



GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE: COMPOSTAGEM OTIMIZADA EM RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS COM A UTILIZAÇÃO DE METODOLOGIA ENZIMÁTICA NA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE COMPOSTAGEM DE LIXO NO MUNICÍPIO DE SANTA JULIANA/MG

Luiz Antonio Alves Pereira*
Mirian Loureiro Fialho, Dra.**

Resumo

Este trabalho intenta propor um estudo sobre os aspectos inerentes à utilização de enzimas na compostagem acelerada de resíduos sólidos orgânicos decorrentes dos resíduos urbanos, através de um estudo detalhado da implantação de uma usina de compostagem otimizada por enzimas, no município de Santa Juliana em MG, transformando os RSUs em um fertilizante com características organominerais. O procedimento metodológico empregado consistiu na transformação acelerada por ação enzimática dos resíduos orgânicos gerados durante a disposição final diária praticada no município, em um composto organomineral. Foram também avaliados, de acordo com as análises de dados fornecidas, os aspectos de aproveitamento dos resíduos gerados para a compostagem, manifestando um enorme potencial para a minimização da disposição destes resíduos. A conclusão aponta para a fundamental importância de se implantar ferramentas que possibilitem em primeiro plano a conscientização ambiental da comunidade na separação

* Graduado em Ciências Biológicas pela UNIG/RJ; Pós Graduado “MBA” em Meio Ambiente e Sustentabilidade pela UNIPLI/RJ; e Pós-graduação MSc “Máster en Gestión y Auditorías Ambientales en Ingeniería y Tecnología Ambiental” pela Universidad de León – España; especialização em Economia Ambiental (GHG Protocol, NBR/ISO 14.064) através da BECE (Brazilian Environmental Commodities Exchange); Auditor Leader ISO 14.001 através do BV Certificadora, e ISO 9.001 Através do BV/TÜV-NORD; especialista em Auditorias de GHG “Protocol Brasil”, Perito Judicial Ambiental filiado ao (CONPEJ) sob o nº 01.00.1047; Oil Recovery Expert “In, On and Offshore; Coordenador de E.I.A./R.I.M.A.. Atua há quatro anos como docente nos cursos de pós graduação de Gestão ambiental e Direito Ambiental pelo IAVM na Universidade Cândido Mendes, como Instrutor do Instituto de Ciências Náuticas (ICN) e como pesquisador em parceria com a Bioson Organics e frente ao Instituto Capixaba de Ciências e Administração junto à Universidade de Vila Velha. Luizantonio.bio@hotmail.com

** Doutor em Engenharia de Produção, Gestão da Sustentabilidade, Bióloga. Atuou de 1998 a 2003 como professor do Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde e de Ciências Sociais Aplicadas da UNISUL. Professora colaboradora do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da UFSC de 1998 a 2001. De 2003 ao presente atua como Tutora Acadêmica à distância na área de Meio Ambiente, Resíduos Sólidos, Sustentabilidade, Educação Ambiental na FUNIBER, Fundação Universitária IberoAmericana, atuando também como Coordenadora da Tutoria Brasil na área de Meio Ambiente e Saúde e Nutrição à Distância, desde Junho de 2010. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia Teórica, atuando principalmente nos seguintes temas: sustentabilidade, educação, meio ambiente, e novas tecnologias. mirianloureiro@gmail.com

de resíduos, e em segundo plano contribuir com uma solução ambientalmente correta no tocante à disposição final de resíduos orgânicos urbanos, assim como a produção de um excelente composto organomineral para a utilização agrícola local.

Palavras chave: Resíduo sólido urbano. Orgânicos. Disposição final. Compostagem otimizada. Fertilizantes. Organocomposto. Organomineral.

1 INTRODUÇÃO

A compostagem é praticada desde a antiguidade, principalmente pelos orientais. As técnicas empregadas eram artesanais e o composto orgânico obtido era empregado na produção de cereais.

Só após 1920, Sir. Albert Horward desenvolveu o processo “*Indore*”, na Índia, definindo procedimentos para o estudo da fermentação de resíduos sólidos, resultando na utilização de leiras sobre o solo.

O termo compostagem é hoje associado mais ao processo de tratamento dos resíduos orgânicos do que ao processo para aproveitamento dos resíduos agrícolas e florestais. De acordo com (Monteiro et al. 2001),

[...] Compostagem é o conjunto de técnicas aplicadas para controlar a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter, no menor tempo possível, um material estável, rico em húmus e nutrientes minerais; com atributos físicos, químicos e biológicos superiores (sob o aspecto agrônômico) àqueles encontrados na(s) matéria(s)-prima(s) [...].

Portanto, entende-se que a compostagem é um processo de oxidação biológica através do qual os microrganismos decompõem os compostos constituintes dos materiais libertando dióxido de carbono e vapor de água. Apesar de ser considerada pela maioria dos autores como um processo aeróbio, a compostagem é também referida como um processo biológico que submete o lixo biodegradável à decomposição aeróbia ou anaeróbia e donde resulta um produto (Eurostat Joint Questionnaire on Waste. OECD, 2012).

Ao observar-se o ‘modus vivendi’ da sociedade moderna temos plena consciência que nos dias atuais o lançamento indevido de resíduos sólidos, líquidos e gasosos de diferentes fontes vem ocasionando modificações nas características do solo, da água e do ar, poluindo ou contaminando o meio ambiente. A poluição surge quando esses resíduos modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio físico, enquanto que esse é considerado contaminado quando existir a mínima ameaça à saúde de homens, plantas e animais. (PEREIRA, N., 1999).

Decorrente disso, a atual preocupação com os problemas ambientais, associada à escassez de recursos naturais tem levado o homem a pensar mais seriamente sobre a questão dos resíduos sólidos. Segundo o Prof. José Penido. H. Monteiro,

[...] o problema da disposição final assume uma magnitude alarmante. Considerando apenas os resíduos urbanos e públicos, o que se percebe é uma ação generalizada das administrações públicas locais ao longo dos anos em apenas afastar das zonas urbanas o lixo coletado, depositando-o por vezes em locais absolutamente inadequados, como encostas florestadas, manguezais, rios, baías e vales.

Mais de 80% dos pequenos municípios vazam seus resíduos em locais a céu aberto, em cursos d'água ou em áreas ambientalmente protegidas, a maioria com a presença de catadores, entre eles crianças, denunciando os problemas sociais que a má gestão do lixo acarreta.

A crescente procura de produtos mais saudáveis e produzidos sem a adição de fertilizantes químicos provoca certos estímulos na agricultura mundial, tornando o

composto orgânico uma alternativa viável e conciliatória para dois grandes problemas mundiais: a produção de alimentos e a poluição ambiental. Isto vem de encontro a uma realidade crescente no dia a dia, sendo verificada a falta de ferramentas tecnológicas adequadas, muitas das vezes com soluções personalizadas não só via produtos ou processos mecânicos, como também referentes à gestão operacional visando minimizar custos e ser uma fonte em paralelo de receita direta ou indireta para a população local. O tratamento de resíduos orgânicos e minerais, visando seu reaproveitamento como fonte alternativa para produção de fertilizantes, é uma medida extremamente estratégica do ponto de vista ambiental e altamente conveniente quando se apresenta economicamente viável, pois o propósito da compostagem é converter o material orgânico que não está em condições de ser incorporado ao solo num material que é admissível para misturar com o solo. Outra função da compostagem é destruir a viabilidade das sementes de infestantes e os microrganismos patogênicos, podendo ainda ser utilizada para reduzir e estabilizar a matéria orgânica que se destina ao aterro sanitário.

A tecnologia da biodegradação acelerada faz parte de um atual modelo de gestão de resíduos, cuja relevância se projeta no esforço em apresentar soluções de base tecnológica que contribuam para otimização dos recursos naturais, diminuição dos impactos ambientais, com o reaproveitamento e valorização dos resíduos.

Em decorrência da questão problematizadora referente à disposição final de resíduos sólidos urbanos, e a reutilização dos resíduos orgânicos como insumo agrícola são formuladas as seguintes hipóteses: O processo de compostagem enzimática reduz o tempo de compostagem comumente realizado [?] A qualidade do organocomposto resultado desta compostagem atenderá às exigências dos órgãos públicos [?] A implantação da metodologia enzimática para a compostagem acelerada no lixão Municipal de Santa Juliana - MG é capaz de agregar valores socioeconômicos ao município [?] Haverá reflexos positivos nas políticas pública daquele Município, especialmente aquelas voltadas para a preservação ambiental e para a disposição final de tais resíduos [?]

A atual preocupação com os problemas ambientais, associada à escassez de recursos naturais tem levado o homem a pensar mais seriamente sobre a questão dos resíduos sólidos. A compostagem é considerada um método de tratamento com aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos, embora seja uma prática remota, surge atualmente como fonte de produção de um fertilizante organocomposto condicionador de solos para a agricultura. A crescente procura de produtos mais saudáveis e produzidos sem a adição de fertilizantes químicos provoca certos estímulos na agroindústria mundial, tornando o composto orgânico uma alternativa viável e conciliatória para dois grandes problemas sociais: a produção de alimentos e a poluição ambiental. Este mercado é emergente e está extremamente carente de soluções alternativas através de metodologias ambientalmente responsáveis e economicamente viáveis.

Neste contexto é proposta deste estudo através do acompanhamento e observação, avaliar detalhadamente em todas as suas fases o ‘processo de compostagem otimizada com a utilização de enzimas biocatalisadoras’, realizado por ocasião da implantação de uma usina de compostagem no Município de Santa Juliana em Minas Gerais no ano de 2001, contribuindo para uma melhor gestão da sustentabilidade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se este estudo de caso, de uma descrição da metodologia, quando de participação na implantação de uma usina de compostagem de lixo ocorrida em tempo mínimo, onde foi utilizada a metodologia de compostagem otimizada, realizada no Município de Santa Juliana em MG em 2001, com reaproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos em um insumo agrícola isento dos malefícios dos fertilizantes químicos organomineral.

Observando-se o desenvolvimento do fertilizante em três estágios:

- a) Qualificação dos resíduos – (a metodologia adotada de triagem, pesagem, caracterização gravimétrica, avaliação de umidade, pH, teor de Carbono e avaliação microbiológica)
 - Coleta de dados *in loco*;
 - Caracterização dos resíduos;
 - Qualificação físico/química e microbiológica.
- b) Procedimentos laboratoriais – (a metodologia adotada será a de avaliação laboratorial para a verificação da caracterização da composição orgânica, caracterização das enzimas a serem aplicadas e ajuste enzimático em relação aos percentuais de utilização):
 - Análises laboratoriais;
 - Testes de bancada;
 - Quantificação e definição dos métodos de aplicação.
- c) Produção do organocomposto desenvolvendo-se os seguintes procedimentos:
 - Separação e triagem de resíduos sólidos;
 - Trituração de resíduos especiais
 - Mistura de minerais de baixos teores com os resíduos orgânicos;
 - Adição de enzimas biocatalisadoras.
- d) Produção do organomineral desenvolvendo-se os seguintes procedimentos
 - Balanço de massa;
 - Mistura de minerais (NPK) com organocomposto;
 - Secagem, esfarelamento e peneiração;
 - Envio às leiras para descanso e monitoramento do fertilizante organomineral.
- e) Entrevistas de campo com agricultores locais e Eng. Agrônomo baseadas em questionário pré estabelecido, para a obtenção de suas opiniões em relação aos efeitos/benéficos obtidos com o composto quando de sua aplicação.

2.1 Instrumento para a coleta de dados

Para Gil (1991, p.90), o questionário é o meio mais rápido para obtenção das informações desejadas, pois permite maior número de perguntas, garante o anonimato do

pesquisado, evita influências por parte do pesquisador e é apresentado por escrito, não gerando dúvidas quanto às respostas dadas. Para a realização desta pesquisa, optou-se pela utilização de um questionário, cuja cópia encontra-se em apêndice, composto de questões dez questões, que apresentam uma série de possíveis respostas, abrangendo várias facetas do mesmo assunto. Foram também realizadas análises de documentos, ensaios, testes e resultados laboratoriais (Item 3.2.3), além de estudo embasado em fundamentações teóricas. Servindo tais informações como elementos norteadores de como e o que deveria ser observado para obter-se uma perfeita avaliação dos resultados.

2.2 População amostral

A pesquisa foi realizada com 04 (quatro) funcionários do lixão do Município de Santa Juliana, além de 01 (um) Eng. Agrônomo Dr. Jeferson Antonio de Souza Pesquisador da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER-MG), 05 (cinco) agricultores locais, bem como com o Sr. Lazaro Sebastião Roberto detentor da patente de invenção da metodologia estudada. A relação nominal dos entrevistados encontra-se em anexo.

2.3 Análise de dados

Elaborado o questionário de pesquisa e aplicado fez-se uma tabulação das respostas. Os dados obtidos na pesquisa de campo foram ordenados, analisados e alguns apresentados em forma de gráficos e tabelas, contribuindo para sua melhor interpretação e análise.

A partir do resultado apresentado em cada quadro foi dado o enfoque do autor deste trabalho fazendo as devidas comparações com levantamentos de outros autores.

3 AMOSTRA

3.1 Município de Santa Juliana

O Município de Santa Juliana encontra-se no estado de Minas Gerais, com uma população estimada em 2000 era de 7.850 habitantes, em 2004 era de 8.210 habitantes. Em abril de 2007 já era de 10.582 habitantes, segundo o IBGE.

Quanto a sua economia, o município tem se tornado destacado pólo de produção de batatas. Segundo a Pesquisa Agrícola Municipal (uma pesquisa do IBGE, relativa a 2006 e divulgada em outubro de 2007), Santa Juliana é a terceira cidade de Minas com maior rentabilidade com batata-inglesa (cerca de 26 milhões de reais). Há 10 anos, segundo a mesma pesquisa do IBGE, a rentabilidade com batata tem aumentado em Santa Juliana. Santa Juliana também conta com a agricultura e, são produzidos grãos como: soja e milho. Há também a plantação de cenoura, alho e, cana-de-açúcar.

Situado a Oeste do Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais, o município de Santa Juliana apresenta uma área de 722 km² e conta com o distrito de Zelândia e 17 localidades rurais (Salto, Bom Jardim, Lagoa Dourada, Veados, Pires, Córrego do Lobo,

Samambaia, Ponte Preta, Peão, Escorregado, Cipriano, Estacas, Barra, Coivara, Pouso Frio, Barros e Capiú). São municípios limítrofes: Nova Ponte, Pedrinópolis, Perdizes e Sacramento.

A cidade de Santa Juliana está situada a 910 m de altitude, tendo como coordenadas geográficas 19° 18'32 latitude Sul e 47° 31'27" longitude Oeste. Cortada pela BR 452 (que liga Araxá a Uberlândia), Santa Juliana dista 82 km de Uberaba, 73 km de Araxá, 97 km de Uberlândia, 453 km de Belo Horizonte, 500 km da cidade de São Paulo e 500 km de Brasília.

O município pertence à Comarca de Nova Ponte.

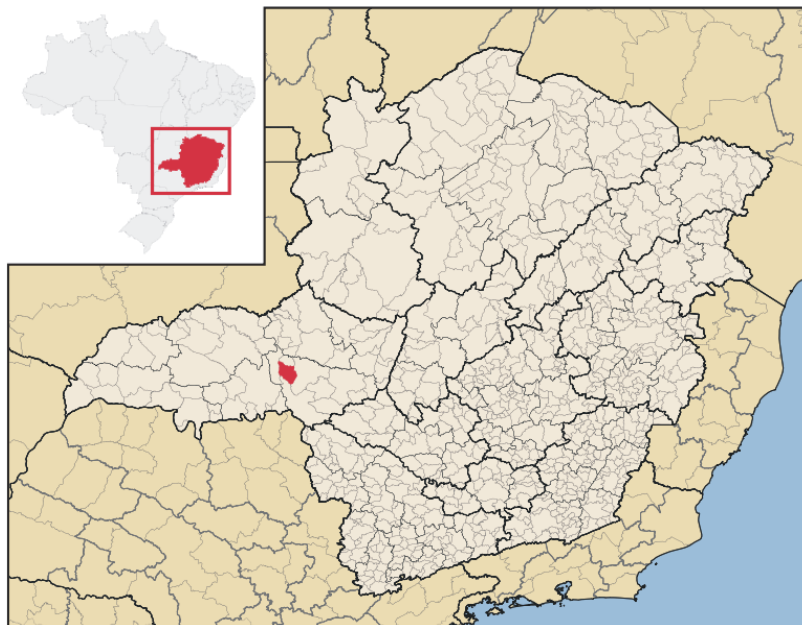


FIG 01 Localização geográfica do município de Santa Juliana.

3.2 Resíduo gerado pelo Município

Segundo pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000b), a produção no Brasil no ano de 2000 era de 125.281 toneladas de resíduos por dia, sendo, em sua grande maioria, dispostos a céu aberto.

O município de Santa Juliana, localizado a Sudoeste de Minas Gerais, ocupa 722 km² de extensão territorial, e segundo o Censo do IBGE (2000a), havia 7.850 habitantes. O município gerava, por dia, aproximadamente 4.945 Kg de resíduos sólidos domésticos e comerciais.

Para a realização do teste de conceito na implantação da usina, a amostra em que se baseou este trabalho foi selecionada na quantidade de 1.000 Kg do resíduo recolhido em um dia.

3.3 Caracterização do resíduo utilizado no teste de conceito

Os resíduos sólidos coletados no dia anterior foram transferidos para uma área previamente preparada com lona plástica e separados em quatro montes. As amostras de resíduos sólidos foram retiradas de cinco pontos (topo e quatro laterais) de cada monte

sendo transferidas para cinco tonéis de 200 litros cada, momento em que os sacos de resíduos foram rompidos para o preenchimento dos tonéis. Em seguida, o conteúdo dos tonéis foi despejado sobre uma lona plástica, iniciando-se o processo de mistura da amostra. A segregação deu-se com o descarte até a obtenção de uma amostra de 200 litros.

Para a amostra de 200 litros obtida, fez-se a segregação dos componentes presentes nas categorias: matéria orgânica putrescível; plástico; papel/papelão; vidro; metal ferroso; metal não ferroso; pano/trapo/couro/borracha; madeira; contaminante biológico; contaminante químico; pedra/terra/cerâmica; diversos e quando necessários resíduos sólidos de saúde.

a) Estudo Gravimétrico

Para tal experimento foram separados 1.000 kg de RSU com as seguintes características:

Tabela 01

Composição Gravimétrica do Resíduo Sólido Urbano de Sta. Juliana em Agosto de 2000	
Grupo	%
PET/Plásticos duros	3,3
Plásticos	8,6
Papel/Papelão	15,1
Metais Ferrosos	1,2
Metais não ferrosos	0,8
Vidros	1,6
Material diversos (couro, ossos, panos, etc.)	8,6
Matéria orgânica alimentar	54,5
Podas de arvores	6,3

b) Segregação de material e envio para a reciclagem

Foi separado o material orgânico composto de restos alimentares, plásticos moles, papel e papelão e podas de árvore.

c) Análise do material

As amostras de resíduos sólidos urbanos, já separadas em frações, foram transferidas para tambores e encaminhadas para pesagem.

Tabela 02

Percentual total aproveitado para compostagem		
Grupo	%	KG
Plásticos	8,6	60,3
Papel/Papelão	15,1	75,8
Matéria orgânica	54,5	808,2
Podas de arvores	6,3	55,7

d) Teor de umidade

O método básico consistiu em manter uma amostra fresca de lixo, de massa conhecida, em uma estufa a temperatura constante, de modo que não ocorresse degradação da matéria orgânica e que a secagem fosse eficiente durante determinado período de tempo. A

amostra foi então novamente pesada e a diferença entre a massa inicial e a massa final correspondeu ao teor de umidade em porcentagem. O tempo necessário para a realização desta análise foi o tempo gasto para que a amostra atingisse um peso constante.

Parte da amostra (10%) foi mantida em estufa a uma temperatura de 50°C, sendo este valor adotado com o objetivo de evitar a queima da matéria orgânica. Após se observar a constância de peso da amostra, esta foi retirada da estufa e pesada. O tempo médio de secagem da amostra, para determinação da umidade, variou de 48 a 72 horas.

Tabela 03

Teor de umidade			
Grupo	Peso Kg anterior	Peso Kg final	% de umidade
Plásticos	6,03	5,87	2.6
Papel/Papelão	7,58	7,33	3.2
Matéria orgânica	80,82	41,78	48.3
Podas de arvores	5,57	5,33	4.3

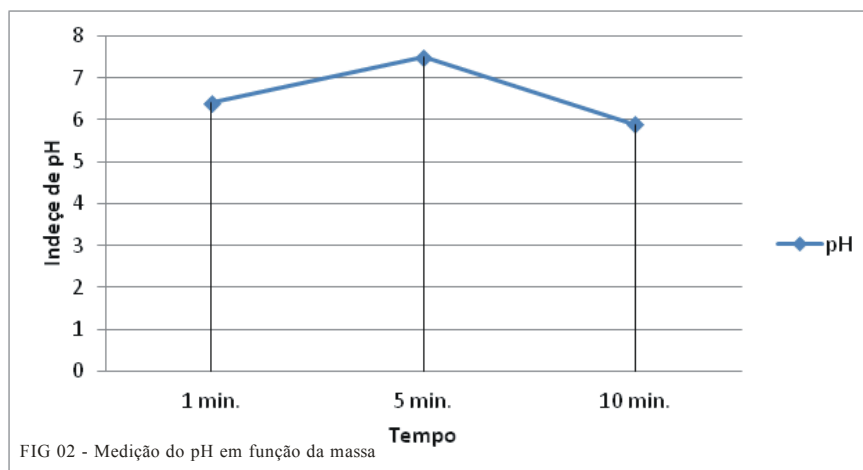
e) Medição do pH

O método básico consistiu em se manter uma amostra fresca do resíduo em contato com um solvente, no caso, água deionizada isenta de CO₂, por certo período de tempo. O extrato obtido foi então separado da fase sólida e seu pH medido com um phmetro digital. Como pré-tratamento da massa da amostra, afim de que não se perdesse a característica de estado natural do resíduo, esta foi picada manualmente com o auxílio de uma tesoura reforçada, desde que não se perdesse grandes frações de líquido durante o processo, até se obter pedaços não maiores que dois centímetros e finalmente homogeneizada. Tal procedimento visou, além de se garantir uma maior representatividade da amostra, proporcionar uma melhor condição de agitação da mistura amostra/extrator. As variáveis que influenciaram no processo foram identificadas como sendo: o tempo e a forma de contato dos resíduos com o extrator, a relação entre a massa da amostra e o volume do extrator, o modo de separação das fases sólida e líquida e o tipo de extrator.

O extrator escolhido foi água destilada/deionizada isenta de CO₂ dissolvido. A escolha por água destilada/deionizada foi devido à sua pureza e ao fato de esta possuir pH neutro, propriedade que não afetaria na lixiviação das espécies de interesse constituintes do resíduo analisado. A opção em relação à ausência de CO₂ dissolvido se justifica pelo fato de este ser um gás relativamente abundante na atmosfera e razoavelmente solúvel em água à temperatura ambiente. Uma vez dissolvido em meio aquoso, esta substância reage com a água formando ácido carbônico alterando o pH do meio.

A relação entre a massa da amostra e o volume de água destilada/deionizada deve ser tal que não prejudique o processo de agitação e que haja volumes abundantes de extrator entre as partes da amostra. A amostra sólida deve ser mantida em contato com a fase líquida sob agitação constante, a fim de proporcionar melhor contato entre as fases, ao mesmo tempo em que se realiza a homogeneização do extrato. A fração líquida é, então, separada da fração sólida por filtração convencional, com papel de filtro qualitativo em

funil de vidro e recolhida em um bquer limpo e seco. Os tempos de agitação utilizados foram de 1, 5, e 10 minutos. As massas de amostra analisadas foram 10, 50 e 100g. As relaoes massa de amostra/volume de extrator estudadas foram 1:10, 1:15 e 1: 20.



f) Medição do Teor de Carbono Sólido Volátil e Sólido Fixo

A fração remanescente da secagem foi passada por um moinho de facas e posteriormente por um moinho de bolas para obter-se amostra com área superficial e maior representatividade. A massa de resíduo seco foi ainda peneirada em malha de 20 mesh, a fim de se manter a granulometria da amostra constante.

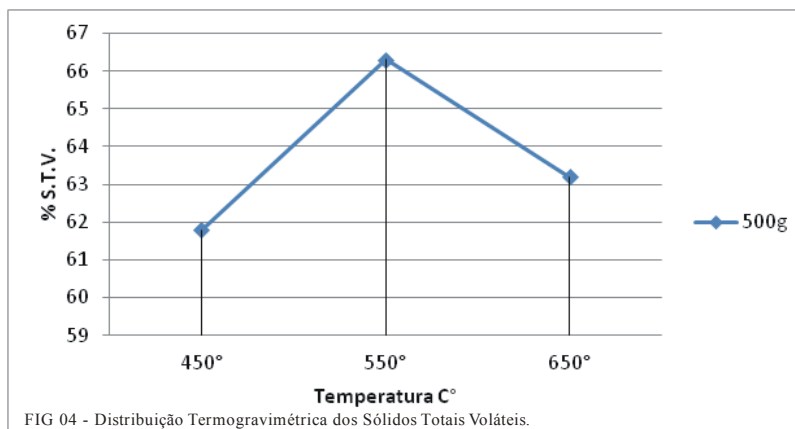
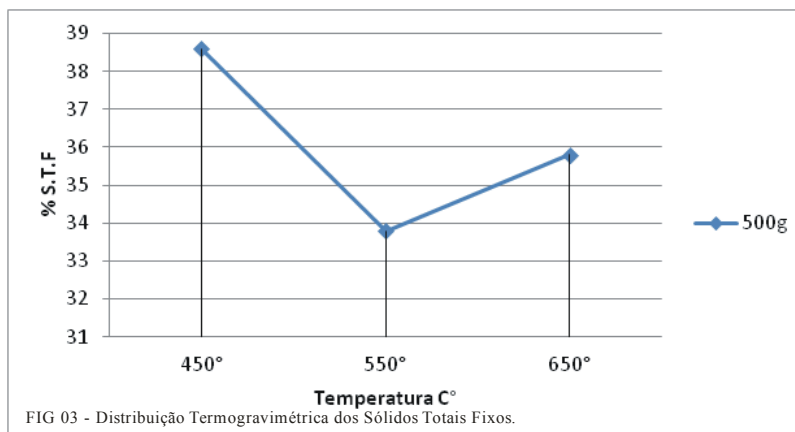
A análise efetuada consistiu na avaliação dos principais parâmetros que influenciam o processo de calcinação, como a massa amostral, o tempo e a temperatura de calcinação. A massa de análise foi de 500g, pesada em balança analítica, e calcinadas em temperaturas de 450, 550 e 650C a intervalos de tempo suficientes para que ocorra constância na massa da amostra.

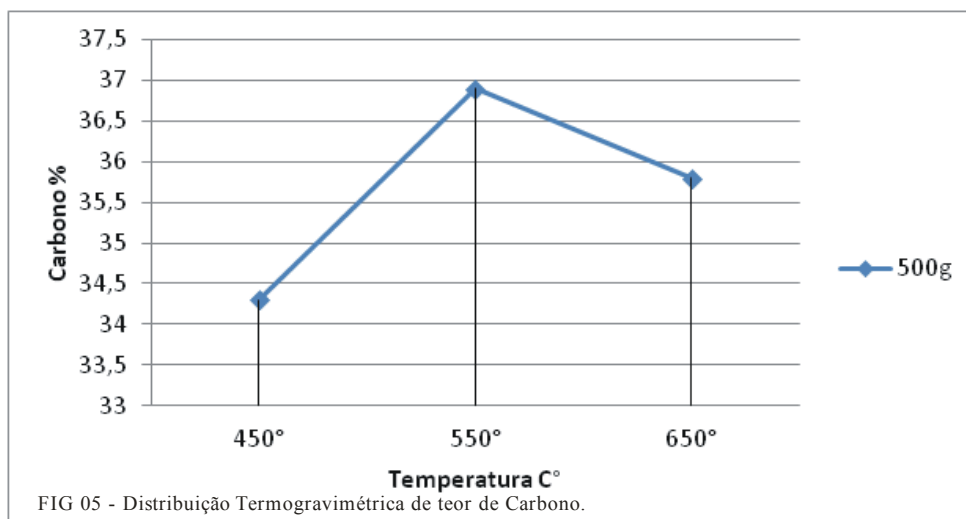
A amostra foi inicialmente calcinada por duas horas depois de alcançada a temperatura de trabalho e retirada da mufla. A amostra foi resfriada em dessecador e então pesada em balança analítica, retornando para a mufla, na mesma temperatura de trabalho, por mais uma hora. Novamente, depois de resfriada em dessecador e pesada, compararam-se os pesos obtidos nas calcinaoes. As cápsulas de porcelana, ou cadinhos, utilizados nas análises foram prévia e adequadamente preparadas para receber a amostra, sendo calcinados, ainda vazios, na temperatura em que foram realizadas as análises, para que fosse eliminado qualquer tipo de impureza que porventura contivessem. O procedimento adotado nesta análise foi o de aquecimento gradual da amostra na mufla até a temperatura de trabalho com incrementos na temperatura de 50C a cada 30 minutos.

Ao se submeterem a amostra às temperaturas de calcinação mencionadas, a fração orgânica foi oxidada, volatilizando parte da massa restando apenas a fração inerte. A porcentagem de sólidos voláteis representou uma estimativa do conteúdo de matéria orgânica biodegradável no resíduo, ao passo que os sólidos não voláteis (fixos ou inertes) representaram a matéria inorgânica ou mineral.

Segundo Egreja Filho (1996), ao se considerar que a proporção do teor de carbono na matéria volatilizada é fixa (56 a 58%), os resultados do teor de carbono são determinados por inferência a partir da determinação dos sólidos voláteis. Utilizam-se, então, fatores de correção que não expressam o teor real de carbono, uma vez que este varia em função de uma série de parâmetros, inclusive da composição da matéria-prima. No Brasil, um fator muito utilizado, e que foi adotado por esta análise, foi de 2.0.

A temperatura ideal para se realizar a calcinação pode ser observada nas Figuras 21, 22 e 23 que mostram as curvas termogravimétricas dos sólidos totais voláteis, fixos e do teor de carbono. Nelas pode-se observar que na temperatura de 550°C houve queima total da amostra, sendo que após 2 horas de calcinação obteve-se constância ponderal da massa da amostra.





g) Análise Microbiológica

Para a análise de microrganismos (coliformes totais, termotolerantes, enterococos fecais, bactérias heterotróficas e fungos e leveduras), foram realizadas diluições de 30 (trinta) gramas da amostra, de 10-1 a 10-6, em solução salina 0,9%.

A presença ou ausência de coliformes totais e termotolerantes é realizada pelo Método Colorimétrico/Enzimático, adicionando o reagente Fluorocult LMX a 100 mL da diluição 10-6. verificou-se mudança de cor para coliformes totais e fluorescência para termotolerantes.

Inoculou-se 1 mL da diluição 10-6 em Ágar Enterococos para determinar a presença e quantidade de enterococos fecais; 0,1 mL da mesma diluição em PCA, para indicar a quantidade de bactérias heterotróficas e 0,1 mL da mesma diluição em PDA, para determinar a quantidade de fungos e leveduras. Estas três determinações foram feitas pela técnica do espalhamento em placas de Petri.

A análise de bactérias, fungos e leveduras foi realizada para confirmar a presença dos mesmos no material antes de ser degradado e, posteriormente, como composto.

Tabela 04

Resultado da análise microbiológica do resíduo					
Horas	Coliformes totais	Termotolerantes	Enterococos fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
0	Positivo	Positivo	1×10^7	1×10^8	1×10^7
12	Positivo	Positivo	$1,5 \times 10^7$	$1,5 \times 10^8$	$1,5 \times 10^8$
72	Positivo	Positivo	$2,0 \times 10^7$	$1,5 \times 10^7$	2×10^7
120	Positivo	Positivo	$2,5 \times 10^7$	2×10^8	2×10^8

4 DA COMPOSTAGEM OTIMIZADA

4.1 Desenvolvimento dos agentes biocatalizadores

Os microrganismos utilizados neste processo de biodegradação acelerada dos resíduos foram: Thiobacillus ferrooxidans, Thiobacillus thiooxidans, Thiobacillus

thioparus, Thiobacillus denitrificans, Nitrosomonas europaea, Nitrobacter winogradskyi. Estas cepas foram selecionadas por serem bem estudadas e bem conhecidas.

Estes biocatalizadores foram determinados a partir das informações dadas de análises físicas, químicas e biológicas dos resíduos. Também foram considerados os tipos de processos através da qual os resíduos foram gerados nas indústrias a fim de melhor avaliar as condições gerais do resíduo e aplicabilidade do Biocatalisador. Finda a caracterização do resíduo, iniciou-se a geração de um mecanismo extrator (assim definido), onde foi utilizado um conjunto de microrganismos que quando aplicado ao resíduo, gerou o desenvolvimento do Biocatalisador específico.

Nesta fase foram determinados os substratos (aminoácidos, proteínas, ácidos orgânicos), entre outros, que compuseram o meio de cultura onde os microrganismos (Biocatalisador) se desenvolveram. Cabe ressaltar que os substratos, assim como suas concentrações foram modificados segundo cada tipo de resíduo a ser tratado. Todas as mudanças foram realizadas a fim de atender a velocidade de biodegradação acelerada do resíduo que é de 72 horas.

De um modo geral a ação dos Biocatalisadores sobre o resíduo se realizou segundo as necessidades e características fisiológicas de cada microrganismo. Portanto, cada microrganismo atuou sobre uma parte do resíduo.

Os macronutrientes (carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e enxofre) e micronutrientes (magnésio, cálcio, ferro, potássio e zinco) bacterianos foram obtidos de fontes vegetais e animais, basicamente. Tecnicamente, as bactérias extraíram esses elementos à medida que degradaram o resíduo orgânico. A oxidação dos compostos orgânicos e inorgânicos produziu o ATP (adenosina trifosfato), principal molécula de energia para as bactérias. O ATP foi utilizado pelas bactérias para a biossíntese de macromoléculas necessárias a sua sobrevivência e reprodução.

Todas as reações de oxidação liberaram energia e as bactérias desenvolveram vias metabólicas que permitiram a utilização desta energia para a síntese de ATP.

Todo processo de digestão da matéria orgânica foi aeróbico, ou seja, o oxigênio foi utilizado pelas bactérias como aceptor final de elétrons para um sistema de transporte de elétrons, promovendo a produção de CO², H₂O e energia. A co-enzima NAD (nicotinamida adenina dinucleotídeo) foi a responsável pela captura de hidrogênios e elétrons e posterior doador dos mesmos ao sistema de transporte de elétrons, onde subsequentemente foi gerado ATP para ser usado pela célula bacteriana.

Nas gorduras, óleos e graxas pertencentes ao grupo dos lipídios, as bactérias realizaram a digestão da matéria orgânica, transformando lipídios em CO², H₂O e energia. O ciclo bioquímico de digestão dos lipídeos foi realizado sob a ação de enzimas denominadas fosfolipases ou lipases, produzidas pelas bactérias. Estas enzimas romperam as ligações químicas dos lipídeos para produzirem vários tipos de ácidos orgânicos, denominados ácidos graxos e outro composto denominado glicerol.

As enzimas envolvidas na degradação da celulose foram as celulasas. A biodegradação do polímero ocorreu pela ação de três grupos de enzimas que atuaram sinergicamente. Estes grupos de enzimas compreendem as endo-1,4-β-glucanases, as exo-1,4-β-glucanases e as 1,4-β-glucosidases. O grau de sinergismo das celulasas foi bastante grande. Por isso, os três grupos em conjunto permitiram a hidrólise total da celulose.

A biodegradação da hemicelulose seguiu o mesmo padrão da celulose. Assim como as celuloses, as hemiceluloses foram divididas em grupos: endo-hemicelulases, que hidrolisaram o polímero ao acaso e geraram fragmentos de menor massa molecular e exo-hemicelulases que hidrolisam os fragmentos gerados pelas endo-hemicelulases. As xilosidases hidrolisaram dímeros a açúcares monoméricos. Os produtos da biodegradação da hemicelulose foram o CO₂, H₂O, biomassa celular e uma variedade de moléculas pequenas de carboidratos.

No processo as bactérias puderam utilizar tanto os aminoácidos livres quanto os obtidos por hidrólise de proteínas, catalisada por enzimas, as proteases. Esses aminoácidos foram utilizados pelas bactérias para síntese de suas próprias proteínas ou puderam servir como fonte de energia.

Durante o processo também houve formação de moléculas orgânicas de elevada estabilidade, as substâncias húmicas, prontamente assimiláveis pelas plantas. O biocatalizador também promoveu a interação das moléculas orgânicas com os minerais, formando quelatos, ou seja, uma forma especial de complexo na qual a molécula do ligante se prende ao íon mineral através de vários pontos de sua molécula, formando uma estrutura cíclica. Assim sua eficiência foi aumentada quando aplicado ao solo, pois os nutrientes minerais ficaram protegidos de reações que os tornariam indisponíveis às plantas.

Todo conteúdo biológico e os substratos foram balanceados em níveis específicos, para que houvesse uma velocidade de reação dinamizada na degradação do resíduo e no aproveitamento dos minerais (macro e micro-nutrientes) preexistentes e os adicionados ao processo.

Todos os parâmetros do processo foram definidos em função da resistência das matérias-primas a fim de se alcançar a biodegradação acelerada. Nos minerais de baixos teores (rocha fosfática, fosfogesso, etc), os biocatalizadores agiram como agentes solubilizantes, potencializadores dos elementos que fizeram parte dos macro e micro-nutrientes.

O presente processo visou realizar, basicamente, a redução significativa do material lignocelulósico, diminuindo assim, a relação C/N, dispondo a CTC e o teor de carbono orgânico total do produto final adequadamente. Os parâmetros acima descritos visaram apresentar-se em níveis que atenderam as normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura para comercialização de fertilizantes. Pois a matéria orgânica produzida como resultado da degradação do resíduo necessita estar dentro das exigências estabelecidas pelo Ministério da Agricultura para produção de fertilizantes orgânicos, Decreto lei nº 86.955 (de 18/02/82), na forma de relação C/N, CTC (CTC – capacidade de troca catiônica é um fenômeno de extrema importância por reter os cátions numa forma permutável, evitando a sua perda por lixiviação e mantendo-os disponíveis para as plantas), e carbono orgânico.

5 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Uma vez que existiu uma ampla série de resíduos orgânicos e minerais, todo

resíduo foi submetido à análise para sua qualificação. Posteriormente foi realizado um trabalho de desenvolvimento do Biocatalisador específico. Após o desenvolvimento, realizou-se a aplicação do Biocatalisador ao resíduo.

O processo tecnológico pôde ser sumarizado nos 3 tópicos como segue:

- a) Qualificação químico/física e biológica do resíduo;
- b) Desenvolvimento do Biocatalisador específico;
- c) Aplicação do Biocatalisador.

Todo processo da biodegradação acelerada se desenvolveu em aerobiose. Para a obtenção dos resultados desejados na aplicação da tecnologia foi preciso considerar o processo como um todo e cada parte do mesmo. O biocatalisador conteve um balanço nutricional com fontes de carbono e nitrogênio entre outros, visando dar condições ao crescimento da atividade microbiana na degradação acelerada do resíduo.

A granulometria do resíduo foi um parâmetro de grande importância, pois facilitou a ação do Biocatalisador. A dimensão desejada do resíduo para o processamento foi inferior a 6 mm. Resíduos com dimensões maiores dificultariam e aumentariam o tempo da biodegradação e por isto foram submetidos à trituração. A aplicação do Biocatalisador em processo se deu após o resíduo estar dentro da granulometria desejada.

Além da granulometria a umidade também teve de ser parametrizada para tornar viável a biodegradação aeróbica do resíduo. A umidade de processamento esteve compreendida entre 45% e 55% (esta umidade poderia variar a depender de alguns aspectos como: textura e densidade do resíduo). Umidade acima de 55% poderia tornar indisponível o oxigênio, favorecendo o desenvolvimento dos microrganismos anaeróbios, criando um ambiente com problemas, com mau cheiro, chorume, etc. Já com umidade abaixo dos 45% poderia causar a desidratação e aumento do potencial osmótico dos microrganismos desfavorecendo a atividade microbiana. Portanto, após o material ter sido posto na leira (baías de repouso), este teve a umidade ideal de 50%. A combinação entre a granulometria e umidade criou uma massa com porosidade adequada para uma boa aeração natural. De um modo geral a massa perdeu de 3 a 7% de umidade depois das 72 horas.

O pH e a temperatura também foram monitorados a fim de avaliar a estabilidade do produto final. A temperatura apresentou-se entre 60 e 70°C a partir das primeiras 12 horas, devido à intensa atividade de degradação das bactérias. Neste momento ocorreu a eliminação de organismos patogênicos, vírus, larvas de insetos, ovos de helmintos e sementes de plantas.

Durante as primeiras horas foram degradados os compostos mais simples contidos nos resíduos orgânicos, ou seja, os carboidratos (açúcares), que vão desde monossacarídeos (moléculas pequenas) como, glicose, frutose, galactose e manose. Nas horas seguintes os polissacarídeos (moléculas longas) como o amido e o glicogênio, os óleos, gorduras e graxas, as proteínas, e por fim a celulose, a hemicelulose, a lignina, etc.

Todo o processo de biodegradação acelerado é feito mediante: balanço de massas; aplicação de um concentrado de microrganismos específicos (biocatalisador); controle da umidade; granulometria e homogeneização da massa, de maneira a atender as condições ideais para o processo tecnológico. A massa, logo após processo, apresentou uma textura que favoreceu a respiração microbiana, de forma que não houve necessidade de injeção de

oxigênio ou revolvimento da mesma. No final de 72 horas obteve-se um produto estabilizado.

Durante o processo houve formação de moléculas orgânicas de elevada estabilidade, as substâncias húmicas, e a interação dessas substâncias com os minerais, formando quelatos, ou seja, uma forma especial de complexo na qual a molécula do ligante se prenderam ao íon mineral através de vários pontos de sua molécula, formando uma estrutura cíclica. Assim a eficiência de absorção dos nutrientes foi aumentada quando aplicado ao solo, ficando protegidos de reações que os tornariam indisponíveis às plantas.

Todo conteúdo biológico e os substratos foram balanceados em níveis específicos, para que houvesse uma velocidade de reação dinamizada na degradação do resíduo e no aproveitamento dos nutrientes (macro e micro nutrientes) preexistentes e os adicionados ao processo.

Todos os parâmetros do processo foram definidos em função das características do material a ser transformado pela aplicação da tecnologia da biodegradação acelerada. No caso dos minerais de baixos teores (rocha fosfática, fosfogesso, etc.), o biocatalisador agiu solubilizando e potencializando a disponibilidade dos elementos nutricionais existentes.

5.1 Aplicação da Tecnologia

5.1.1 Aplicação da Tecnologia para Processamento de resíduos orgânicos e minerais – FASE 01:

Os insumos e complexos enzimáticos utilizados nesta primeira fase para realizar batidas de 112 Kg. foram:

- 78 Kg de Resíduo orgânico;
- 02 Kg (2,5 %) do complexo enzimático denominado Pulverbill para a desodorização e esterilização prévia;
- 15 Kg (19%) de Fosfato de rocha (fosforita de Cajati);
- 10 Kg (12,5) do complexo enzimático biocatalisador denominado Ecolix C ;

5.1.2 Produção de Fertilizante Organocomposto

A Fase 01 do processo para a produção de fertilizante iniciou-se com a qualificação e quantificação química, física e biológica do resíduo ou matéria-prima, como por exemplo, granulometria, umidade, ph, etc. Em seguida foi desenvolvido o biocatalisador específico. E posteriormente definido todo o processo operacional considerando o volume de resíduo a ser tratado e o produto final a ser obtido.

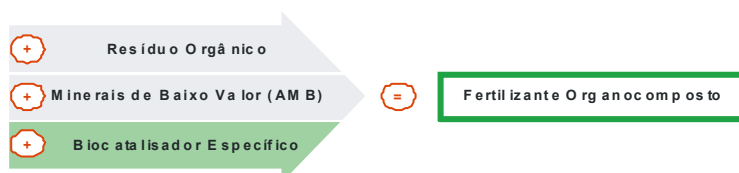


FIG 06 Processo de transformação do organocomposto

5.1.3 Tratamento e Inertização de Resíduos

Foi seguido o mesmo padrão no que diz respeito à caracterização física, química e biológica do resíduo. Contudo, o Biocatalisador foi configurado de maneira a realizar a oxidação e a descontaminação do resíduo. Foram ajustados os parâmetros (granulometria e umidade) e as condições nutricionais necessárias para atividade microbiana. Não havendo necessidade de atender as normas do MAPA (Ministério da Agricultura e Agropecuária). “O lodo de esgoto, por exemplo, é um dos resíduos que pode ser tratado por esta tecnologia com a finalidade de inertização, atendendo ao estabelecido pelo CONAMA”.

A utilização dos biocatalisadores para o tratamento de resíduos também foi associada às fases do processo de produção dos fertilizantes.

Todo o processo pôde ser resumido nas quatro etapas como segue:

a) Desodorização – Neutralização de odores fétidos, quando necessário. Tal tratamento se deu realizando a mistura dos resíduos ao complexo enzimático denominado Pulverbill, ao resíduo orgânico, ajustando-se a umidade associando-se à esta mistura o Fosfato de rocha com o intuito de reduzi-la ao nível ideal de 45/50%;

b) Nitrificação – Oxidação do nitrogênio orgânico e amoniacal em nitratos. Para tal fenômeno preparou-se a dosagem do complexo enzimático denominado Ekolix adicionando-o ao mix.

c) Solubilização – Disponibilização de nutrientes aumentando à absorção pelas plantas. Durante esta parte do processo houve crescimento microbiano, ou seja, aumento do número de microrganismos que compõem o biocatalisador, devido a intensa atividade biológica sobre o resíduo. Entretanto à medida que as fontes de nutrientes diminuíram, esta população decresceu ao final do processo.

As atividades microbianas sobre a matéria-prima mais importantes da Fase 01 foram a biodegradação da matéria orgânica e mineralização dos nutrientes.

5.1.4 Considerações

Pré-operação

- Não foram adicionados materiais orgânicos fibrosos no mix de materiais orgânicos preparados.
- Processaram-se os materiais fibrosos separadamente e sem adição de aditivos minerais básicos ou submeter-se primeiro a trituração.
- Separaram-se os resíduos animais (peixes e carnes) dos demais e antes do processamento os prepararam da seguinte forma:
 - Em tambor de plástico, fez-se camadas com cerca de 10 cm do resíduo e forração com o complexo enzimático denominado Pulverbil;
 - Deixou-se em repouso por cerca de 2 dias;
 - Feito isso, introduziu-se no balanço de massa da primeira fase para ser processado normalmente.

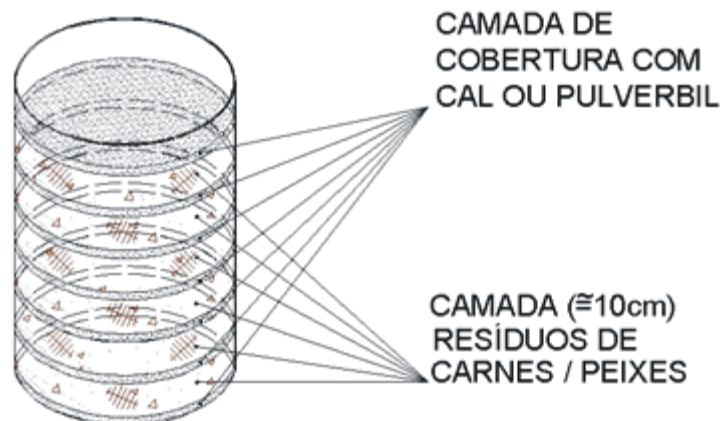


FIG. 07 Ilustração da mistura na etapa de pré-operação no processo de produção

O processo tradicional de compostagem, mais utilizado na disposição de resíduos orgânicos, leva de 60 a 180 dias para completar o processamento. Esta metodologia permite um grande aumento na velocidade de degradação, que se dá em 72 horas, produzindo fertilizante orgânico com grande capacidade de solubilização dos nutrientes e eliminando riscos de contaminação. A figura abaixo representa a ação dos agentes catalisadores existentes nos biocatalisadores.

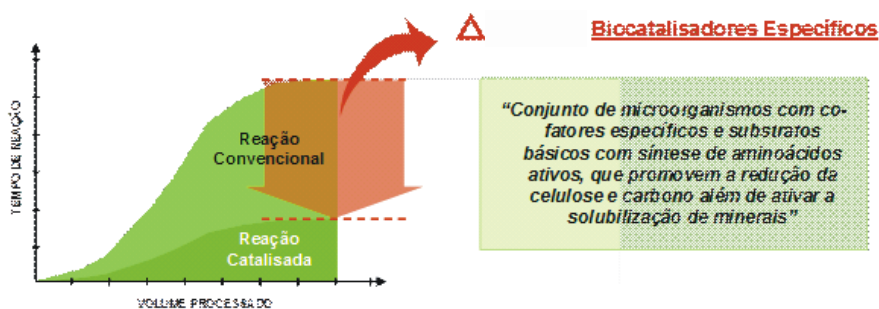


FIG. 08 Ação dos agentes catalisadores

Em função da qualificação e quantidade do resíduo a ser processado foi elaborado o balanço de massas para a produção do fertilizante organocomposto. Neste caso, “nossa recomendação é que no balanço de massas sejam adicionados como fonte de matéria-prima, minerais de baixo teor, do tipo: fosfato de rocha, gesso agrícola, calcário, etc.”

Os materiais foram misturados e pulverizados com o biocatalizador que promoveu a biodegradação acelerada (máximo de 72 horas) dos mesmos. Em seguida, o produto foi depositado em baias de repouso onde permaneceu de 12 a 72 horas. Ao final do repouso foram realizadas coleta e análise química do produto, já definido como organocomposto. O produto final, ou seja, o produto básico obedeceu os parâmetros preconizados pelo MAPA.

O diagrama a seguir apresenta as etapas do processo de produção, destacando as atividades relacionadas ao uso de cada equipamento.

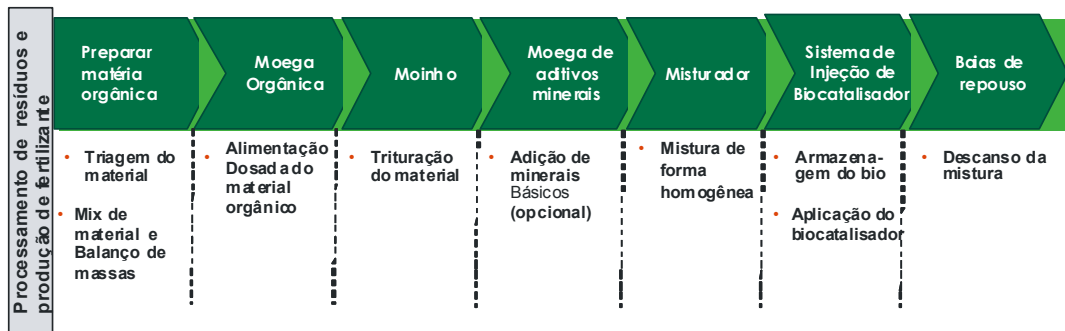


FIG. 09 Etapas do processo de produção do organocomposto

5.2 Aplicação da Tecnologia para Produção de Fertilizante Organomineral – FASE 02

Os insumos e complexos enzimáticos utilizados nesta primeira fase para realizar batidas de 100 Kg. foram:

- a) 70 Kg de Composto orgânico;
- b) 20 Kg (30%) de MAP em pó (superfosfato simples) (fonte de fósforo-P);
- c) 10 Kg (15%) de Ureia industrial (fonte de nitrogênio-N);
- d) 10 Kg (15%) de Cloreto de potássio (fonte de potássio-K);
- e) 02 Kg (3%) do complemento mineral Ekolix D.

5.2.1 Produção do Organomineral (Quelatização e Peletização):



FIG. 10 Produção do Organomineral

A partir do produto básico, da necessidade nutricional e das garantias do produto, foi realizada a mistura das matérias-primas, sempre de acordo com a capacidade operacional da unidade de produção. Um novo biocatalizador foi então pulverizado a mistura a fim de efetuar a solubilização, quelatização e peletização da mesma. O biocatalizador iria promover a interação da matéria orgânica com os minerais formando um produto único, disponível na forma granulada, farelada ou pó, podendo ser desidratado e ensacado industrialmente.

O processo de quelatização reside na transformação de matéria mineral em quelatos. Isso significa que os íons metálicos presentes foram unidos às moléculas orgânicas através de reações bioquímicas em meio.

Os parâmetros físicos e químicos já mencionados na FASE 01 foram novamente ajustados de acordo com as características e garantias do produto acabado estabelecidas pelo MAPA.

Tabela 05

Grupo	Especificações Granulométricas		
	Peneira	Passante	Retido
Granulado	4mm (ABNT n°5)	95% mínimo	5% máximo
	1mm (ABNT n°18)	5% máximo	95% mínimo
pó	2mm (ABNT n°10)	100%	0%
	0,84mm (ABNT n°20)	70% mínimo	30% máximo
	0,3mm (ABNT n°50)	50% mínimo	50% máximo
Farelado	3,36mm (ABNT n°6)	95% mínimo	5% máximo
	0,5mm (ABNT n°35)	25% mínimo	75% máximo
Farelado grosso	4,8mm (ABNT n°4)	100%	0%
	1mm (ABNT n°18)	20% mínimo	80% máximo

Nota: * Para os fertilizantes orgânicos que não atenderem às especificações granulométricas, constar a expressão “produto sem especificação granulométrica”.

Tabela 06

Garantias	Organos simples	Organoscompostos			
		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Umidade máxima (%)	40	50	50	50	70
N total (mínimo - %)	0,5	1			
Carbono Orgânico (mínimo)	15	15			
CTC mínimo (mmolc/Kg)	Declarado				
pH (mínimo)	Declarado	6	6,5	6	
Relação C/N (máxima)	-	18			
Relação CTC/C (mínima)	10	20			
Soma (NP, NK, PK, ou NPK)	-	Declarado			

Tabela 07

Características químicas do fertilizante organomineral	Garantias
Carbono Orgânico (%)	8
Umidade máxima (%)	25
CTC mínimo (mmolc/Kg)	80
Macro Nutrientes Primários (N,P,K) ou soma (NP,NK,PK ou NPK)	10
Macro Nutrientes Secundários ou soma (%)	5
Micronutrientes ou soma (%)	4

O diagrama a seguir ilustra as principais atividades realizadas ao longo da planta produtiva

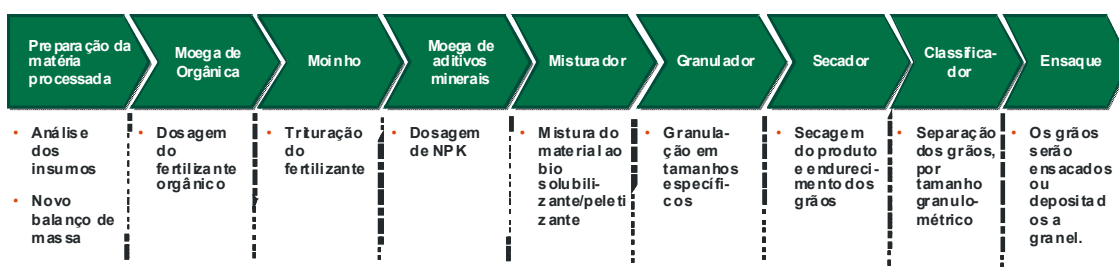


FIG 11 - Etapas do processo de produção Organomineral

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Temperatura da compostagem

Como citado anteriormente, a temperatura é um fator determinante na observação do processo, uma vez que diferentes temperaturas representam o diferente desenvolvimento de microrganismos. Esse é um dos parâmetros mais úteis no monitoramento da evolução da compostagem. A temperatura da pilha é o reflexo da atividade microbiana e permite detectar alterações ocorridas durante o processo.

No caso da compostagem acelerada nos terceiro e quarto dias foram registradas temperaturas superiores a 75°C, ocorrendo redução na população dos microrganismos e consequentemente da diminuição da atividade. Temperaturas em torno de 85°C são suficientes para cessar completamente a atividade microbiológica da pilha e, associadas a pH alcalino, propiciam a volatilização do enxofre e do nitrogênio na forma de amônia (AZEVEDO, 1997; BAETA-HALL et al. , 2003; NOBLE e GAZE 1996).

No processo de compostagem acelerada por processo enzimático, a temperatura apresentou variações conforme demonstrado no gráfico abaixo, evidenciando a alta ação dos micro-organismos decompositores originando um pico de temperatura nas primeiras 72 horas em comparação com a média de tempo da compostagem natural, ou mesmo quando por aeração forçada por tubulação perfurada, tendo sua “fase mesofílica” situada entre as primeiras 48 horas, seu pico de temperatura na “fase termofílica” em 72 horas e a regressão de temperatura em sua “fase de resfriamento” e maturação em entre 120 e 144 horas.

Nas figuras abaixo se pode notar a o reflexo da temperatura frente à ação enzimática e microbiológica na degradação orgânica entre a compostagem convencional coberta em azul, compostagem convencional exposta em amarelo, por aeração forçada em verde e as da compostagem acelerada, e a curva de temperatura x tempo na compostagem acelerada.

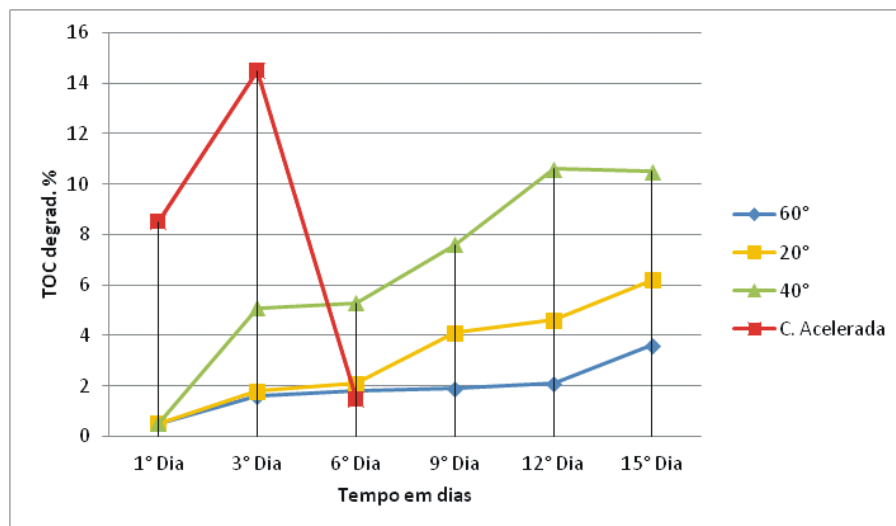


FIG. 12 - Gráfico comparativo do efeito da temperatura na degradação orgânica do Carbono Total durante o processo de compostagem.

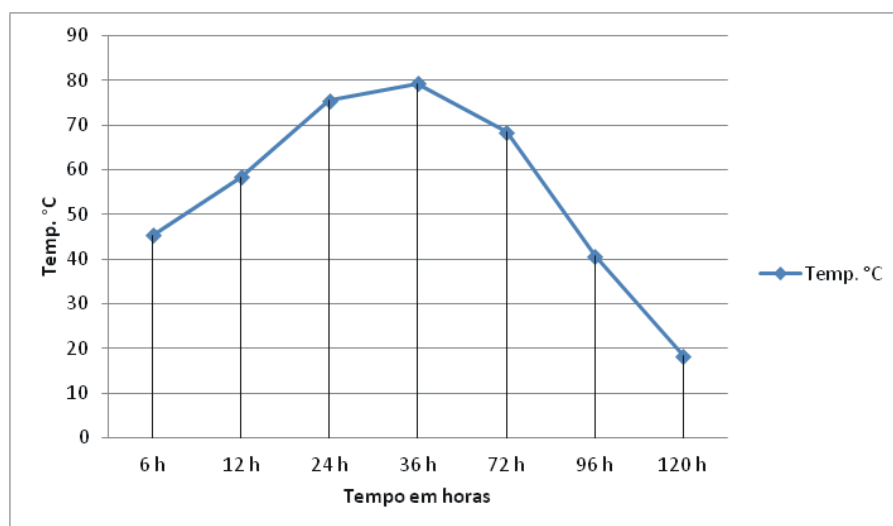


FIG. 13 - Gráfico representativo das alterações de temperatura durante o processo de compostagem acelerada.

6.2 Tempo de compostagem

Segundo (Peixoto, 1998) o tempo de compostagem normal varia em torno de 3 a 4 meses distribuídos da seguinte forma:

Fase I - Fase Mesofílica inicial – Apresentou início da decomposição da matéria orgânica, desprendimento de calor e vapor d'água, fitotoxicidade com formação de ácidos (acético, fórmico, propiônico, butírico, capríco e cáprico - queda do pH ~ 4,5) e toxinas de curta duração – **12 a 24 horas**;

Fase II - Fase Termofílica de semicura ou bioestabilização – degradação ativa – é nesta fase que ocorre as reações bioquímicas mais intensas. É uma fase essencialmente termofílica (65°C) – tempo duração: **45 – 70 – 90 dias (leiras)**, dependendo de fatores ambientais, natureza dos resíduos, tamanho e natureza da população microbiana, balanço de nutrientes e do tipo de processo escolhido;

Fase III - Fase de resfriamento – tempo duração: **2 a 5 dias**.

Fase IV - Fase de cura, maturação ou humificação (formação de ácidos húmicos) e de mineralização - tempo duração: **30 a 60 dias**.

Sendo um processo biológico, as transformações ocorreram de acordo com os princípios já mencionados. No entanto, os métodos variaram de sistemas particularmente artesanais, a um sistema enzimático como neste caso específico, onde os fatores interferentes foram monitorados e controlados com relativa precisão. A degradação orgânica e o tempo da compostagem acelerada foram observados, sendo temperatura da leira monitorada e registrada constantemente, pois assim pôde-se determinar a frequência ideal de revolvimento e a ação bacteriana de decomposição otimizada pela ação enzimática, produzindo o composto em menor tempo do que nas compostagens convencionais. Este acompanhamento permitiu que fossem percebidas as seguintes características:

Fase I – A fase Mesofílica ou inicial – Apresentou um aquecimento rápido o que indicou logo após a formação da pilha inicial, o início da proliferação dos microrganismos. Inicialmente, na fase mesófila, predominaram bactérias e fungos mesófilos produtores de ácidos; com a elevação rápida da temperatura, aproximando-se da fase termófila, a população predominante foi de actinomicetes, bactérias e fungos termófilos. O aumento da temperatura nesta fase superou 70°C) influenciada pela maior disponibilidade de oxigênio, promovida pelo revolvimento da pilha inicial. – **Tempo total de 6 horas;**

Fase II - Fase de Termofílica semicura ou bioestabilização – Ao passar pela fase termófila houve a destruição de ovos, larvas e microrganismos patogênicos que, porventura puderem existir na massa inicial. Os resíduos vegetais e animais não foram igualmente degradados, nem se decompueram inteiramente de uma só vez; seus diversos constituintes foram decompostos em diferentes estágios, com diferentes intensidades e por diferentes populações de microrganismos. Os açúcares, os amidos e as proteínas solúveis foram decompostos em primeiro lugar, seguindo-se de algumas hemiceluloses e demais proteínas, certas hemiceluloses, óleos, gorduras, resinas e outros constituintes das plantas foram decompostos mais demoradamente e o carbono foi liberado como gás carbônico. – **Tempo total de 72 horas;**

Fase III - Fase criófila ou de resfriamento – O composto foi perdendo calor e retomando a fase mesófila, porém, com outra composição química e aspecto mais escurecido, acompanhada pela diminuição da relação C/N abaixo de 20. Obtendo-se ao final do processo o húmus, ou seja, uma substância escura, uniforme, amorfa, rica em partículas coloidais, proporcionado a este material, propriedades físicas, químicas e físico-químicas diferentes da matéria-prima original. **144 horas;**

Fase IV - Fase de cura, maturação ou humificação – Finalmente, com a fase criófila, em que a temperatura diminuiu, entretanto não foram encontrados protozoários, nematóides, formigas, miriápodes, vermes e insetos – **5 dias.**

a) pH

É fato observado no (item 2.2.12.b.4) que níveis de pH muito baixos ou muito altos reduzem ou até inibem a atividade microbiana. (Silva et al. 2003) preconizam que o pH inicial deve se encontrar entre 5,5 e 8,5. O pH dos resíduos orgânicos no início do processo geralmente fica na faixa de 5,0 a 6,0, podendo nos primeiros dias do processo

ocorrer ligeira queda, em virtude da produção de ácidos orgânicos. Entretanto, em poucos dias, por causa da decomposição de proteínas solúveis, o pH passa a ficar na faixa neutra à levemente básica (7,0 a 8,5) (Azevedo, 1997; Baeta-Hall et al., 2003), Contudo deve-se verificar o pH inicial da pilha antes do início do processo de compostagem, pois valores elevados (acima de 8) podem causar perda de nitrogênio pela formação de amônia. O desenvolvimento do processo anaerobicamente pode ser detectado pela leitura do pH, que normalmente deverá estar na faixa de 4 e 5 (AZEVEDO, 1997).

A mistura de RSUs utilizada neste experimento apresentou pH próximo de 5,0 ou ligeiramente superior (5,3 < 7,6) havendo uma elevação drástica do pH que se explica pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia. Assim, o pH se manteve alcalino (7,5 < 9,0), durante o início da fase termófila com liberação de amônia e a redução do Nitrogênio. Entretanto, após as horas iniciais ocorreu a estabilização com a queda do pH para os níveis ideais de (7,3 < 8,1), regredindo na fase criófila para os níveis entre (6,6 < 7,2).

b) Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) e Nitrogênio/Fósforo/Potássio

Como referenciado os microrganismos necessitam de carbono, como fonte de energia, e de nitrogênio para síntese de proteínas. É por esta razão que a relação C/N é considerada como fator que melhor caracteriza o equilíbrio dos substratos.

Teoricamente, a relação C/N inicial ótima do substrato deve se situar em torno de 30. Na realidade, constata-se que ela pode variar de 20 a 70 de acordo com a maior ou menor biodegradabilidade do substrato. Tanto a falta de nitrogênio quanto a falta de carbono limita a atividade microbiológica. Se a relação C/N for muito baixa pode ocorrer grande perda de nitrogênio pela volatilização da amônia. Se a relação C/N for muito elevada os microrganismos não encontrarão N suficiente para a síntese de proteínas e terão seu desenvolvimento limitado. Como resultado, o processo de compostagem será mais lento. Independentemente da relação C/N inicial, no final da compostagem a relação C/N converge para um mesmo valor, entre 10 e 20, devido a perdas maiores de carbono que de nitrogênio, no desenvolvimento do processo.

Segundo as normas do Ministério da Agricultura, onde os teores devem apresentar níveis mínimos de a relação C/N abaixo de 20/1, CTC (Capacidade de Troca Catiônica) acima de 60 mEq., Considerando-se as relações entre os conteúdos destes nutrientes presentes no composto orgânico e no fertilizante, a equivalência de massa média é de 17:1.

Segundo (Kiehl, 1998), uma maneira de estabelecer o valor do composto orgânico se baseia no conteúdo em matéria orgânica utilizando-se como referência, outros insumos como os esterco de curral ou de granja. Uma outra maneira que tem sido proposta para essa finalidade baseia-se no conteúdo de macro nutrientes primários (NPK) contidos no fertilizante mineral e no composto. Para efeito de comparação foi adotado a fórmula: (NPK 12-6-6) que representa uma fórmula que mantém proporcionalidade com os valores médios observados para os teores correspondentes nas amostras de composto orgânico.

As percentagens de N-P-K no composto orgânico acabado foram relativamente diferenciadas, mas o benefício trazido por elas aconteceram devido à liberação de nitrogênio e fósforo no solo em proporções que, embora diferentes, foram totalmente aproveitadas pelas plantas e não perdidas por efeito de lixiviação.

As normas do Ministério da Agricultura definem que os teores devem apresentar níveis mínimos de NPK de 0,8% a 1,5 % de N (Nitrogênio) – 1,5 a 3,5% de P (Fósforo)- 0,8 a 1,0% de K (Potássio), matéria orgânica acima de 40%, Carbono orgânico dentro das normas do MAPA.

Ao final deste processo de compostagem acelerada foi verificado que as relações Carbono Nitrogênio (C/N) apresentadas foram de (12/1), configurando uma relação ideal dentro dos parâmetros esperados, e que a relação entre Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) se mostrou em (NPK 15-03-13) + 25% matéria orgânica (MO) com o mínimo de 12% de carbono orgânico (CO). Configurando-se uma estrutura de relação diferencialmente benéfica pelo fato de poder-se compor os níveis de complementos de acordo com a necessidade do plantio ou região a ser aplicado o composto.

c) Resultados microbiológicos

Em vários países existe a preocupação em se definir parâmetros para que o processo de compostagem seja considerado satisfatório do ponto de vista sanitário. Estes critérios fixam condições de temperatura e tempo de exposição, É necessário que durante o processo atinjam-se temperaturas elevadas para higienização do composto, eliminação de patógenos e ervas daninhas eventualmente presentes no material (Bollen, 1984; Marques e Hogland, 2002), os dois fatores que definem a eficiência da compostagem na desinfecção.

Considerando o perfil de saúde da população brasileira, que é muito contaminada por parasitas intestinais e a importância dos coliformes como indicadores, o controle destes dois parâmetros parece ser uma proposta sensata e adequada ao controle sanitário do composto obtido a partir dos RSUs. Quando se pretende fazer a utilização agrícola RSUs de esgoto, são reintroduzidos ao ambiente determinadas substâncias e microrganismos que devem ter sua influência avaliada na qualidade ambiental e, conseqüentemente na saúde humana. Os agentes patogênicos devem ser analisados segundo seus diferentes graus de atividade biológica e suas concentrações, que definem a sua virulência, visto que associada às condições do meio e às susceptibilidades dos hospedeiros, pode se refletir em algumas alterações na saúde das populações.

No processo de compostagem acelerada diferentes comunidades de microrganismos (incluindo bactérias, actinomicetes, leveduras e fungos) predominaram nas diferentes fases. No início do processo houve um forte crescimento dos microrganismos mesófilos, com (temperaturas superiores a 40°C) começaram a predominar os termofílicos proliferados com mais intensidade. Devido à elevação gradativa da temperatura, resultante do processo de biodegradação (temperaturas acima de 55°C) muitos dos microrganismos patogênicos para os humanos ou para as plantas foram destruídos. (Acima dos 65 °C) ocorreu a destruição da maioria dos microrganismos, incluindo aqueles que foram responsáveis pela decomposição. As sementes de infestantes perderam a viabilidade na presença das elevadas temperaturas (40-60°C).

Quando o substrato orgânico foi em sua maior parte transformado, a temperatura diminuiu a população termófila se restringiu, a atividade biológica global sofreu significativa redução e os mesófilos se instalam novamente. Nesta fase, a maioria das moléculas facilmente biodegradáveis foram transformadas, o composto apresentou odor

agradável e já teve início o processo de humificação, típico da etapa final do processo, denominada maturação

Tabela 08

Resultado da análise microbiológica do Organomineral					
Horas	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
24	Negativo	Negativo	-	8×10^7	$4,5 \times 10^7$
36	Negativo	Negativo	-	10×10^7	$6,2 \times 10^7$
72	Negativo	Negativo	-	$2,5 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$

d) Análise do resultado laboratorial do composto organomineral

Para Pereira Neto (1999), o composto orgânico não tem e dificilmente terá problema de mercado no Brasil, pois, são várias as opções de uso para este produto. Do ponto de vista científico, principalmente em climas tropicais e subtropicais, há muita carência de conhecimento a respeito da dinâmica e importância da matéria orgânica no solo. Em função deste fato, é difícil classificar o composto e estabelecer seu valor em húmus. Porém, já existem dados suficientes para que a comparação do composto com o fertilizante mineral não seja limitada às produções de culturas de ciclo curto.

O composto orgânico sem complementação mineral não deve ser visto como um substituto do fertilizante mineral, mas sim, como um elemento associativo. Entretanto em condições controladas pode inclusive ser complementado com íons de Azoto (Nitrogênio), Fósforo e Potássio (NPK), de forma equilibrada, dando origem a um composto organomineral ideal para a agricultura.

Os compostos organominerais demonstram a capacidade de modificar as propriedades físicas do solo à medida que são aplicados, promovendo a formação de agregados. Como consequência, aumentam a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção de água, etc. Paralelamente, aumenta-se a capacidade de troca catiônica (CTC) do meio, ou seja, os nutrientes catiônicos, Ca, Mg e K, anteriormente transportados juntamente com a água das chuvas (processo de lixiviação), passam a permanecer disponíveis para as raízes, em quantidades maiores e por mais tempo. Alguns ácidos orgânicos, liberados pelo composto organomineral diminuem a adsorção (imobilização) do P. Nessas condições, diminuem também as variações de pH, tornando mais raras as necessidades de calagem (aplicação de calcário no solo para elevar o pH). Além disso, os organominerais, aplicados nestas condições, serão mais bem aproveitados pelas plantas, e sua ação sobre a acidez e a salinização do solo diminuirá substancialmente.

As propriedades químicas do composto organomineral apresentada nos resultados laboratoriais figura abaixo demonstrou um equilíbrio de nutrientes essenciais para a interação com as argilas formando o complexo argilo-húmico-nutricional, responsável pela majoração da capacidade de troca catiônica (predominância de cargas negativas em relação às positivas); pelo poder complexante sobre metais; pela ação sobre a disponibilidade do fósforo; pela ação estabilizante sobre variações ambientais no solo.



Laudo de Análise: MATERIAL: FERT. ORGANO-MINERAL SOL.

Remetente
EDUARDO MARQUEZ PALMERIO PROF. Proprietário:
SOC EDUCACIONAL UBERABENSE
R. SILVERIO J. BERNARDES 115-MERCES SOC EDUCACIONAL UBERABENSE
38.100-000 UBERABA MG UBERABA MG
FONE: (34) 314-8800/ 332-3322 Campus1
FAX : (34) 312-7660

Laudo Expedido em: 05/09/2000

AMOSTRA(S)	
Identificação: UNITHAL»	25725
Remetente»	01
Cultura e/ou Material.»	STA. JULIANA ORGANO-FERTIL
DET. RMINAÇÃO	
Nitrogênio.....N.....%	1,00
Fósforo.....P.(P2O5).....%	
..Tota.....Pt.....%	13,08
..Citr. Água.Pa/c.....%	2,00
..Ac. Cítrico..Pc.....%	3,20
..Água.....Pa.....%	0,31
Potássio.....(K2O).....%	0,95
Cálcio.....Ca.....%	15,70
Magnésio.....Mg.....%	0,30
Enxofre.....S.....%	10,30
Ferro.....Fe.....%	4,35
Manganês.....Mn..ppm»	530,0
Cobre.....Cu..ppm»	96,0
Zinco.....Zn..ppm»	660,0
Boro.....B..ppm»	200,0
Sódio.....Na.....%	0,26
Cobalto.....Co..ppm»	10,0
Molibdênio.....Mo..ppm»	14,0
Alumínio.....Al..ppm»	AÑS
Cloro.....Cl.....%	AÑS
Flúor.....F.....%	AÑS
Matéria Orgânica.....%	21,30
Cinzas.....%	78,70
Umidade.....%	13,80
pH.....	6,7
Relação C/l.....	12/1
Densid. Apar. t. g/cm3»	AÑS
Capacid. sorção de.....	
Água.g H2O material.»	0,95
Cond. Eléctrica.....µS/cm»	AÑS
CTC.....mEq/100.g.....	102,50
GRANULOMETRIA	
Retido Per. 4,8 mm.....»	AÑS
Passa Per. 2,8 mm.....»	AÑS

ALD = Abaixo Limite Detecção
 AÑS = Análise Não Solicitada
 NI = Não Informado(a)
 Análise(s) realizada(s) com base em amostra(s) de material, acima identificada(s), entregue(s) em nossos Laboratórios.

OBS.: RESULTADOS EM BASE PESO/ PESO E MATÉRIA SECA.
 OBS.: RESULTADO DE pH EM Cálclz.

ENGENHEIROS RESPONSÁVELS
 AGR.: Antonio Carlos Marques
 CREA 129.499-7/SP
 QUIM.: Luis Biondillo Pessôlo
 EREA 138.690-0-SP

MATRIZ: R. SANTO ANTONIO CLARET 161-J.CHAPADÃO CAMPINAS-SP CEP:13073-450 EMAIL:unithal@unithal.com.br PABX:(0_19) 242-6477

FIG 46 - Laudo da análise laboratorial do organomineral
FONTE: Lazaro - material tecnológico Bioexton.

6.3 Análise dos resultados na agricultura local

O material obtido da compostagem; de cor escura, rico em húmus e constituído de 50% a 60% de matéria orgânica e elementos NPK pôde ser classificado como um composto organomineral.

Entendeu-se, que o benefício do composto no solo não foi apenas o de fornecedor de nutrientes para as plantas, mas, principalmente, de modificador, para melhorar suas propriedades físicas e biológicas. Fornecendo elementos nutritivos ao solo, promovendo a melhoria da nutrição de macro e micronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, zinco, boro, etc.).

A matéria orgânica ajudou na retenção de nutrientes fornecidos quimicamente, dando tempo ao aproveitamento dos mesmos pelas plantas, amenizando os efeitos de sua

infiltração rápida para as camadas mais profundas do solo. Aconteceu a solubilização de nutrientes devido à ação dos ácidos orgânicos húmicos contidos nos composto (vegetais ou animais decompostos) resultando em uma elevação da capacidade de troca de cátions do solo. Melhorou a estrutura (granulação) do solo, Conferindo uma maior capacidade de absorção e armazenamento de água, possibilitando, ainda, uma boa aeração, um melhor desenvolvimento do sistema radicular e maior facilidade dos cultivos. O composto organomineral favoreceu uma maior atividade microbiana no solo resultando disso novas e acentuadas melhorias para o solo, pois a matéria orgânica serviu de alimento para a população microbiana do solo, o uso da matéria orgânica permitiu uma rápida correção da acidez do solo, tendendo a estabilizar o pH próximo à neutralidade. Ocorreu uma redução da toxidez por pesticidas e de outras substâncias tóxicas.

6.4 Análise dos resultados sócio/econômicos descritos nas entrevistas

Através de informações prestadas em entrevistas com o Dr. Jeferson Antonio de Souza (EMATER) e com agricultores locais ficou evidenciado que nos solos continuamente sob cultivo, pequenas quantidades em frequentes aplicações seriam mais eficientes que grandes quantidades aplicadas a longos intervalos, observando-se que após a aplicação do organomineral em regular espaço de tempo (4 meses) na cultura de laranja, café e milho das plantações cuidadas com o organomineral, os frutos apresentaram diferenças consideráveis em termos de tamanho, cor e grande modificação nas estruturas radicular, caulinar e foliácea.

Em entrevistas com funcionários e catadores verificou-se a melhoria das condições de trabalho devido à facilitação da segregação em local apropriado e limpo, bem como sua incorporação no quadro de funcionários da usina de transformação, o que incorreu em vários benéficos sociais.

7 CONCLUSÕES GERAIS

A disposição inadequada de resíduos urbanos vem causando a contaminação de solos, recursos hídricos superficiais e subterrâneos e, eventualmente, dependendo das características dos compostos orgânicos presentes nos resíduos, promove com singular significância a contaminação do ar, meios hídricos e solos. Atualmente, esforços estão sendo envidados no sentido do desenvolvimento de novas alternativas de remediação desses meios contaminados. A contaminação dos elementos por compostos orgânicos pode exigir a utilização de uma combinação de tecnologias biológicas, físicas e químicas para reduzir as agressões a um nível seguro e aceitável (KHAN et al., 2004).

Os processos biológicos, quando comparados aos processos físico-químicos, são mais seguros, menos onerosos e menos agressivos ao meio ambiente, já que, muitas vezes, concentra seus esforços em otimizar, tão somente, o processo naturalmente existente nos solos contaminados sendo por isso conhecido como biorremediação (MOLINA-BARAHONA et al., 2004; D'ANNIBALE et al., 2006).

Foi objetivo deste trabalho observar todas as etapas da implantação da usina de compostagem no Município de Santa Juliana, bem como as fases da compostagem

acelerada com metodologia enzimática no tratamento dos RSUs do Município de Santa Juliana. Através do acompanhamento diário da montagem percebeu-se uma grande rapidez (em torno de 25 dias), junto a uma extrema agilidade na montagem do site de trabalho com a utilização de equipamentos de origem totalmente nacional e a fácil operação pelo fato de não implicar em equipamentos pressurizados, não envolvendo tecnologias e engenharias complicadas ou com a operacionalização em altas temperaturas, e de simples entendimento do manuseio.

A compostagem acelerada por processo enzimático por sua vez, mostrou-se ser uma tecnologia ecologicamente aceitável e ambientalmente correta pela não contaminação tanto dos solos, como ar e dos meios hídricos compostagem esta utilizando o estímulo da atividade microbiana para degradar compostos orgânicos, resultando na transformação em metabólitos ou mineralização dos contaminantes, metodologia simples e realizada de acordo com os conceitos modernos como a utilização de complexos enzimáticos como meio acelerador do processo.

Observou-se um processo prático, porém que resultou em um produto final estável (o composto), livre de microrganismos patogênicos contendo uma equilibrada concentração de nutrientes. Além disso, o processo de compostagem acelerada promoveu a redução de uma grande quantidade de poluentes presentes nos resíduos, sejam eles de ordem físico/química ou por outros contaminantes.

Como revisto neste trabalho, vários fatores puderam ser manejados facilmente para sua otimização, viabilizando sua utilização em diferentes campos de atividade devido às características físicas, físico-químicas, químicas e biológicas apresentadas no composto permitindo concluir que a compostagem otimizada apresentou-se como uma alternativa viável para sistemas de produção orgânica, em virtude de sua elevada qualidade nutricional e biológica, seus elevados teores de matéria orgânica, CTC. O uso de fosfato de rocha, utilizado para enriquecimento do composto, conduziu à obtenção de matéria orgânica com maiores teores de fósforo, cálcio e zinco, e saturação por bases permitiu obter um elevado grau de fertilidade dos solos no sistema orgânico, tendo o composto apresentado também um nível de pH neutro.

Com relação à amostra de composto quando comparada os parâmetros de compostagem referenciados anteriormente, verificou-se que foram obtidos resultados claramente benéficos, ressaltado o fato de que a metodologia teoricamente foi a mesma (compostagem), devendo-se à diferença de tecnologia utilizada com a utilização de complexos enzimáticos biocatalizadores.

O tempo de compostagem se mostrou significativamente reduzido, denotando uma substancial ação biocatalisadora dos complexos enzimáticos utilizados na biodegradação dos resíduos. Os resultados para os ensaios biológicos evidenciaram as diferenças de antes e depois do experimento evidenciando o aumento bacteriano biodecompositor em curto espaço de tempo, assim como a drástica redução de contaminantes.

As relações C/N e N, P, K configuraram uma relação ideal dentro dos parâmetros esperados, o composto organomineral a partir da conversão do teor de matéria orgânica, apresentou índices ideais de equilíbrio de seus constituintes em relação aos parâmetros regulamentados pelo MAPA.

Portanto, mostrou-se a compostagem acelerada por ação enzimática ser um processo eficiente que deveria ser amplamente utilizado nas cidades brasileiras, visto que atende não somente a aspectos sanitários e diminuição dos aterros, mas também a aspectos sociais, ambientais e econômicos. O composto pôde ser utilizado como adubo para o solo na agricultura local, prestando-se também para a recuperação de áreas degradadas e na proteção de encostas.

Através de acompanhamento e entrevistas realizadas com o Dr. Jeferson Antonio de Souza e agricultores locais, ficou evidenciada a melhoria no plantio após a utilização do composto organomineral na cultura de laranja, café e milho apresentando diferenças consideráveis em termos de tamanho e qualidade dos frutos, modificação benéficas nas estruturas radicular, caulinar e foliácea, bem como uma melhoria considerável da qualidade do solo em níveis de nutrientes, textura assim como o equilíbrio do pH.

Metodologia, portanto de extrema utilidade em regiões rurais onde há grande fartura de complementos organo/vegetais, sendo também os organocompostos adquiridos pelos pequenos e médios agricultores a um custo muito menor do que os praticados no mercado em virtude de serem produzidos na mesma região, com isso, não havendo os custos de transportes nem a ocorrência de intermediários. Bem como se mostrou esta metodologia por sua rapidez na transformação dos RSUs de extrema aplicação nos grandes centros urbanos não permitindo o desenvolvimento de vetores ou mau cheiro decorrente da exposição demorada destes resíduos, assim como o fomento de empregos para a região.

Considerando a realidade brasileira, onde predominam os lixões, recomenda-se que investimentos sejam feitos na implantação de usinas de compostagem otimizada, o que representará um enorme avanço na qualidade da disposição final como um todo dos resíduos sólidos no Brasil. O que não deve ser mais permitido é que os resíduos, de qualquer que seja a procedência (domiciliar, industrial ou de saúde, entre outros), continuem sendo despejados livremente em lixões, onde podem por falta de uma estrutura sócio/econômica/ambiental adequada ser manuseados ou deixados desrespeitosamente na natureza. O município deve contar, também, com um programa de coleta seletiva, outro de redução de geração de resíduos na fonte e alguns outros programas de destinação alternativos como, por exemplo, de resíduos industriais/comerciais e de coleta de resíduos especiais como pilhas, baterias, lâmpadas, pneumáticos inservíveis, entre outros, o que pode ser conseguido por meio de um programa de gerenciamento integrado.

É possível, e necessário, desenvolver projetos de usinas de compostagem acelerada de menor e maior porte em função das necessidades e particularidades locais, a fim de que a disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados nos diversos municípios passe a ser sanitariamente adequada. É extremamente importante que, junto, haja a qualificação dos recursos humanos necessários para operar e dar manutenção a essas usinas a serem implantadas, para que naquela região não reapareçam os lixões.

Esta pesquisa ressalta ainda a proposta de integração mais direta da aplicação do conhecimento científico pertinente ao assunto como na consecução de metas políticas voltadas para a resolução da problemática dos resíduos sólidos urbanos.

Artigo recebido para publicação em 19/10/2012 e aceito para publicação em 16 de novembro de 2012

Abstract

This paper intends to propose a study on aspects related to the use of enzymes in accelerated composting of organic solid waste arising from municipal waste, through a detailed study of the implementation of a composting plant optimized by enzymes in the municipality of Santa Juliana in MG, transforming the urban solid waste in a “organicmineral” fertilizer. The methodological procedure employed consisted in the accelerated transformation by enzymatic action of the organic waste generated during the final disposition practiced daily in the city, in a “organicmineral” compound. We also evaluated, according to the analysis of data provided, aspects of recovery of waste generated for composting, showing tremendous potential to minimize the disposal of these wastes. The conclusion points to the fundamental importance of deploying tools that enable foreground environmental awareness of the community on waste separation, and background contribute to a solution regarding the environmentally sound disposal of urban organic wastes, as well as production of excellent compost for agricultural use.

Key Words: Urban solid waste. Organic disposal. Composting optimized fertilizers. Organic compound. organicmineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, M. A. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos - Aspectos teóricos e operacionais**. Departamento de Engenharia Civil. : Ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 44 p., 1997.

BAETA-Hall, L.; SÀÁGUA, M. C.; BARTOLOMEU, M. L.; ANSELMO, A. M.; ROSA, M. F. **A compostagem como processo de valorização dos resíduos na extração de azeite em contínuo**. *Boletim de Biotecnologia*, UME, UB, 31-37, (2003).

BOLLEN, G. J. **Lethal temperatures of soil fungi**. In : Parker C A. : Ed. Ecology and management of soil-borne plant pathogens. Am. Phytopathol. Soc.191-193, 1984.
D'ANNIBALE, A. et al. **Role of Autochthonous Filamentous Fungi in Bioremediation of a Soil Historically Contaminated with Aromatic Hydrocarbons**. *Applied and Environmental Microbiology* (72), 1: 28–36,2006.

EGREJA FILHO, F. B. **Relatório de Atividades de Consultoria Junto à Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: CODEPRO, 1996. (BRA/93-105).

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa** : Ed. São Paulo. Atlas, 1991.

KHAN, F. I.; HUSAIN, T.; HEJAZI, R. **An overview and analysis of site remediation technologies**. *Journal of Environmental Management*, 71: 95–122, 2004.

KIEHL, E.J. Manual de Compostagem – **Maturação e Qualidade do Composto**. Piracicaba, E.J.Kiehl. 171 p., 1998.

MARQUES, M.; HOGLAND, W. (2002). **Processo descentralizado de compostagem em pequena escala para resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas**. XXXVIII Inter-American Congress of Sanitary and Environmental Engineering. Disponível em:

<http://homepage.te.hik.se/personal/thowi/papers_protug2.htm.> página visitada em: 06 abril de 2012.

MOLINA-BARAHONA, L. et al. **Diesel removal from contaminated soils by biostimulation and supplementation with crop residues**. *Applied Soil Ecology*, 27: 165–175p., 2004.

MONTEIRO, José Penido. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 200 p., 2001.

NOBLE, R.; GAZE, R. H. **Preparation of mushroom (*Agaricus bisporus*) composts in controlled environments: Factors influencing compost bulk density and productivity**. *Inter. Biodeteri & Biodegrad* , p. 93-100, 1996.

OECD/Eurostat Joint Questionnaire **Waste and material resources** Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/themes/waste>.> página visitada em: 04 Abril de 2012.
PEIXOTO, R. T. G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo**. Circular, 57, IAPAR, Paraná, 48p., 1998.

PEREIRA NETO, J.T. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Municípios de Pequeno Porte**. *Revista Ciência e Ambiente*, número 18, Santa Maria-RS, 42-52p., 1999.

BIBLIOGRAFIA

A. Radzicka; R. Wolfenden. **A proficient enzyme**. : Ed.Science, 267 p., 90-931, 1995.
ATLAS, R.M. & BARTHA, R. **Microbial Ecology**. : Fundamentals and Applications.
2ª ed., 533p., 1987.

BROCK, T.D.; MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. **Biology of microorganisms**. 7ª ed. 909p., 1994.

CARVALHO, P. O. et al. **Potencial de biocatálise enantiosseletiva de lipases microbianas**.: Ed. Química Nova, v. 28, n. 4, p. 614-621, 2005.

DIEDRICH, K. D. **Enzimas aspectos gerais**. disponível em:
<<http://www.lafacu.com/apuntes/biologia/enzimas/default.htm>.> página visitada em
04 de Maio de 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **Portal do agronegócio**. Disponível em:
<<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php>.> página visitada em 05 de maio de 2012.

CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

ENZIMAS Classificacion – Libro Botánica online – Disponível em:
<<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/enzimas>.> página visitada em 26 de Abril de 2012.

FARIA, F. Santos. **Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos** [Rio de Janeiro] 2002 XII, 355 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.SC., Engenharia Civil, 2002).
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA - SOUZA G. Florisvaldo – **Compostagem e reciclagem de resíduos sólidos orgânicos**. Disponível em <paraíso.etfto.gov.br/docente/admin/.../material_19dcd59921.pdf> Página visitada em 05 de Abril de 2012.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 156 p., 2009.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. **Maturidade de composto de lixo urbano**. Depto. de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ/USP. 1-8p.

LEPSCH, F. Igo. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Ed. Oficina de textos, 2002.

LUPINACCI F. **Estudo sobre a sazonalidade nas importações de fertilizantes**.

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" , 20 p., 2012.

MILLER, Luiz Carlos. **Definições e classificação de Fertilizantes**. Disponível em: <<http://www.sigacana.com.br/Artigos/FonCorFer01d.htm>> página visitada em 18 de Abril de 2012

REGULY, J. C. **Biocnologia dos Processos Fermentativos**. V.3.: Editora e Gráfica Universitária UFPel, Pelotas, 2000.

RIBEIRO, M. C.; SOARES, M. M. **Microbiologia prática: roteiro e manual, bactérias e fungos**. 1: Ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 112p., 2001.