao equilíbrio das atividades microbianas presentes no solo, e estes microrganismos são responsáveis pela regulação da decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos. (RABELO, 2015)

3.3.1 Compostagem

A compostagem pode ser definida como um processo de melhoramento das condições da matéria-prima para ser utilizado no solo, de uma forma que esse resultado possa ser obtido mais rapidamente. A obtenção da compostagem pode ser feita a partir de matérias primas que tenham uma relação C/N próprios para o metabolismo dos organismos e dispondo essa matéria prima em um local adequado, para que possa ser realizado o tipo de fermentação que for mais desejada, controlando os fatores da mesma. (KIEHL, 1985).

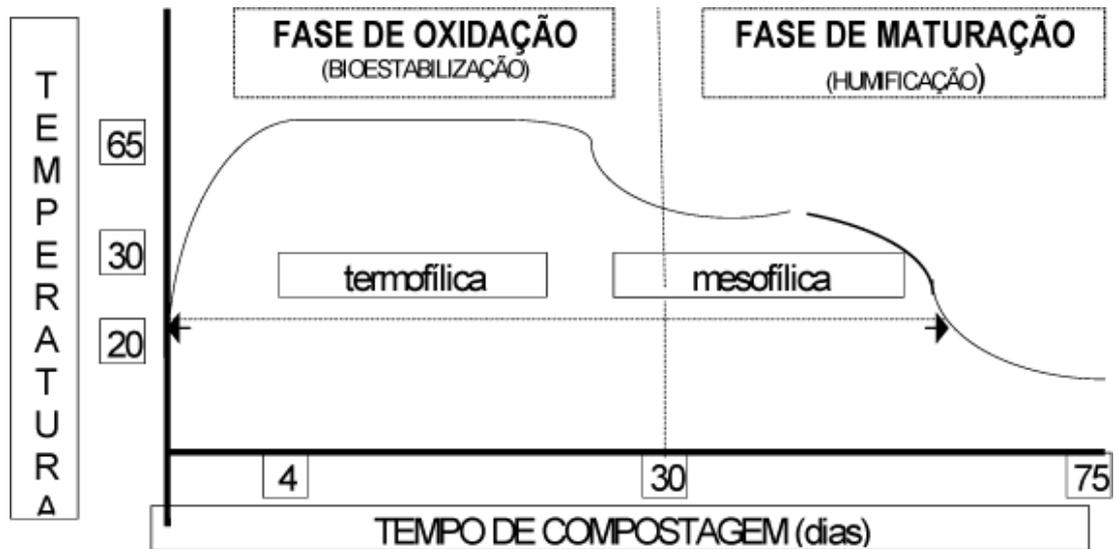
Segundo (COOPER, *et al*, 2010) “a compostagem é um processo natural de transformação de materiais orgânicos, de origem vegetal e animal. O conjunto de técnicas empregadas nesse processo visa a otimização das ações dos agentes biológicos transformadores e decompositores da matéria orgânica”.

Os materiais utilizados para a compostagem podem ser todos os resíduos orgânicos em geral, que são ricos em carbono e nitrogênio, essa combinação de materiais permite que a compostagem seja terminada mais rapidamente, através dos benefícios que esses compostos (carbono e nitrogênio) podem trazer ao processo e os microrganismos envolvidos nele.

Uma das vantagens de se aplicar o processo de compostagem é poder obter uma forma mais viável para o meio ambiente e para a sociedade de se tratar os resíduos urbanos, que são poluentes e podem trazer complicações para a saúde humana. A compostagem traz não só benefícios ambientais, como financeiros, uma vez que o produto da compostagem podem ser os fertilizantes que são utilizados pelos agricultores, como fonte de nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas.

De acordo com Kiehl (1998) a compostagem é realizada em três fases, sendo a primeira de composto cru ou imaturo, que consiste na fase mesófila, com temperaturas moderadas e podem durar de dois a cinco dias, seguido pela segunda fase, de semi-cura, onde predomina a fase termófila, com temperaturas maiores que 40°C e a terceira fase consiste na humificação, que é o período de estabilização, onde ocorre o resfriamento. Todas essas fases e o tempo em que demoram para serem executadas estão relacionados com a temperatura no processo, como é mostrado na Figura 3.

Figura 3: Fases da compostagem (relação entre tempo e temperatura).



Fonte: (MOURA & SELVAM, 2006).

3.3.2 Fatores que influenciam na compostagem

Para que a compostagem possa ser completada sem quaisquer interferências, alguns fatores têm que ser devidamente controlados ao longo desse processo, como sendo listados os principais que são a umidade, pH, temperatura, aeração, microrganismos, relação C:N (já citado anteriormente).

➤ Umidade

Por se tratar da degradação da matéria orgânica, não pode haver a falta da água no processo de compostagem, que é fundamental para os microrganismos envolvidos. Quanto mais fina a matéria orgânica, maior a sua retenção de água. Em cascas, palhas e outros materiais fibrosos, a capacidade de retenção pode chegar de 60 a 70% de água. As substâncias de fina granulometria, como a borra de café, possuem tendência a se compactar, necessitando que no início da compostagem a umidade seja inferior a 60%, como também o tamanho da partícula e sua resistência a compactação podem determinar o seu teor de umidade, assim também como a porosidade. (KIEHL, 1985)

➤ Temperatura

Devido aos microrganismos necessitarem de uma temperatura ótima para o seu desenvolvimento, é de grande importância que a temperatura seja controlada, pois alguma

interferência sendo para mais ou para menos pode prejudicar o seu desenvolvimento. É recomendável que se coloque uma grande quantidade de matéria orgânica para ser decomposta, por serem bons isolantes térmicos, fazendo com que o calor se acumule e a temperatura se eleve a cerca de 80°C, que acaba com os organismos patogênicos, por não serem resistentes a elevadas temperaturas. (KIEHL, 1985)

➤ **Aeração**

Segundo Peixoto (1988), “a aeração é o fator mais importante a ser considerado quando se trata da decomposição da matéria orgânica. A compostagem pode ser realizada de forma aeróbia ou anaeróbia, porém quando utilizado a compostagem para tratamento de resíduos orgânicos deve ser feita em um ambiente aeróbico, que é o ideal para o metabolismo dos microrganismos e evita os maus odores e presença de insetos indesejáveis, como as moscas. O consumo do oxigênio depende de outros fatores, como a temperatura, umidade, granulometria, etc.” (apud VALENTE et al., 2009)

➤ **Microrganismos**

De acordo com Smith e Paul (1990) “o entendimento dos processos microbianos é importante para o conhecimento da ciclagem de nutrientes e da dinâmica da matéria orgânica.” (apud VALENTE et al., 2009). Miller (1992) diz “que as espécies e a atividade metabólica do microrganismo podem determinar a fase da compostagem, como por exemplo na fase mesófila, predominam as bactérias, que são as responsáveis pela quebra inicial da matéria orgânica.” (apud VALENTE et al., 2009)

Segundo Peixoto (1988) “quando ocorre o aumento da temperatura, os microrganismos mesófilos morrem, devido a liberação de calor, ocorrendo assim a multiplicação de bactérias e fungos termófilos, como afirma Riffaldi, et al.” (1986). (apud VALENTE et al., 2009)

➤ **Relação Carbono/Nitrogênio**

Conforme Sharma et al. (1997) “os microrganismos heterotróficos dependem tanto do C para fonte de energia quanto de N, para síntese de proteínas, portanto, a relação C/N é utilizado para determinar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e o crescimento microbiológico.” Assim como diz Morrel et al. (1985) que “a determinação da relação C/N deve ser feita tanto no material a ser compostado como no produto final.” (apud VALENTE et al., 2009)

3.3.3 Fontes de material orgânico para compostagem

Os compostos mais verdes e frescos tendem a possuir uma maior concentração de nitrogênio em relação aos materiais secos e acastanhados. As matérias primas utilizadas para o processo de compostagem são divididas em duas classes: materiais ricos em carbono e materiais ricos em nitrogênio. Lenha, cascas, folhas secas, palhas, fenos e papel são mais ricos em carbono. Os compostos mais ricos em nitrogênio são folhas verdes, esterco de animais, restos de vegetais hortícolas, urina, etc. (OLIVEIRA, *et al*, 2008)

Para obter uma compostagem eficiente alguns materiais devem ser evitados tais como: vidro, plásticos, papéis encerado, tintas, gorduras e ossos inteiros. A carne também deverá ser evitada pois ela pode atrair animais nas pilhas de compostagem. (OLIVEIRA, *et al*, 2008)

A seguir na Tabela 5 alguns materiais utilizados no processo de compostagem e suas respectivas concentrações dos elementos mais importantes no estudo de fertilidade do solo.

Tabela 5: Composição de alguns materiais utilizados na compostagem. (Materiais secos a 110°C)

MATERIAL	M.O. (g/kg)	C/N	C (g/kg)*	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)
Abacaxi (fibras)	714,1	44/1	396,0	9,0	-	4,6
Arroz (cascas)	850,0	63/1	472,5	7,5	1,5	5,3
Arroz (palhas)	543,4	39/1	304,2	7,8	5,8	4,1
Bagaço de carne	585,0	22/1	327,8	14,9	2,8	9,9
Bagaço de laranja	225,1	18/1	127,8	7,1	1,8	4,1
Borra de café	867,9	25/1	477,5	19,1	1,7	0,2
Capim-colônia	910,3	27/1	504,9	18,7	5,3	-
Esterco de gado	621,1	18/1	345,6	19,2	10,1	16,2
Esterco de galinha	540,0	10/1	304,0	30,4	47,0	18,9
Feijão guandu	959,0	29/1	524,9	18,1	5,9	11,4
Grama batatais	908,0	36/1	500,4	13,9	3,6	-
Serrapilheira	306,8	17/1	163,2	9,6	0,8	1,9
Serragem de madeira	934,5	865/1	519,0	0,6	0,1	0,1
Torta de usina de açúcar	787,8	20/1	438,0	21,9	23,2	12,3
Turfa	398,9	57/1	222,3	3,9	0,1	3,2

Fonte: (OLIVEIRA, *et al.*, 2008)

M.O. – matéria orgânica; C/N – relação carbono/nitrogênio

* o teor de C foi calculado com base na relação C/N e teores de N informados pelo autor.

3.3.4 Utilização da *Eisenia fétida* (minhoca californiana)

Uma forma de se obter o aceleração no processo da compostagem doméstica é a utilização de minhocas do tipo *Eisenia fétida*, conhecida como californianas, que podem transformar os resíduos orgânicos em adubo que são ótimos condicionadores para o solo, conhecido como o húmus da minhoca, proporcionando uma melhora física, química e biológica no solo, e isso tudo em um período reduzido de tempo, pela velocidade das minhocas nesse processo. (LABRUDE, 2016)

A adição das minhocas só poderá ser feita quando se encerrar o período da fase termófila, pelo motivo de as minhocas serem sensíveis ao calor.

3.3.5 Formação de chorume orgânico

O chorume que é considerado um líquido lixiviado de locais onde possui o descarte de resíduos sólidos, é considerado altamente tóxico e pode gerar poluição. Entretanto, o chorume orgânico, que se origina de uma matéria orgânica selecionada para a compostagem e não tem contato com metais pesados, como acontece com o chorume de resíduos sólidos antes citado, é um composto líquido extremamente nutritivo para o solo e as plantas. (HOLSBACK, et al., 2017)

3.4 FERTILIZANTES MINERAIS

Com o grande aumento da população houve também um aumento significativo no setor agrícola e conseqüentemente a utilização de fertilizantes e de corretivos para o solo também cresceu no Brasil e no mundo. O solo não possui as quantidades de nutrientes necessários para o desenvolvimento das culturas. E com o passar das décadas os fertilizantes foram melhorando e adequando as necessidades nutricionais de cada tipo de planta. (KIEHL, 1985)

Os fertilizantes minerais são divididos em quatro classes: fertilizantes nitrogenados, fertilizantes fosfatados, fertilizantes potássicos e fertilizantes N-P-K (granulação e mistura).

O nitrogênio é um composto fundamental para todos os seres vivos, e para as plantas ele é primordial no papel vital. Na atmosfera é aonde se situa a maior concentração de N_2 , e este na forma molecular não é aproveitado à maioria dos organismos vivos. Décadas atrás este composto era considerado ainda um nutriente secundário e com o avanço das tecnologias foi desenvolvendo sínteses de fixação do nitrogênio atmosférico, tais como, síntese do nitrato de

cálcio obtida pelo processo de arcovoltaico e pela produção de cianamida cálcica. (CEKINSKI, *et al.*, 1990)

Os fertilizantes nitrogenados possuem na sua composição o N como o macronutriente principal. Atualmente para a obtenção deste fertilizante primeiramente é realizada a síntese direta de amônia (Haber- Bosh) a partir de nitrogênio (atmosfera) e hidrogênio (gás natural). Assim que é obtido a amônia, esta é combinada com outros compostos para produção de fertilizantes nitrogenados, por exemplo: reação da amônia com dióxido de carbono forma ureia, amônia e ácido nítrico para formar nitrato de amônio, dentre outros. (CEKINSKI, *et al.*, 1990)

O fósforo é um macronutriente essencial para as plantas atuando no metabolismo realizando um papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. Esse composto deverá estar presente no solo em todos os estágios de crescimento das plantas. Deficiências de P no começo do ciclo de vida dos vegetais, causa limitações irreversíveis no desenvolvimento das plantas. (GRANT, 2001)

Os fertilizantes fosfatados são os mais comercializados e sua matéria prima é o minério de rocha fosfática (P_2O_5). Assim que a rocha fosfática é extraída ela passara por vários processos físicos até obter um concentrado fosfático 36 a 38% de P_2O_5 . Sucessivamente, o fósforo é solubilizado por vias úmida e térmica, a primeira é determinada pelo ataque do ácido sulfúrico ao concentrado fosfático, que em função das relações estequiométricas, forma diretamente superfosfato simples e fosfato parcialmente acidulado. Ou ainda, quando o concentrado fosfático é atacado por ácido fosfórico originam-se MAP, DAP e superfosfato triplo. Por fim, na solubilização por via térmica forma o termofosfato magnésiano fundido. (GEKINSKI, *et al.*, 1990)

O potássio é um outro macronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, suas principais características são promover o metabolismo de carboidratos, de nitrogênio e sintetizar as proteínas nas plantas, controlar as atividades de vários outros nutrientes, ativar várias enzimas, neutralizar ácidos orgânicos, promover o crescimento de novos meristemas (tecido vegetal responsável pelo crescimento da planta e pela formação de outros tipos de tecidos vegetais), dentre outras. (CEKINSKI, *et al.*, 1990)

Segundo (CEKINSKI, *et al.*, p.131, 1990) “cerca de 95% de todo o potássio minerado é utilizado como fertilizante, principalmente na forma de cloreto de potássio (KCl), contendo cerca de 60% de K_2O .”

A primeira etapa para a obtenção dos fertilizantes potássicos é a mineração subterrânea em depósitos de silvinita. Após a mineração o minério é beneficiado através de três processos

denominados por: flotação, separação por meios densos e dissolução – cristalização, originando assim quatro tipos de cloreto de potássio comerciais.

O sulfato de potássio é utilizado como fertilizante em culturas que não suportam o cloreto, como em algumas batatas, fumos e uvas. E para a obtenção deste insumo baseia-se na reação de KCl com ácido sulfúrico (processo de Mannheim), originando como subproduto KCl.

Os fertilizantes N-P-K (granulação e mistura) possuem os três macronutrientes essenciais para as plantas em sua formulação, macronutrientes secundários e micronutrientes. E para determinar as matérias primas para a produção deste fertilizante, os nutrientes devem estar na proporção adequada e usar matérias que não sejam incompatíveis para não ocasionar perdas e má qualidade. (CEKINSKI, *et al*, 1990)

De acordo com (CEKINSKI, *et al*, p.145, 1990) “os fertilizantes NPK foram desenvolvidos para atender as exigências nutricionais de inúmeras proporções aos variados tipos de solo. Para obter este, são adotadas duas técnicas, granulação dos compostos da mistura de modo em estarem na mesma faixa granulométrica das várias matérias primas e a produção de fertilizantes granulados NPK onde as matérias primas são alimentadas em pó”.

3.5 FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS

Devido às buscas por parte dos agricultores por fertilizantes cada vez mais eficientes, o fertilizante organomineral pode ter muitas vantagens em relação aos demais fertilizantes, sendo que ele é uma combinação de componentes orgânicos com minerais.

Segundo a Normativa (IN) DAS nº 23, de 2005- art. 1º, fertilizante organomineral é o “produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos”. (MAPA, 2009)

De acordo com IN nº 25, de 2009 – art. 8º, Decreto 1º que se refere a produtos sólidos para aplicação do solo, os parâmetros são estipulados da seguinte maneira:

- Mínimo de 8% de carbono orgânico;
- Umidade máxima de 30%;
- CTC mínimo de 80 mmol c/Kg;
- Os macronutrientes primários (N, P, K), sendo eles produzidos e comercializados isoladamente ou em misturas, devem ter no mínimo de 10%, podendo ser adicionados macronutrientes secundários ou micronutrientes, sendo de acordo com o art. 6º desta mesmo IN;

- Os produtos com macronutrientes secundários isoladamente ou em misturas, devem ter no mínimo 5%;
- Para os produtos com micronutrientes isoladamente ou em misturas, devem ter no mínimo 4%.

Conforme a lei da Portaria nº 1, a matéria orgânica utilizada para a produção do organomineral deve ter um pH de no mínimo 6,0, com tolerância de 10%, a razão disso é indicar que a matéria orgânica utilizada tem estar decomposta, e para isso o seu pH tem que estar acima de 6,0, que significa que a matéria orgânica está alcalina e pela mesma razão a matéria orgânica tem que obter uma relação C/N máxima de 18/1, com tolerância de 3 unidades para mais. (KIEHL, 1985)

Os fertilizantes organominerais apresentam a vantagem de se obter uma melhora no balanceamento dos nutrientes NPK, sendo que para os fertilizantes orgânicos esse valor é fixo, enquanto que para os minerais, esse valor pode ser manipulado conforme a necessidade do solo. Por isso com a combinação dos dois, pode-se obter uma forma de balancear a composição NPK, enriquecendo o fertilizante orgânico, como também pode ser melhorada a forma de proporção dessa composição, podendo equilibrar melhor as mesmas, sendo que para os fertilizantes orgânicos simples, o nitrogênio é duas a quatro vezes maior se comparado com o fósforo e potássio. Por isso, com essa vantagem se ter maior concentração desses nutrientes, consequentemente ele poderá ser colocado em menores quantidades por área, o que o torna com menor custo de operação e transporte. (KIEHL, 1985)

Um outro benefício do fertilizante organomineral é que compostos orgânicos presente neste, aumenta a conservação de nutrientes no solo, pois, os compostos orgânicos elevam a CTC. Isso resulta numa menor perda de nutrientes por lixiviação e um maior rendimento do fertilizante pelas plantas. Os fertilizantes organominerais desprende os nutrientes de forma mais lenta que os demais fertilizantes sintéticos. (JUNEK, *et al*, 2014)

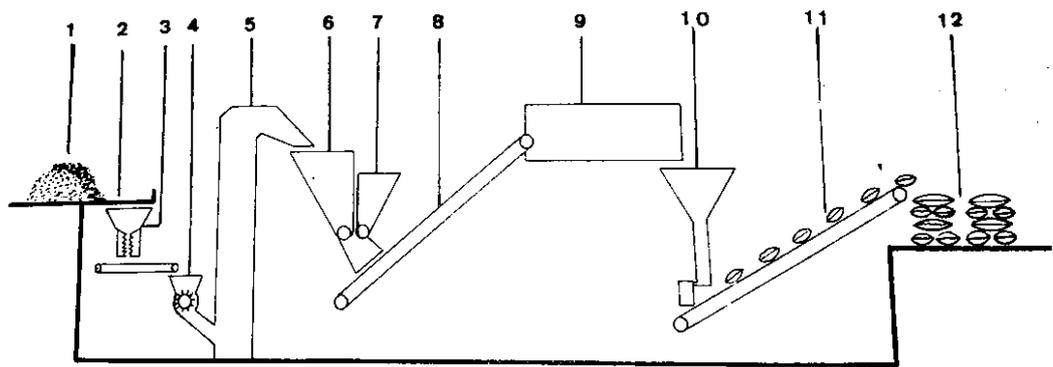
A realização de pesquisas com esse fertilizante é de significativa importância para demonstrar suas características e eficiências. Como por exemplo a pesquisa de Nunes *et al.* (2015) que demonstrou a produção de fertilizantes organominerais a partir de dejetos da produção de animais, testando-os em plantações de milho e soja e comparando-os com os fertilizantes minerais utilizando doses mais elevadas, onde observou-se de que os fertilizantes organominerais obtiveram um melhor resultado de produtividade.

Outra pesquisa realizada por Sousa *et al.* (2012) mostrou a eficiência do fertilizante organomineral Geofert em relação ao fertilizante mineral sobre a produtividade de híbridos de

milho e obteve como resultado uma maior produtividade por área utilizando o fertilizante organomineral com quatro vezes menos a formulação de NPK do fertilizante mineral. Como consequência obteve-se também um maior lucro com a utilização deste fertilizante.

A seguir tem-se um esquema de uma fábrica do fertilizante organomineral que é apresentado pela Figura 4.

Figura 4- Esquema de uma fábrica de fertilizante organomineral



Fonte: (KIEHL, 1985)

Onde:

- 1 – Pilha de matéria prima orgânica;
- 2 – Grade no piso;
- 3 – Britador (facultativo);
- 4 – Moinho de martelos;
- 5 - Elevador de canecas;
- 6 – Silo e dosador de matéria prima orgânica;
- 7 – Silo e dosador de fertilizantes minerais;
- 8 – Transportador elevador;
- 9 – Cilindro misturador;
- 10 – Silo para produto acabado e ensacadeira;
- 11 – Transportador elevador;
- 12 – Depósito de produto acabado.

4 TRAJETÓRIA METODOLÓGICA

Os materiais e métodos empregados para a realização do trabalho estão descritos nessa abordagem.

4.1 COMPOSTAGEM

Materiais e equipamentos utilizados

Para o processo de compostagem foram utilizados:

- 3 caixas de 25 litros;
- Placa de vidro;
- Torneira;
- Terra;
- Resíduos orgânicos;
- Serragem;
- Termômetro;
- Balança digital.

Procedimentos

Iniciou-se o processo de compostagem utilizando uma composteira doméstica, que possui as seguintes características: 3 caixas de 25 litros, sendo que ficariam concentradas uma em cima da outra, a última caixa seria especificamente para formação de chorume, e as outras duas para a matéria orgânica. Foram feitos furos de 1 mm na tampa da caixa superior para entrada de oxigênio e de 4 mm nas caixas do meio e de baixo para saída do chorume formado e locomoção das minhocas. A parte do meio da caixa superior foi cortado e acoplado placa de vidro para melhor visualização dos resultados e por último foi instalado uma torneira na caixa inferior para a retirada do chorume, como é mostrado na Figura 5.

Figura 5: Composteira doméstica.



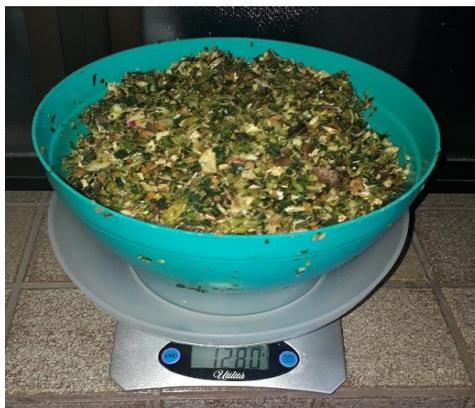
Fonte: Autor (2018)

Para o início do processo de compostagem foram depositadas 2652g de terra nas caixas e as mesmas foram preenchidas aos poucos por variadas substâncias orgânicas que foram triturados em pequenos pedaços juntamente com a serragem, pois possui altos teores de carbono e também tem por objetivo impedir o acúmulo de mosquitos e foram consecutivamente pesadas em uma balança analítica (Figuras 6 e 7) como é mostrada na tabela na Tabela 6.

Figura 6: Resíduos orgânicos inteiros.



Fonte: Autor (2018)

Figura 7: Resíduos orgânicos triturados.**Fonte:** Autor (2018)

Os resíduos orgânicos foram triturados (Figura 7), para que tivesse um bom andamento na decomposição, pois quanto menor as partículas de matéria orgânica, maior será a superfície de exposição dos microrganismos e mais rápida será sua decomposição.

Tabela 6- Substâncias orgânicas utilizadas na compostagem

Dias	Substâncias orgânicas inseridas na composteira	Peso(g) resíduos orgânicos	Peso(g) Serragem
1	Cascas (manga, banana e batata)	495	70
4	Cascas (ovo e mandioca) e filtro e borra de café	1100	80
7	Casca (banana, mandioca, ovo) e filtro e borra de café	1104	70
9	Casca (banana, pêra, maçã, cenoura, batata doce)	619	-----
12	Casca (banana, tomate, goiaba) e filtro e borra de café	565	-----
13	Pepino, folha de brócolis, couve, rabanete, couve flor e cascas (batata e ovo)	753	50
15	Casca (banana, maçã, mandioca, cenoura e batata)	860	90
16	Casca (mandioca, banana, ovo, batata), pepino e filtro e borra de café	960	100

Fonte: Autor (2018)

A caixa levou 16 dias para ser completamente preenchida, como pode ser visto na Figura 8, onde predominou as bactérias mesófilas, por ter apresentado ainda temperaturas moderadas e ocorreu a quebra inicial da matéria orgânica e após a mudança para a fase termófila, quando alcançou-se temperaturas superiores a 40°C, ocorreu a liberação das bactérias e fungos termófilos que começam a transformar os resíduos orgânicos em matéria orgânica e inicia-se a formação de húmus, mostrado na Figura 9.

Figura 8: Visualização interna da caixa superior após ser completamente preenchida.



Fonte: Autor (2018)

Figura 9: Processo de formação de húmus.



Fonte: Autor (2018)

As minhocas californianas foram adicionadas na caixa com os resíduos orgânicos (Figura 10) após a fase termófila (por serem sensíveis ao calor) com o objetivo de acelerar o processo com a transformação dos resíduos orgânicos.

Figura 10: Visualização interna da caixa superior durante o processo



Fonte: Autor (2018)

A compostagem teve uma duração de aproximadamente 1 mês e meio. As caixas onde foram depositados os resíduos orgânicos teve sua temperatura interna e externa medida todos os dias para verificação das fases do processo de compostagem, que seriam apresentadas em relação ao tempo(dias) de todo o processo. O termômetro utilizado tem como característica a capacidade de medir até cinco temperaturas em pontos diferentes (Figura 11).

Figura 11: Termômetro utilizado para medir temperatura



Fonte: Autor (2018)

O recolhimento do chorume foi realizado quinzenalmente (Figura 12), não podendo ser feito após esse período, pois poderá gerar maus odores. Esse chorume poderá ser utilizado também como um melhoramento para os solos e como repelente para alguns insetos, desde que se dilua em água em uma proporção de 1/5 a 1/10.

Figura 12: Chorume recolhido após 2 semanas



Fonte: Autor (2018)

4.2 ANÁLISE FERTILIZANTE ORGÂNICO

4.2.1 Determinação do pH

Materiais e equipamentos utilizados

Para a determinação do pH do fertilizante orgânico foram utilizados:

- Béquer de 100mL;
- 10g de amostra
- 50mL de solução de Cloreto de cálcio (CaCl_2) 0,01M;
- pHmetro de bancada;
- Espátula;
- Balança digital;
- Bastão de vidro.

Procedimentos

As análises foram realizadas nos laboratórios da Universidade de Uberaba especificamente no bloco H. Primeiramente foi determinado o pH do fertilizante utilizando o

método oficial do Ministério da Agricultura. O método consiste em utilizar solução de CaCl_2 a 0,01M.

Foram pesados 10g da amostra ainda úmida do fertilizante, transferidas para um béquer de 100mL, adicionou-se 50mL da solução CaCl_2 , agitou-se e deixou-se em repouso por 30 minutos. Após o repouso o pH foi aferido no pHmetro calibrado.

4.2.2 Umidade a 60-65°C

Materiais e equipamentos utilizados

Para a determinação da umidade foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Bandeja de alumínio;
- 645,29g de amostra
- Balança digital;
- Estufa;
- Espátula.

Procedimentos

Em uma bandeja retangular de alumínio de massa igual a 322,63g (Figura 13), foram colocados 645,29g de amostra ainda úmida (figura 14) onde posteriormente foram levados para uma estufa com circulação de ar a 65°C por 16 horas.

Figura 13: Tara da bandeja



Fonte: Autor (2018)

Figura 14: Tara + peso da amostra úmida



Fonte: Autor (2018)

Após esse tempo, o fertilizante foi resfriado e pesado, onde apresentou uma massa de 399,1g, conforme a figura a seguir:

Figura 15: Tara + peso da amostra seca.



Fonte: Autor (2018)

4.2.3 Inertes

Materiais e equipamentos utilizados

Para a determinação do inerte foram utilizados:

- Cadinho de porcelana;
- Balança digital;
- Amostra da determinação da umidade 60-65°C

Procedimentos

Logo após determinação da umidade a 65°C, foram separados alguns inertes, tais como pedaços de madeira, pedaços de casca de ovo, parafusos, sementes e pedrinhas. Estes inertes foram pesados (Figura 16) em um cadinho de massa igual a 166,48g e sucessivamente foi-se calculado a porcentagem de inertes presentes na amostra.

Figura 16: Massa do cadinho mais os inertes.



Fonte: Autor (2018)

4.2.4 Carbono Orgânico

Materiais e reagentes utilizados

Para a determinação do carbono orgânico os materiais e reagentes utilizados foram:

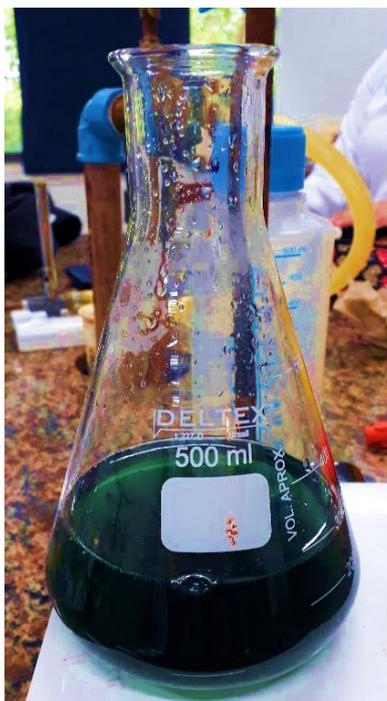
- 0,2g da amostra seca;
- 20mL de dicromato de potássio 0,2mol/L
- 40mL de ácido sulfúrico PA;
- 200mL de água;
- 10mL de ácido fosfórico 95%
- 1mL de difenilamina 0,5 % em H₂SO₄;
- Sulfato ferroso 1 mol/L;
- Bureta 50mL;
- Erlenmeyer 500mL;
- Béquer 100mL e 50mL;
- Capela de exaustão;
- Balança digital
- Pipetas;
- Balão volumétrico 100mL.

Procedimentos

Foram tomados 0,2g da amostra em um Erlenmeyer de 500mL, juntamente com 20mL de dicromato de potássio 0,2mol/L e posteriormente adicionou-se 40mL de ácido sulfúrico. A

mistura foi agitada durante 1 minuto e deixada em repouso na capela durante 30 minutos. Sucessivamente foram adicionados 200mL de água, 10mL de ácido fosfórico e 1 mL de difenilamina. Titulou-se o excesso de oxidante com solução de sulfato ferroso 1 mol/L até o ponto de viragem que foi de azul púrpura para o verde (Figura 17).

Figura 17: Ponto de viragem da titulação.



Fonte: Autor (2018)

4.2.5 Demanda química de oxigênio

A demanda química de oxigênio foi encontrada através do valor de carbono orgânico e da equação encontrada na metodologia da obra Fertilizantes Orgânico do autor Kiehl.

$$DQO_{mg/g} = C. \text{ orgânico} \% \times 26,66 \quad (1)$$

4.2.6 Matéria orgânica total (método da mufla)

Materiais e equipamentos utilizados

Para a determinação da matéria orgânica total através do método da mufla foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Cadinho de porcelana calcinado;
- 2g amostra fertilizante orgânico seco;
- Mufla;
- Balança digital;

- Dessecador;
- Pinça.

Procedimentos

Em um cadinho de massa 37,5733g (Figura 18) foram transferidos 2,0079g de fertilizante orgânico, como pode ser observado na Figura 19, onde foi levado para a mufla 600°C (Figura 20). Após atingir a temperatura de 600°C a amostra permaneceu na mufla por 4 horas. Depois de resfriar em dessecador a amostra apresentou uma massa de 38,8961g (Figura 21).

Figura 18: Tara do cadinho



Fonte: Autor (2018)

Figura 19: Massa da amostra.



Fonte: Autor (2018)

Figura 20: Mufla.



Fonte: Autor (2018)

Figura 21: Massa cadinho + das cinzas.



Fonte: Autor (2018)

4.2.7 Análise granulométrica

Materiais e equipamentos utilizados

Os materiais e equipamentos utilizados para a análise granulométrica foram:

- 2 peneiras tipo *Tyler* com 1 e 4,8mm;
- Balança digital;
- Agitador mecânico;
- Bandeja de alumínio.

Procedimento

Para a análise granulométrica foram utilizadas 2 peneiras tipo *Tyler* com malhas de 1 e 4,8mm. As peneiras foram encaixadas uma sobre a outra ficando a de malha menor em baixo (Figura 22) onde foram peneirados 303,5 g de fertilizante orgânico seco. As massas retidas na primeira, segunda peneira e no ultimo compartimento foram pesadas. E posteriormente foram calculadas as frações retidas nas duas peneiras.

Figura 22: Peneiras sob agitador mecânico.



Fonte: Autor (2018)

4.2.8 Densidade Aparente

Materiais e equipamentos utilizados

- Proveta de 100mL;
- Balança digital;
- Amostra do fertilizante na determinação da umidade 60-65°C.

Procedimento

Tarou-se uma proveta e posteriormente preencheu-a com fertilizante orgânico seco até alcançar os 100mL e pesou-se, como mostrado na Figura 23. O procedimento foi repetido 5 vezes, onde cada um obteve massas distintas. Sucessivamente calculou-se a densidade de cada pesagem e logo em seguida retirou-se a média.

Figura 23: Proveta com fertilizante orgânico.



Fonte: Autor (2018)

4.2.9 Análise de NPK do Fertilizante Orgânico

Foram retirados 500g do fertilizante orgânico seco para as análises de NPK que foram realizadas na Labfert Análises com o intuito de obter um resultado mais preciso, já que é uma análise mais complexa e o laboratório da Uniube não dispunha de alguns dos reagentes necessários para estas análises.

4.3 PRODUÇÃO DO FERTILIZANTE ORGANOMINERAL

Para a produção do fertilizante organomineral primeiramente foi calculado as proporções de NPK de acordo com o que foi encontrado na análise de NPK do fertilizante orgânico. Foi encontrado que para cada 100g de fertilizante orgânico adicionou-se 92g de fertilizante mineral.

Considerando que a umidade do fertilizante orgânico era de 38,15% e multiplicando por 5,2, pesou-se então 840g de fertilizante orgânico úmido (Figura 24) e 478,40g de fertilizante mineral (Figura 25).

Figura 24: Massa fertilizante orgânico.

Fonte: Autor (2018)

Figura 25: Massa fertilizante mineral.

Fonte: Autor (2018)

Posteriormente foram misturados de pouco em pouco em um balde em movimentos circulares, afim de tentar obter um produto de aparência esférica, como pode ser observado nas Figuras 26 e 27

Figura 26: Antes de misturar.

Fonte: Autor (2018)

Figura 27: Depois de misturar

Fonte: Autor (2018)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 COMPOSTAGEM

Após o término da compostagem formou-se aproximadamente 7kg (Figura 28) de fertilizante orgânico. Antes de iniciar a realização dos ensaios o mesmo foi submetido a uma pré secagem ao ar livre, pois o fertilizante se encontrava bastante úmido, com aspecto tipo barro.

Figura 28: Fertilizante Orgânico



Fonte: Autor (2018)

O fertilizante orgânico produzido é de classe “C” e de acordo com a Instrução Normativa SDA Nº 25 de 23 de junho de 2009 capítulo II, onde classifica que essa classe é “fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura;” (MAPA, 2009)

5.1.1 Temperaturas na compostagem

As cinco temperaturas foram divididas pela caixa da seguinte maneira: no fundo, no meio, em cima, internamente e externamente da caixa, consecutivamente, como é mostrado na Tabela a seguir:

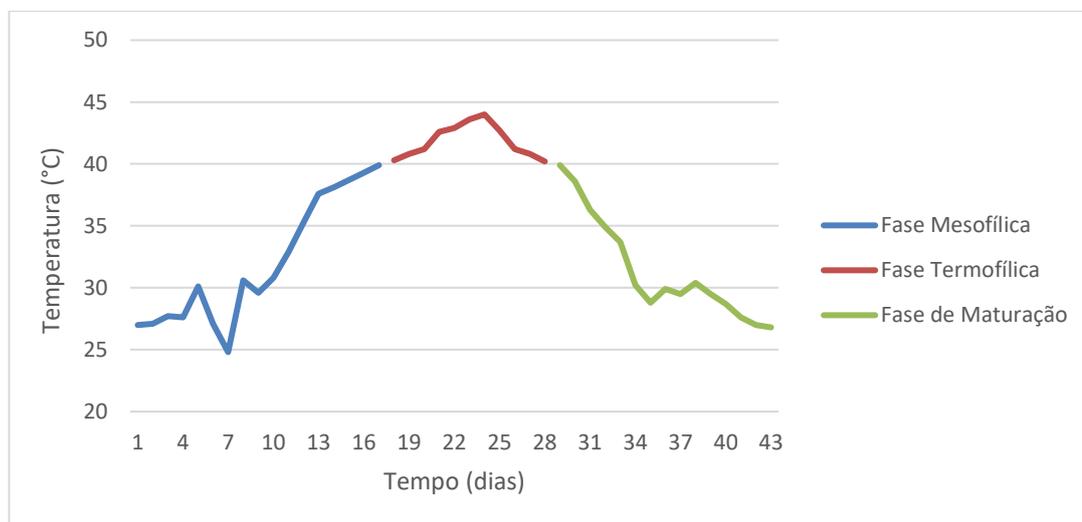
Tabela 7- Temperatura em relação aos dias do processo de compostagem em 5 pontos diferentes.

Data	Temp. 1	Temp. 2	Temp. 3	Temp. 4	Temp. 5
20/set	27°C	27,0°C	27,0°C	27,0°C	26,5°C
21/set	27,8°C	27,6°C	27,3°C	27,1°C	26,0°C
22/set	28,3°C	28,8°C	28,8°C	27,7°C	26,1°C
23/set	28,5°C	28,7°C	29,9°C	27,6°C	26,0°C
24/set	30,0°C	31,3°C	34,7°C	30,1°C	25,3°C
25/set	28,2°C	30,7°C	36,8°C	27,1°C	25,5°C
26/set	30,7°C	34,1°C	38,5°C	24,8°C	25,8°C
27/set	30,6°C	35,2°C	35,1°C	30,6°C	23,2°C
28/set	28,8°C	32,8°C	35,5°C	29,6°C	22,5°C
29/set	30,3°C	35,2°C	34,5°C	30,8°C	23,9°C
30/set	29,5°C	33,6°C	34,6°C	32,9°C	23,8°C
01/out	29,1°C	32,3°C	37,1°C	35,3°C	24,1°C
02/out	31,4°C	31,7°C	37,6°C	37,6°C	25,1°C
03/out	32,3°C	33,9°C	37,8°C	38,1°C	26,0°C
04/out	32,5°C	34,1°C	38,2°C	38,7°C	26,4°C
05/out	32,8°C	34,3°C	39,0°C	39,3°C	26,5°C
06/out	33,0°C	35,1°C	39,4°C	39,8°C	27,5°C
07/out	33,5°C	36,6°C	40,1°C	40,3°C	27,8°C
08/out	33,7°C	37,4°C	40,6°C	40,8°C	28,0°C
09/out	34,0°C	38,0°C	41,0°C	41,2°C	28,4°C
10/out	34,9°C	38,5°C	42,5°C	42,6°C	28,5°C
11/out	35,0°C	38,9°C	43,0°C	42,9°C	28,1°C
12/out	35,2°C	39,7°C	43,5°C	43,6°C	28,6°C
13/out	35,5°C	40,3°C	43,9°C	44,0°C	29,0°C
14/out	33,2°C	38,3°C	42,3°C	42,7°C	27,3°C
15/out	32,0°C	37,6°C	41,0°C	41,2°C	27,1°C
16/out	31,4°C	36,2°C	40,5°C	40,8°C	26,4°C
17/out	31,1°C	35,7°C	40,3°C	40,5°C	26,2°C
18/out	30,5°C	34,8°C	39,1°C	39,2°C	25,9°C
19/out	29,3°C	34,5°C	37,9°C	38,6°C	25,7°C
20/out	28,8°C	33,2°C	35,3°C	36,3°C	25,3°C
21/out	28,3°C	31,0°C	33,8°C	34,9°C	24,7°C
22/out	27,5°C	29,8°C	32,6°C	33,7°C	24,4°C
23/out	24,1°C	27,2°C	29,8°C	30,2°C	20,0°C
24/out	23,0°C	25,7°C	28,3°C	28,8°C	19,7°C
25/out	23,5°C	26,1°C	29,0°C	29,9°C	19,2°C
26/out	24,0°C	26,4°C	28,8°C	29,5°C	20,5°C
27/out	28,1°C	29,9°C	29,6°C	30,4°C	23,4°C
28/out	29,0°C	29,3°C	28,7°C	29,5°C	22,6°C
29/out	24,5°C	26,6°C	28,4°C	28,7°C	21,2°C
30/out	24,3°C	25,7°C	27,4°C	27,6°C	20,0°C
31/out	23,8°C	25,4°C	26,8°C	27°C	21,9°C
01/nov	23,6°C	25,2°C	26,3°C	26,8°C	21,0°C

Fonte: Autor (2018)

Como mostrado anteriormente, a temperatura foi medida todos os dias do processo de compostagem e essa temperatura medida indicou as fases em que se encontravam cada etapa do processo expresso no gráfico a seguir.

Gráfico 2: Curva de temperatura durante o processo de compostagem.



Fonte: Autor (2018)

Pode ser observado no gráfico que a temperatura varia de acordo com o tempo, que foi de 43 dias, e quando a temperatura alcançou valores maiores que 40 °C, pode ser visto uma mudança de fase do processo, assim como também quando houve um resfriamento. A temperatura máxima alcançada durante todo o processo foi de 44 °C.

A fase mesófila e termófila ocorre com a bioestabilização do composto e a fase de maturação com a humificação do mesmo. Quando o processo está na metade e quando ocorre a mudança de bioestabilização para humificação o composto está semicurado e após a humificação o composto está curado.

5.2 ANÁLISES DO FERTILIZANTE ORGÂNICO

5.2.1 Determinação do pH

Foi encontrado 7,75 pH em solução de CaCl₂, mostrando-se dentro dos parâmetros da legislação. O pH acima de 6 indica que a matéria prima a ser utilizada não está mais crua.

O pH é um importante parâmetro para indicar o estado de decomposição da matéria orgânica que foi sujeita a um processo de fermentação. Matéria orgânica bem decomposta apresenta um pH alcalino. (KIEHL, 1985)

Utilizando a solução de CaCl₂ ao invés da água para a determinação do pH apresentaria resultados um pouco diferentes. O pH em água determina somente o hidrogênio contido na solução, e não indicando a concentração dos hidrogênios retidos na superfície dos coloides. Utilizando a solução de CaCl₂, os hidrogênios trocáveis contidos na superfície desses coloides são expulsos pelo cálcio e deslocarão para a solução. (KIEHL, 1985)

5.2.2 Umidade a 60-65°C

A Tabela a seguir demonstra os resultados obtidos na análise do teor de umidade do fertilizante orgânico:

Tabela 8- Resultados da análise de umidade a 65°C

Tara da bandeja	322,6g
Tara + amostra úmida	967,9g
Peso da amostra úmida (p)	645,29g
Tara + peso da amostra seca a 65°C	721,7g
peso da amostra seca a 65°C (p1)	399,1g

Fonte: Autor, 2018

Através dos dados colhidos na tabela anterior a umidade a 60- 65°C foi calculada pela seguinte equação: (KIEHL, 1985)

$$\%U = \frac{100 (p - p1)}{p} \quad (2)$$

Onde:

p: peso da amostra ainda úmida.

p1: Peso da amostra seca a 65°C.

$$\%U = \frac{100(645,29-399,1)}{645,29}$$

$$\%U = 38,15$$

Para fertilizantes orgânicos compostos de classe “C”, que de acordo com a legislação, devem apresentar 50% de teor máximo de umidade.

Os resíduos sólidos em geral têm o poder de reter até 80% de água, à medida que vão sofrendo decomposição, estes vão dando origem a substâncias coloidais, fazendo com que a capacidade de retenção de água aumente. Um fertilizante bem estabilizado e humificado pode conter até 150% de água. (KIEHL, 1985)

5.2.3 Inertes

Para a determinação dos inertes for utilizado a seguinte equação:

$$I\% = \frac{100 \times p_2}{p} \quad (3)$$

Onde:

p_2 = peso dos inertes (g)

p = peso da amostra úmida na determinação da umidade a 60-65°C.

$p_2 = 173,29 - 166,49 = 6,81 \text{ g}$

Substituindo os valores na equação (3), temos:

$$I\% = \frac{100 \times 6,81 \text{ g}}{645,29 \text{ g}} \longrightarrow I\% = 1,055 \%$$

5.2.4 Carbono Orgânico

A determinação do carbono orgânico total foi através do método de Walkley – Black, onde a matéria orgânica oxidável é atacada pela mistura sulfocrômica. A reação do ácido sulfúrico com dicromato de potássio é bastante exotérmica, e o excesso do agente oxidante restante deste ataque é determinado através da titulação com sulfato ferroso.

O carbono orgânico é oxidado, porém assumindo que todo carbono esteja num estado de oxidação igual a zero (C^0). Onde as reações a seguir representam o que ocorre no processo de determinação do carbono orgânico.



Primeiramente encontrou-se o dicromato total, onde foram utilizados na reação 20mL da solução a 0,2 mol.

$$\text{Dicromato total} = \frac{20\text{mL} \times 0,2 \text{ mol}}{1000\text{mL}} \longrightarrow \text{Dicromato total} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Na titulação foram gastos 9mL de sulfato ferroso, então:

$$\text{Ferro reagiu} = \frac{9\text{mL} \times 1 \text{ mol}}{1000\text{mL}} \longrightarrow \text{Ferro reagiu} = 9 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Como a reação de titulação é 1mol $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ para 6 Fe^{2+} , então temos:

$$\text{Excesso dicromato} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Então, o dicromato que reagiu é total menos o excesso:

$$\text{Dicromato reagiu} = 9 \times 10^{-3} \text{ mol} - 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Dicromato reagiu} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Como na reação de digestão é 2 mol $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ para 3mol C^0 , então:

$$\text{Carbono orgânico} = 3,75 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

A massa molar do carbono é 12g/mol, como foram encontrados na amostra $3,75 \times 10^{-3}$ mol, então:

$$\text{Massa carbono orgânico} = \frac{0,00375 \times 12\text{g}}{1\text{mol}} = 0,045\text{g}$$

Como foram tomados 0,2g de amostra do fertilizante, encontrou-se um teor de carbono orgânico de:

$$0,2\text{g} \text{ _____ } 100\%$$

0,045g _____ x x = 22,5% de carbono orgânico total ou 225g/Kg de carbono orgânico total.

Multiplicando o carbono orgânico pelo fator de conversão (1,8) determinou-se a quantidade de matéria orgânica presente na amostra, sendo:

$$225\text{g/Kg} \times 1,8 = 405\text{g/Kg} \text{ de matéria orgânica}$$

Na amostra temos:

$$\frac{405\text{g} \times 0,2\text{g}}{1000\text{g}} = 0,081\text{g} \text{ de matéria orgânica na amostra.}$$

Assim o teor de matéria orgânica na amostra foi:

$$0,2\text{g} \frac{\quad}{\quad} 100\%$$

$$0,081\text{g} \frac{\quad}{\quad} x \quad x = 40,5\% \text{ de matéria orgânica}$$

O carbono orgânico e a matéria orgânica estão de acordo dos parâmetros exigidos pela legislação, onde para fertilizantes orgânicos de classe “C” deverá conter no mínimo de 15% de carbono orgânico e 40% de matéria orgânica.

5.2.5 Demanda química de oxigênio

Os parâmetros deste cálculo foram baseados no fato de que no processo de compostagem a matéria orgânica é oxidada pelos microrganismos produzindo produtos primários de seus metabolismos como: água, gás carbônico e calor. O cálculo mediu a oxidação biológica ocorrida no composto. (KIEHL, 1985)

Com base no carbono orgânico encontrado no item acima, é possível calcular a demanda química de oxigênio através da equação 1 anteriormente citada:

Substituindo o valor do carbono orgânico temos:

$$\text{DQOmg/g} = 22,5\% \times 26,66$$

$$\text{DQOmg/g} = 599,85 \text{ mg/g}$$

A matéria orgânica ainda crua apresenta uma DQO de 900mg/g, já um composto bem humificado e estabilizado deve apresentar uma DQO abaixo de 700mg/g. (KIEHL, 1985)

5.2.6 Matéria orgânica total (método da mufla)

Neste método consiste em pegar uma amostra seca do material e transferi-la para um cadinho calcinado e sucessivamente leva-la para uma mufla a 600°C por 4 horas. Através das diferenças de peso (Tabela 9) é possível quantificar o teor de matéria orgânica na amostra pois, esta é destruída pela combustão e o que sobrar no cadinho é denominado de resíduo mineral (cinzas).

Tabela 9- Resultados obtidos no método da mufla.

Tara do cadinho	37,5733g
Massa da amostra	2,0079g
Tara + amostra à 600°C	38,8961g
Matéria orgânica perdida por ignição	0,6851g

Fonte: Autor (2018)

A matéria orgânica total através deste método foi calculada por meio das diferenças de massas que o fertilizante apresentou antes e após 600°C. Considerando que toda matéria orgânica é perdida através da ignição e o que restar é considerado como cinzas temos:

$$2,0079\text{g} \text{ _____ } 100\%$$

$$0,6851\text{g} \text{ _____ } x \quad x = 34,12\% \text{ de matéria orgânica}$$

Este método traz um pouco de desvantagem pois inclui, tanto os materiais de origem orgânica que se decompõe pela compostagem, os que não se decompõe, tais como borracha, couro, plástico, madeira e mais o carbono mineral. É possível observar a diferença de teor da matéria orgânica total no método de Walkley – Black.

5.2.7 Análise granulométrica

Os percentuais das frações foram calculados através das equações 4 e 5:

$$\% \text{ amostra retida na 1ª peneira} = 100 - \frac{R1 \times 100}{G} \quad (4)$$

$$\% \text{ amostra retida na 2ª peneira} = 100 - \frac{(R1+R2) \times 100}{G} \quad (5)$$

Onde:

G: peso da amostra a ser analisada (g)

R1: peso da fração retida na 1ª peneira (g)

R2: peso da fração retida na 2ª peneira (g)

Tabela 10-Resultados do processo de peneiramento

amostra retida na 1ª peneira	180,10g
amostra retida na 2ª peneira	83,50g
amostra retida no último compartimento	38,50g

Fonte: Autor (2018)

Substituindo dos valores contidos na tabela 10 nas equações 5 e 6 temos:

$$\% \text{ amostra retida na 1ª peneira} = 100 - \frac{180,10 \times 100}{303,5}$$

$$\% \text{ amostra retida na 1ª peneira} = 40,66\%$$

$$\% \text{ amostra retida na 2ª peneira} = 100 - \frac{(180,10+83,50) \times 100}{303,5}$$

$$\% \text{ amostra retida na 2ª peneira} = 13,15\%$$

O tamanho das partículas influencia bastante nas características de um fertilizante, pois subdivisão de um material pode elevar a superfície de exposição por unidade de massa. A análise granulométrica teve somente o intuito de conhecer-se a granulometria do fertilizante orgânico produzido.

4.2.8 Densidade aparente

A densidade foi calculada através da divisão da massa da amostra pelo seu volume ocupado, como demonstrado na equação a seguir:

$$d = \frac{m}{v} \quad (6)$$

$$d1 = \frac{39,944\text{g}}{100\text{mL}} = 0,39944\text{g/cm}^3 \longrightarrow 399,44 \text{ kg/m}^3$$

$$d2 = \frac{40,180\text{g}}{100\text{mL}} = 0,40180\text{g/cm}^3 \longrightarrow 401,80 \text{ kg/m}^3$$

$$d3 = \frac{41,398\text{g}}{100\text{mL}} = 0,41398\text{g/cm}^3 \longrightarrow 413,98 \text{ kg/m}^3$$

$$d4 = \frac{40,001\text{g}}{100\text{mL}} = 0,40001\text{g/cm}^3 \longrightarrow 400,01 \text{ kg/m}^3$$

$$d5 = \frac{38,540\text{g}}{100\text{mL}} = 0,3854\text{g/cm}^3 \longrightarrow 385,40 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{densidade média aparente} = 400,118 \text{ kg/m}^3$$

O composto apresentou uma densidade bastante inferior que a da água, e isto é uma vantagem, pois, se o mesmo for aplicado em solos com grande compactação (bastante denso) ocasionaria numa diminuição na densidade deste solo, tornando-o mais produtivo. Solos com elevadas densidades dificulta no crescimento radicular das plantas.

4.2.9 Teores de NPK fertilizante orgânico e relação C/N

Os teores de NPK encontrados pela Labfert análises foram respectivamente 0,6- 1,1- 0,7, obtendo assim uma relação de C/N de $\frac{22,5}{0,6}$ ou $\frac{37,5}{1}$

A relação de C/N tem finalidade de mostrar o tempo de compostagem. Como podemos observar no resultado, o composto não estava bem estabilizado, necessitaria de um prazo maior para a compostagem.

Um composto bem estabilizado deve possuir uma relação de C/N entre 13/1 e 10/1.

5.3 FERTILIZANTE ORGANOMINERAL

A formulação de N-P-K do fertilizante mineral utilizado é de 10-10-10 sendo que as porcentagens totais de N, P_2O_5 e K_2O contém NAM (nitrato de amônio), Fosmais e KCl, que são compatíveis com a matéria orgânica conforme é mostrado na tabela de compatibilidade a seguir.

1																					
C	2																				
C	C	3																			
C	C	C	4																		
C	C	C	C	5																	
C	C	C	C	C	6																
C	C	C	I	I	C	7															
C	C	C	C	C	C	C	8														
C	C	C	C	C	C	C	C	9													
C	C	C	C	C	C	CL	C	C	10												
C	C	C	C	C	C	CL	C	C	C	11											
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	12										
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	C	13								
I	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	14							
I	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	15						
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	16					
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	C	17				
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C	C	18			
I	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	CL	CL	I	19		
I	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	CL	CL	C	C	20	

C	Compatível
CL	Compatibilidade Limitada
I	Incompatível

Fonte: Adaptado LOPES (1989)

As referências numéricas apresentadas na tabela anterior representam os seguintes produtos:

- | | |
|------------------------|-------------------------------------|
| 1. Adubos Orgânicos | 7. Ureia |
| 2. Nitrato de Sódio | 8. Farinha de Ossos |
| 3. Nitrato de Potássio | 9. Fosfato Natural (Rocha –Apatita) |
| 4. Nitrocálcio | 10. SSP |
| 5. Nitrato de Amônio | 11. TSP |
| 6. Sulfato de Amônio | 12. MAP |

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 13. DAP | 18. Sulfato Duplo de Potássio e |
| 14. Escórias (Siderúrgica) | Magnésio |
| 15. Termofosfato | 19. Cal Virgem, Hidratada, Calcários |
| 16. Cloreto de Potássio | Calcinados |
| 17. Sulfato de Potássio | 20. Calcário. |

Os valores de NPK do fertilizante orgânico (F.O) encontrados nas análises realizadas na Labfert foram de 0,6-1,1-0,7 respectivamente. Considerando que a formulação de NPK no fertilizante mineral (F.M) é de 10-10-10 então pode-se dizer que:

Cada 100g de F.M possui: 10g de N; 10g de P; 10g de K

O total da soma de NPK do fertilizante orgânico é de 2,4%.

Baseando-se na legislação que o NPK para fertilizante organomineral contenha no mínimo 10%, para 30% de NPK tem-se:

$30 - 2,4 = 27,6$ (O que falta para complementação do NPK do F.M)

Dividindo 27,6 pelos 3 compostos do NPK (contando que eles têm o mesmo valor de formulação para cada) tem-se aproximadamente:

9,2 de N; 9,2 de P; 9,2 de K

Sendo assim, combinando-se as formulações do fertilizante orgânico com o fertilizante mineral, a formulação de NPK do fertilizante organomineral está descrito na tabela a seguir:

Tabela 11: Formulação do fertilizante organomineral

Fertilizante	N %	P%	K%
Orgânico	0,6	1,1	0,7
Mineral	9,2	9,2	9,2
Organomineral	9,8	10,3	9,9

Fonte: Autor (2018)

Como visto anteriormente que o necessário NPK do F.M é igual a 9,2% para cada um e que a cada 100g corresponde a 10% destes, então temos:

FM \longrightarrow 10% N

100g _____ 10g

x _____ 9,2g x = 92g de Fertilizante mineral

Considerando que a cada 100g do F.O tenha de acordo com sua formulação: 0,6g de N; 1,1g de P e 0,7g de K. Então, para cada 100g de fertilizante orgânico serão colocados 92g do fertilizante mineral. Como se quer 1000g de fertilizante organomineral (FOM), então:

$$\text{FOM} = \frac{1000}{100 + 92} = 5,2$$

Multiplicando a relação de FO e FM por 5,2, obtém-se no total de 520g do fertilizante orgânico e 478,4g de fertilizante mineral. Porém, como fertilizante orgânico possui uma umidade de 38,15%, temos:

$$\text{FO}_{\text{base seca}} = \frac{520 \times 100}{61,85} \cong 840 \text{ g de Fertilizante Orgânico}$$

Para produção do fertilizante organomineral foram misturados 840g de fertilizante orgânico e 478,40g de fertilizante mineral. Formando um fertilizante com diferentes diâmetros granulométricos, como pode ser observado na figura a seguir:

Figura 29: Fertilizante Organomineral



Fonte: Autor (2018)

5.3.1 Matéria orgânica e carbono orgânico no fertilizante organomineral

Como o teor de matéria orgânica no fertilizante orgânico é de 40,5%, então no fertilizante organomineral temos:

100g FO _____ 40,5g Carbono orgânico

520 g _____ x x = 210,6g Matéria Orgânica

$$\text{Teor M.Org no FOM} = \frac{210,6\text{g} \times 100\%}{1000\text{g}} = 21,06\%$$

Os fertilizantes organominerais podem apresentar teores de matéria orgânica variando entre 15 a 40%.

Dividindo o teor de matéria orgânica pelo fator de conversão dado por Kiehl (1,8) obtêm-se o teor de carbono orgânico presente no fertilizante organomineral.

$$\text{Teor C.Org no FOM} = 21,06\% \div 1,8 = 11,7\%$$

Os valores encontrados de matéria orgânica e carbono orgânico apresentam-se dentro da normalidade, pois os valores propostos pela legislação dizem que para fertilizantes organominerais deveram conter no mínimo 8% de carbono orgânico e 15% de matéria orgânica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Produziu-se um fertilizante organomineral dentro dos parâmetros exigidos pela legislação, porém a relação C/N foi de 37,5/1 que é um valor bem acima, pois um fertilizante bem curado e estabilizado possui um valor três vezes menor. Nesta situação o que poderia ser feito era ter aumentado a quantidade de resíduos ricos em nitrogênio ou ter tido um prazo maior de compostagem.

Muitos produtores associam que um solo produtivo é um solo só rico em nutrientes, porém, esquecem das condições físicas do solo e do principal componente de fertilidade a matéria orgânica, pois a mesma atua nas propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo.

Este trabalho mostrou a importância da matéria orgânica no solo e todos os benefícios que ela proporciona e que a obtenção dela a partir da compostagem dos resíduos orgânicos se mostrou um processo econômico e ambientalmente viável, trazendo todos os componentes necessários para o solo e a para a produção do fertilizante organomineral.

O fertilizante organomineral é um produto viável, ecologicamente correto e que beneficiará financeiramente o produtor, pois além de melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo ele oferecerá um bom rendimento na plantação. Um outro ponto importante que alguns estudos comprovaram é que a matéria orgânica incorporada no solo retém bastante água ocasionando numa economia da mesma.

Devido ao curto prazo não foi possível a realização de plantações para a verificação da eficiência do fertilizante organomineral neste estudo, entretanto comprovou-se suas vantagens através de pesquisas realizadas por outros autores sobre este tema, que mostram que o fertilizante organomineral apresentou uma maior produtividade quando comparado ao mineral.

REFERÊNCIAS

CAMARGOS, Sânia Lúcia. **Conceitos Sobre a Fertilidade e Produtividade**. Cuiabá:

Universidade Federal de Mato Grosso, 2005. Disponível em:

<https://pt.scribd.com/document/236078468/Conceitos-sobre-Fertilidade-e-Produtividade-pdf>

> Acesso em: 15 de novembro de 2018.

CEKINSKI, Efraim; CALMANOVICI, Carlos E.; BICHARA, José M.; FABIANI, Marco;

GIULIETTI, Marco; CASTRO; Mário L. M. Matos; SILVEIRA, Paulo B. M.;

PRESSINOTTI; Queenie S. H. C.; GUARDANI, Roberto. **Tecnologia de Produção de**

Fertilizantes. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990. 237p.

COELHO, J. H. **Regulamentação de insumos agrícolas**. Disponível em:

<http://www.cnpma.embrapa.br/eventos/2007/workshop/organica/download/insumos_fertilizantes.pdf> Acesso em: 20 nov. 2018.

COOPER, Miguel; ZANON, André Ricardo; REIA, Mariana Yasbek; MORATO, Ramom

Weinz. **Compostagem e Reaproveitamento de Resíduos Orgânicos Agroindustriais:**

Teórico e Prático. Piracicabana: USP/ESALQ, 2010. Disponível em: <

<http://www4.esalq.usp.br/biblioteca/sites/www4.esalq.usp.br/biblioteca/files/publicacoes-a-venda/pdf/SPR%20compostagem.pdf> > Acesso em: 19 mai. 2018.

CUNHA, T.J. da; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. **Matéria Orgânica do Solo**. 2015.

Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137613/1/Tony-2015.pdf> > Acesso em: 24 nov. 2018.

GRANT, C.A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ D. J.; SHEPPARD, S. C. **A Importância**

do Fósforo no Desenvolvimento Inicial da Planta. Potafos. 2001. Disponível em <

[http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/$FILE/Page1-5-95.pdf) >. Acesso em: 10 mai. 2018.

HOLSBACK, Rafael; SATANDER, Ricardo. **Biofertilizante ou Chorume?**. 2017.

Disponível em: <<http://compostcheira.eco.br/biofertilizante-ou-chorume/>> Acesso em: 20 out. 2018.

JUNEK, J. O. M. de O.; LARA, T. S.; PAIVA, M. J. do A.; MARTINS, D. B.; MORAIS, C. G. de. **Fertilizantes Organominerais**. Araxá: Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH), 2014. Disponível em: < <http://site.uniaraxa.edu.br/wp-content/uploads/2014/09/fertilizantes-organominerais.pdf> > Acesso em: 20 nov. 2018.

KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492p.

LABRUDE, A. **Minhocas Californianas-especiais para compostagem doméstica**. 2016. Disponível em: < <http://minhocario.eco.br/2016/07/24/minhocas-californianas/> > Acesso em: 18 nov. 2018.

LACERDA, Julian Junio de Jesus; SILVA, Douglas Ramos G. **Fertilizantes orgânicos: usos, legislação e métodos de análise**. Lavras: UFLA, 2014. Disponível em < www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/10-boletins? > Acesso em: 14 mai. 2018.

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

MACEDO, J. R. de; PRADO, R. B.; FERRAZ, R. P. D.; PIMENTA, T. S. **Curso de Recuperação de Áreas Degradadas: A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de Monitoramento e Estratégias de Recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa solo, 2008. Disponível em: < https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2012/02/curso_rad_2008.pdf > Acesso em: 20 nov. 2018.

MAPA. **Instrução Normativa DAS/MAPA 25/2009**. 2009. Disponível em < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos.pdf/view> > Acesso em 10 mai. 2018.

MORTENSEN, J. L.; HIMES, F. L. **Soil organic matter**. In: Bear, F. ed. Chemistry of the soil. 2 ed. Amer. Chem. Soc., 206-241, 1964.

MOURA, J. P. de; SELVAM, P. V. P. **Geração de Energia com Inovação Tecnológica de Aproveitamento de Biomassa Residual**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006. Disponível em: <
http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100069&script=sci_arttext > Acesso em: 17 dez. 2018.

NUNES, W. A. G.A; CORRÊA, J.C. **Produtividade de soja e milho em resposta a fertilizantes mineral e organominerais sólido e fluido**. Rio de Janeiro: IV SIGER, 2015. Disponível em:
<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1028105/1/Sigera2015.pdf>> Acesso em: 23 nov. 2018.

OLIVEIRA, Emídio C. A. de; SARTORI, Raul Henrique; GARCEZ, Tiago B. **Compostagem**. Programa de Pós-graduação e Nutrição de Plantas. Piracicabana. 2008. Disponível em: <
https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf > Acesso em: 19 mai. 2018.

RABELO, K. C. C. **Fertilizantes organomineral e mineral: aspectos fitotécnicos na cultura do tomate industrial**. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2015. Disponível em: <
<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5214> >. Acesso em: 14 mai. 2018.

SGORLON, J. G.; RIZK, M. C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C. R. G. **Avaliação da DQO e da Relação C/N Obtidas no Tratamento Anaeróbio de Resíduos Fruti-Hortícolas**. Universidade Estadual de Maringá: Acta Scientiarum. Technology, v. 33, n. 4 2011. Disponível em: <
<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/8259> > Acesso em: 30 nov. 2018.

SOUSA, R. T. H; HENRIQUE, H.M; KORNDÖRFER, G.H. **Geofert Fertilizante Organomineral**. Minas Gerais. 2012. Disponível em: <http://www.geociclo.com.br/wp-content/uploads/2012/07/Lamina-Geofert_MILHO.pdf> Acesso em: 10 nov. 2018.

TAVARES, S. R de L.; MELO, A da S.; ANDRADE, A. G.; ROSSI, C. Q.; CAPECHE, C. L.; BALIEIRO, F. de C.; DONAGEMMA, G. K.; CHAER, G. M.; POLIDORO, J. C.; MACEDO, J. R. de; PRADO, R. B.; FERRAZ, R. P. D.; PIMENTA, T. S. **Curso de Recuperação de Áreas Degradadas: A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de Monitoramento e Estratégias de Recuperação.** Rio de Janeiro: Embrapa solo, 2008. Disponível em: <
https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2012/02/curso_rad_2008.pdf > Acesso em: 20 nov. 2018.

VALENTE, B.S; E.G, XAVIER; T.B.G.A, MORSELLI; D.S., JAHNKE; B. de S. BRUM Jr.; B.R, CABRERA; P. de O. MORAES; D.C.N. L. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos,** 2009. Disponível em:
<http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07_18_48_1395REVISIONFatoresValente1.pdf> Acesso em: 20 out. 2018.