

ESTUDO PILOTO SOBRE OBTENÇÃO DE COMPOSTO
ORGÂNICO A PARTIR DE AGUAPÉ

ARQUIVO TECNICO

5308
G585e(RCET)
025691



17671



025691

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

ESTUDO PILOTO SOBRE OBTENÇÃO DE COMPOSTO
ORGÂNICO A PARTIR DE AGUAPÉ

5308
G585e(RCET)
025691



17671

025691

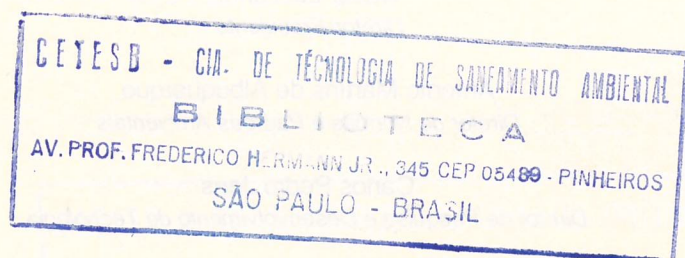
NEAMENTO AMBIENTAL



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE PESQUISA
SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISAS DE ÁGUA E RESÍDUOS



ESTUDO PILOTO SOBRE OBTENÇÃO DE COMPOSTO
ORGÂNICO A PARTIR DE AGUAPÉ

ABRIL/86

5308
G585e (RCET)
025691

25691

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
Luiz Antonio Fleury Filho
Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
Édis Milaré
Secretário

CETESB
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Walter Lazzarini
Diretor-Presidente

Antonio Martins de Albuquerque
Diretor de Normas e Padrões Ambientais

Carlos Pedro Jens
Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia

Lineu Rodrigues Alonso
Diretor de Controle da Poluição de Regiões Metropolitanas

Luiz Antonio Ercolin
Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

Ricardo Augusto Grecco Teixeira
Diretor Administrativo e Financeiro

Walter Godoy dos Santos
Diretor de Controle da Poluição do Interior

NOTA DE REFERÊNCIA

Este trabalho foi desenvolvido na SPAR-Superintendência de Pesquisas de Água e Resíduos, tendo como unidade envolvida a GTRA-Gerência de Pesquisas de Tratamento de Resíduos e Qualidade de de Água, com recursos provenientes do DAEE-Departamento de Águas e Energia Elétrica.

ÍNDICE

	pag.
RESUMO	1
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	2
2. <u>OBJETIVO</u>	3
3. <u>PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL DA COMPOSTAGEM</u>	4
3.1. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	6
4. <u>VERIFICAÇÃO DO VALOR FERTILIZANTE DO COMPOSTO DE AGUAPÉ</u> ..	13
4.1. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	16
5. <u>ASPECTOS ECONÔMICOS</u>	21
6. <u>CONCLUSÕES</u>	25
7. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	26
8. <u>ANEXOS</u>	27
8.1. DEGRADAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE AGUAPÉ	27
8.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE COMPOSTAGEM	32

RESUMO

O estudo do aproveitamento do aguapê (Eichhornia crassipes) como composto orgânico, efetuado na Estação Experimental de Biotecnologia da CETESB em Novo Horizonte, foi realizado com o intuito de se verificar a utilização racional e econômica desta planta que, devido a sua alta taxa de reprodutividade, acarreta sérios problemas operacionais aos sistemas hídricos e cujo valor despoluidor tem sido muito discutido ultimamente.

Para a realização dos estudos, foi utilizado o aguapê proveniente de um dos braços formadores do reservatório Tietê, na região de Novo Horizonte, Estado de São Paulo. O aguapê coletado foi exposto ao ar livre para secagem, em seguida triturado e dividido em 3 partes iguais para a formação das leiras de compostagem. Foram preparadas 3 leiras distintas, uma composta só de aguapê, outra com aguapê e 5% de esterco de galinha e a última com aguapê mais 5% de esterco de galinha e 0,5% de enzima.

Os resultados obtidos no processo de compostagem foram satisfatórios, concluindo-se que o aguapê é um material fácil de ser curado e transformado em composto orgânico, desde que sejam mantidas condições favoráveis para fermentação com a introdução de materiais auxiliares (nutrientes, microrganismos, enzimas, etc) bem como manutenção de volume e umidade adequados.

O estudo do valor fertilizante do composto de aguapê, foi efetuado através do plantio de trigo em vasos contendo diversas proporções dos compostos obtidos. Constatou-se que o composto fermentado com esterco, apresentou produtividade significativamente superior à do composto curado sem materiais auxiliares.

O alto custo de produção do composto, estimado com base nos dados obtidos no estudo piloto inviabiliza a possibilidade desse fertilizante vir a conquistar uma larga faixa de mercado. Provavelmente seu uso deverá restringir-se aos sítios e agricultores que residem próximo ao local de produção de aguapê (reservatório ou lagoa de tratamento).

1. INTRODUÇÃO

Compostagem é uma técnica para se obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica (KIEHL).

Com o aumento dos custos dos adubos minerais, chamados de convencionais, a adubação orgânica volta a ser uma alternativa interessante quando se fala em nutrição de plantas.

"A matéria orgânica deve ser vista sempre como uma alternativa de complementação para melhorar as condições específicas de um dado solo, redução significativa dos custos, ou ainda, dentro de um plano estabelecido de reciclagem de resíduos disponíveis localmente e que poluem o ambiente, é uma alternativa apropriada e racional quando é facilmente disponível ou produzida na propriedade ou quando é adquirida a baixo custo sem grandes problemas de transporte, ou isenta de contaminantes tóxicos que prejudicam as plantas ou a saúde humana" (IGUE et alii).

O projeto "Estudo dos sistemas integrados e reciclagem de resíduos" desenvolvido na Estação Experimental de Biotecnologia da CETESB, localizada em Novo Horizonte, prevê a utilização racional e econômica de resíduos orgânicos, entre os quais se encontra o de (Eichhornia crassipes) que tem sido muito discutido no Brasil, devido a alta taxa de reprodutividade que acarreta sérios problemas operacionais nos sistemas hídricos e, ao mesmo tempo, possibilidade de seu uso como agente despoluidor.

Na perspectiva de busca de soluções novas, a CETESB, através da Estação Experimental, vem produzindo recentemente uma enzima específica extraída de diversos legumes e frutas para a aceleração da fermentação de materiais resistentes à atividade microbiana, entre eles a celulose e a lignina.

No presente projeto de pesquisa, foi avaliada também a viabilidade de uso dessa enzima na compostagem de aguapé.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi verificar a viabilidade da produção de composto de aguapé através do processo fermentativo ao ar livre e estabelecer o seu efeito fertilizante no desenvolvimento da vegetação.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL DA COMPOSTAGEM

Para a realização do ensaio de compostagem, utilizou-se o aguapê proveniente de um dos braços formadores do reservatório Tietê na região de Novo Horizonte, Estado de São Paulo.

O aguapê, aproximadamente 8.200 Kg, foi retirado manualmente do reservatório, carregado em um caminhão e enviado à Estação da CETESB. Foram efetuadas duas viagens com aproximadamente 4.100 Kg cada uma e foram necessários sete funcionários trabalhando 8 horas por dia, durante dois dias para a operação de coleta e transporte. O aguapê coletado foi espalhado para secagem ao ar livre, numa camada de 30 cm; após 7 dias, foi triturado em um deintegrador Penha mod. 5.200 U. O aguapê foi espalhado ao longo da varanda do prédio do laboratório da Estação Experimental para uma segunda secagem, uma vez que se encontrava com um teor de umidade muito elevado para compostagem. Após mais uma semana de secagem, o aguapê foi então utilizado para a confecção das leiras para compostagem.

Para o ensaio de compostagem, foram preparadas 3 leiras distintas, sendo a primeira composta de 1.000 Kg de aguapê triturado, a segunda foi composta com 1.000 Kg de aguapê e 50 Kg de estrume de galinha e a última, com 665 Kg de aguapê, 31,5 Kg de estrume e 3,5 Kg de enzima especial (vide quadro 1).

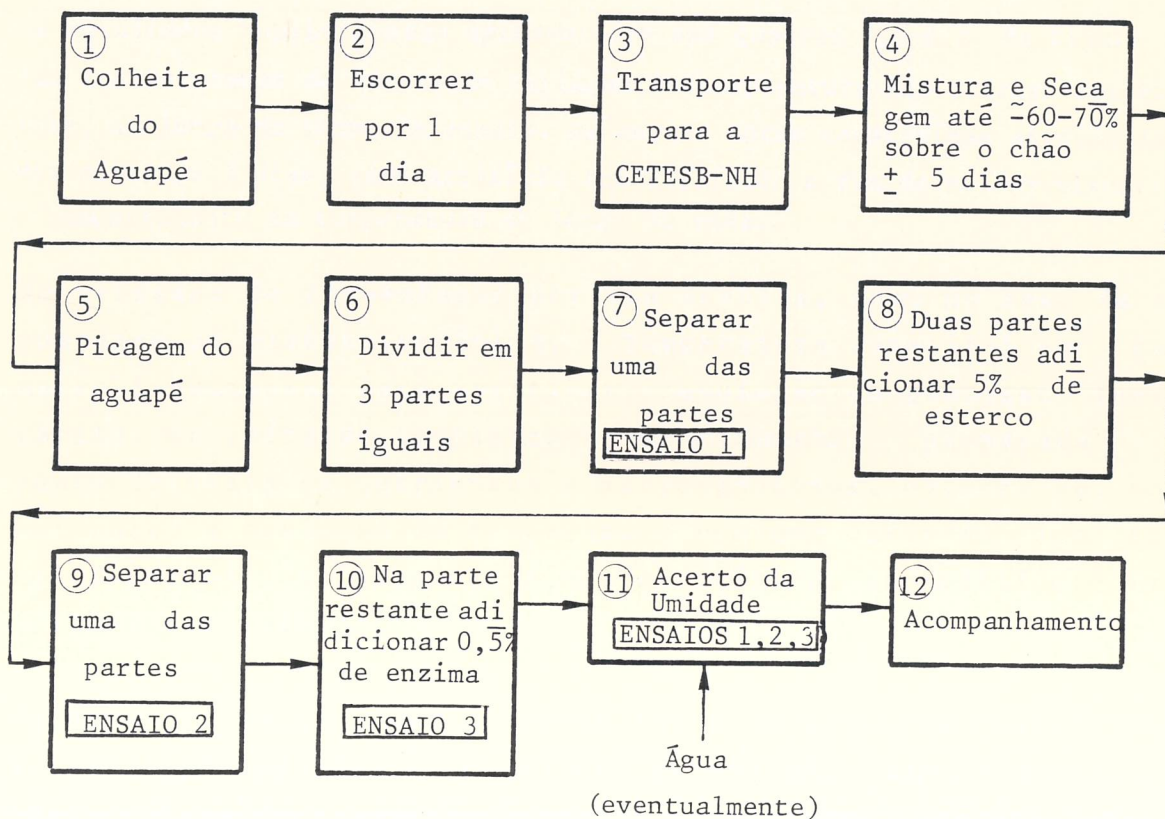
QUADRO 1 - PREPARAÇÃO DAS LEIRAS PARA COMPOSTAGEM

COMPOSTO	COMPOSIÇÃO
I	Aguapê picado (testemunha)
II	Aguapê picado + 5,0 % de esterco de galinha
III	Aguapê picado + 5,0 % de esterco de galinha + 0,5% de pó de enzima

Diariamente eram efetuadas medidas de temperatura (8:00, 12:00 e 16:00 hs) e periodicamente (3 vezes por semana) mediu-se a umidade, sendo eventualmente adicionada água para manutenção da umidade desejada. No fluxograma 1, é mostrado esquematicamente o roteiro para a preparação de leiras experimentais. As análises de acompanhamento efetuadas durante o tempo de ensaio foram: Umidade, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Potássio, Carbono, Resíduo Fixo e pH, sendo coletadas 3 amostras de cada leira, por semana.

As leiras foram reviradas aos 10 e 18 dias de ensaio para introdução de oxigênio e a compostagem foi considerada completada aos 32 dias de ensaio, uma vez que a temperatura baixou até um nível próximo à temperatura ambiente, caracterizando o término do processo fermentativo.

FLUXOGRAMA 1



A enzima citada anteriormente foi produzida com base em 4 tipos de legumes e 2 tipos de frutas, conforme relacionado no quadro 2.

QUADRO 2 - MATERIAIS UTILIZADOS NA PREPARAÇÃO DA ENZIMA

MATERIAL	PESO (KG)	PROPORÇÃO (%)
Nabo	71	20,3
Cenoura	52	14,9
Pepino	62	17,7
Tomate	63	18,0
Banana	62	17,0
Abacaxi	44	12,0
Total	350	100 %

3.1. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos são apresentados nos quadros 3,4 e 5. Na figura 1 estão representadas as curvas de variação da temperatura nas leiras experimentais, ao longo do tempo de ensaio. As curvas foram construídas através da média móvel de 3 dias, este artifício foi utilizado a fim de melhor visualizar o comportamento da temperatura ao longo do ensaio.

No processo de fermentação por via aeróbia, como no caso da compostagem de matéria orgânica, a temperatura constitui um parâmetro fundamental para verificar a evolução do processo fermentativo. Na leira de compostagem adequadamente preparada do ponto de vista de nutrientes e microrganismos, observa-se, normalmente, a evolução da temperatura com uma curva do tipo sigmóide com os seguintes estágios: mesofílico, termofílico, resfriamento e maturação.

No presente estudo, verificou-se tal tipo de curva padrão nas leiras experimentais II e III que receberam, respectivamente, esterco e esterco + enzima. Isto foi constatado, especialmente, na última leira citada.

A enzima citada anteriormente foi produzida com base em 4 tipos de legumes e 2 tipos de frutas, conforme relacionado no quadro 2.

QUADRO 2 - MATERIAIS UTILIZADOS NA PREPARAÇÃO DA ENZIMA

MATERIAL	PESO (KG)	PROPORÇÃO (%)
Nabo	71	20,3
Cenoura	52	14,9
Pepino	62	17,7
Tomate	63	18,0
Banana	62	17,0
Abacaxi	44	12,0
Total	350	100 %

3.1. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos são apresentados nos quadros 3,4 e 5. Na figura 1 estão representadas as curvas de variação da temperatura nas leiras experimentais, ao longo do tempo de ensaio. As curvas foram construídas através da média móvel de 3 dias, este artifício foi utilizado a fim de melhor visualizar o comportamento da temperatura ao longo do ensaio.

No processo de fermentação por via aeróbia, como no caso da compostagem de matéria orgânica, a temperatura constitui um parâmetro fundamental para verificar a evolução do processo fermentativo. Na leira de compostagem adequadamente preparada do ponto de vista de nutrientes e microrganismos, observa-se, normalmente, a evolução da temperatura com uma curva do tipo sigmóide com os seguintes estágios: mesofílico, termofílico, resfriamento e maturação.

No presente estudo, verificou-se tal tipo de curva padrão nas leiras experimentais II e III que receberam, respectivamente, esterco e esterco + enzima. Isto foi constatado, especialmente, na última leira citada.

QUADRO 3 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DA COMPOSTAGEM DE AGUAPÉ - LEIRA I

ANÁLISE	PERÍODO	INÍCIO	7	14	17	20	24	27	31
		10/05/85	17/05/85	24/05/85	27/05/85	30/05/85	03/06/85	06/06/85	10/06/85
UMIDADE %		68,5	69,4	70,1	69,6	72,3	70,1	77,7	86,3
NITROGÊNIO % N		0,99	0,99	0,98	0,99	1,00	0,80	0,82	0,89
FÓSFORO % P		0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,05	0,09
POTÁSSIO % K		0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	1,10	0,99	1,00
CARBONO % C		28,4	28,6	26,5	23,4	23,6	24,0	19,1	20,6
RESÍDUO FIXO %		48,4	48,3	50,4	50,3	52,6	48,3	52,2	51,1
PH		6,0	6,5	6,2	6,3	6,5	6,5	6,3	6,4
RELAÇÃO C/N		28,7	28,9	27,0	23,6	23,6	30,0	23,3	23,1

*Análise do aguapé "in natura"

QUADRO 4 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DA COMPOSTAGEM DE AGUAPÉ - LEIRA II

PERÍODO ANÁLISE	INÍCIO	5	12	15	18	22	25	29
	10/05/85 *	17/05/85	24/05/85	27/05/85	30/05/85	03/06/85	06/06/85	10/06/85
UMIDADE %	68,5	77,9	74,5	75,4	77,5	75,2	80,8	80,5
NITROGÊNIO % N	0,99	1,3	1,0	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
FÓSFORO % P	0,09	0,55	0,36	0,45	0,43	0,30	0,35	0,26
POTÁSSIO % K	0,98	2,1	1,5	1,7	2,0	1,9	2,0	1,9
CARBONO % C	28,4	28,1	28,4	26,3	27,6	24,9	21,0	18,5
RESÍDUO FIXO %	48,4	43,1	46,4	50,8	47,6	50,8	48,7	51,4
pH	6,0	7,1	7,7	8,0	7,6	7,7	7,7	7,8
RELAÇÃO C/N	28,7	21,6	28,4	20,2	21,2	20,8	17,5	15,4

*Análise do aguapé "in natura"

BIBLIOTECA
 DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 DE AGUAPÉ - LEIRA II

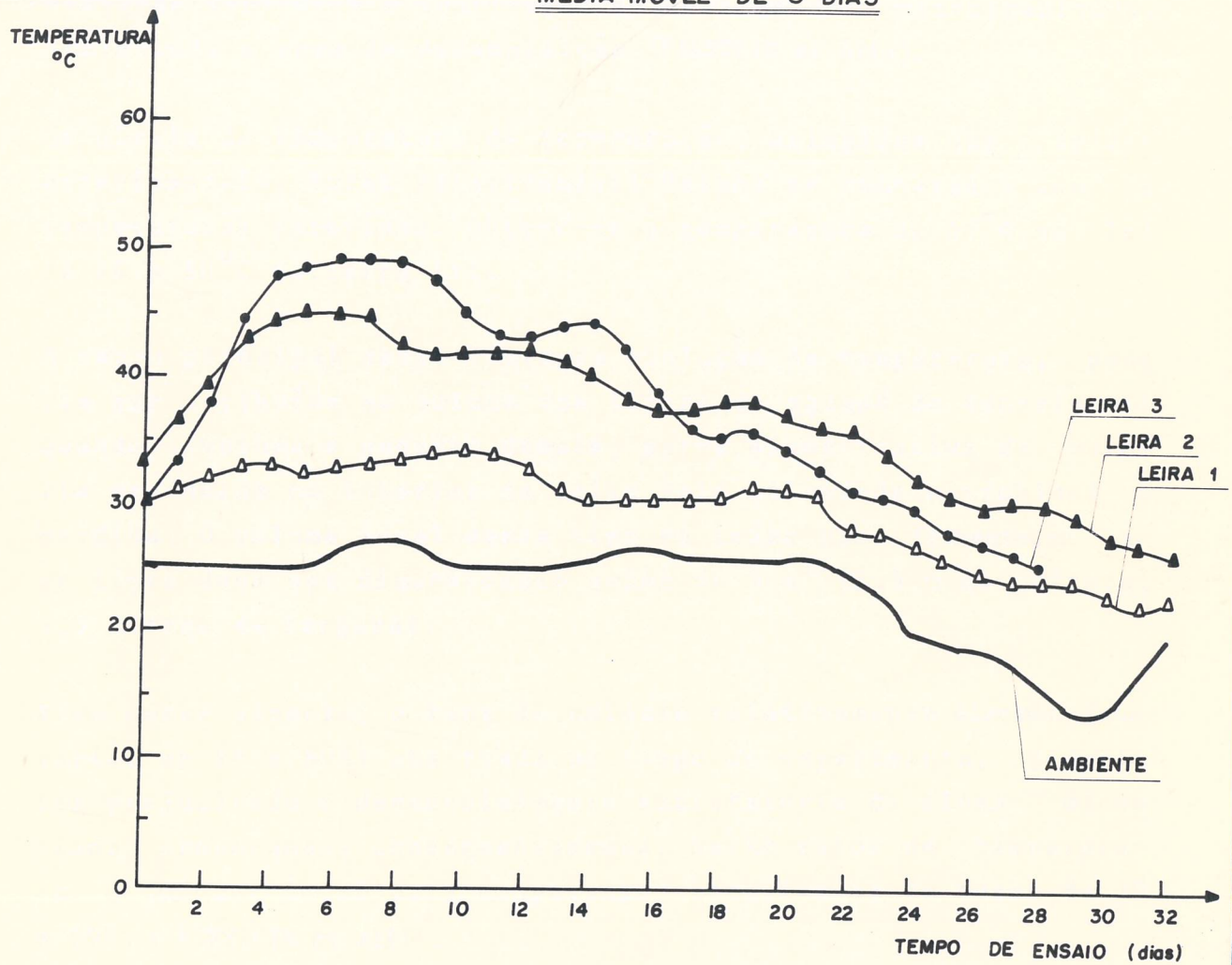
QUADRO 5 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DA COMPOSTAGEM DE AGUAPÉ - LEIRA III

ANÁLISE	PERÍODO	INÍCIO 10/05/85 *	2 17/05/85	9 24/05/85	12 27/05/85	15 30/05/85	19 03/06/85	22 06/06/85	26 10/06/85
UMIDADE %		68,5	59,2	67,9	67,2	67,6	-	83,1	74,9
NITROGÊNIO % N		0,99	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1
FÓSFORO % P		0,09	0,32	0,37	0,22	0,24	0,30	0,25	0,23
POTÁSSIO % K		0,98	1,5	1,5	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5
CARBONO % C		28,4	29,5	26,4	26,5	24,0	19,3	19,5	18,3
RESÍDUO FIXO %		48,4	47,1	49,6	52,8	51,7	50,3	52,2	52,9
PH		6,0	6,0	7,8	7,8	7,7	7,8	7,5	7,6
RELAÇÃO C/N		28,7	24,6	24,0	24,1	21,8	19,3	19,5	16,6

*Análise do aguapé "in natura"

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

ENSAIO DE COMPOSTAGEM
MÉDIA MOVEL DE 3 DIAS



- △ LEIRA 1 - 1000 kg DE AGUAPÉ PICADO
- ▲ LEIRA 2 - 1000 kg DE AGUAPÉ PICADO
50 kg DE ESTRUME DE GALINHA
- LEIRA 3 - 665 kg DE AGUAPÉ PICADO
31,5 kg DE ESTRUME DE GALINHA
3,5 kg DE ENZIMAS DE FRUTA, EM PÓ

FIGURA 1 - CURVAS DE VARIAÇÃO DA TEMPERATURA NAS LEIRAS EXPERIMENTAIS

Durante o processo de fermentação, há o desenvolvimento de vários tipos de microrganismos. No início do processo, multiplica-se a flora bacteriana autóctone, ocasionando aumento de temperatura. Quando a temperatura ultrapassa 40°C, a população mesófila é substituída pela população microbiana termófila autóctone. O estágio termófilico que se processa na faixa de 55°C é o mais importante do processo de compostagem. Temperaturas muito elevadas acarretam a inativação de enzimas dos microrganismos, diminuindo a taxa de decomposição (FINSTEIN et alii).

Os níveis de temperatura de fermentação, atingidos nas leiras experimentais, foram relativamente baixos se comparados com as temperaturas referidas. Obteve-se a temperatura de 45°C na leira II e 50°C na leira III.

A causa principal dessa limitada evolução da temperatura, poderia ser atribuída ao volume das leiras de aguapé do experimento. Quando o volume é pequeno demais, parte significativa da caloría produzida no interior da leira pela atividade microbiana é perdida. O volume ideal desse tipo da leira para fermentação ao ar livre deve ser dimensionado acima de 3 m³ (1,5 m de altura, 1,5 metros de largura).

Além desse aspecto, o teor de umidade relativamente elevado (que variou de 65 a 80%) observado ao longo do experimento, poderia ter prejudicado o desenvolvimento satisfatório da flora microbiana, provocando, conseqüentemente, baixo valor de temperatura. A umidade ideal para compostagem localiza-se em torno de 50 a 60%. (FINSTEIN et alii).

De qualquer maneira, através das curvas apresentadas na figura 1, pode-se julgar que a enzima utilizada no presente estudo auxiliou de forma positiva o processo fermentativo.

A composição química do aguapé utilizado no experimento apresentou quase 50% de resíduos fixos, é pobre em nutrientes (N e P), possuindo uma relação de C/N em torno de 29%. O valor do pH foi

de 6,0. Com o desenvolvimento do processo fermentativo, esse valor aumentou gradativamente nas leiras II e III atingindo a faixa próxima de 8,0, em virtude, provavelmente, da volatilização e decomposição dos ácidos orgânicos. Acompanhando a decomposição da matéria orgânica, a proporção quantitativa de C/N diminuiu. Após cerca de um mês de fermentação, a relação C/N reduziu-se para 17% em ambas as leiras referidas. Essa relação é considerada bastante satisfatória do ponto de vista da qualidade do composto orgânico (KIEHL).

Tendo em vista os resultados expostos, pode-se admitir que o aguapé constitui um material fácil de ser curado e transformado em composto orgânico com a introdução de materiais auxiliares da fermentação (esterco, enzima, etc.) e manutenção satisfatória do volume e umidade.

4. VERIFICAÇÃO DO VALOR FERTILIZANTE DO COMPOSTO DE AGUAPÉ

A experiência foi realizada, utilizando-se os 3 (três) tipos de compostos de aguapé produzidos conforme procedimento apresentado anteriormente. As composições químicas desses compostos encontram-se no quadro 3.

QUADRO 3 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS COMPOSTOS PRODUZIDOS NOS EN-
SAIOS DE COMPOSTAGEM

COMPOSTO COMPOSIÇÃO	I	II	III
Umidade %	78,3	81,7	77,8
N %	0,9	1,1	1,0
P %	0,1	0,3	0,3
K %	1,1	1,9	1,6
C %	22,8	18,5	18,3
Res. Fixo %	51,2	46,6	52,8
pH	6,4	7,7	7,5
Relação C/N	25,3	17,0	18,3

Foi escolhido trigo (*Triticum* sp) IAC-05 para a planta teste, tendo em vista ser uma planta de ciclo curto, bem como conveniência da época de cultivo.

O solo utilizado no plantio experimental foi de areia quartzosa coletada na região de Novo Horizonte cuja composição química é apresentada no quadro 4.

QUADRO 4 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SOLO UTILIZADO

PARÂMETRO	RESULTADO	PARÂMETRO	RESULTADO
N %	0,03	Al meq/100 g	0,32
P ppm	1,00	H+Al meq/100 g	1,65
K ppm	20,00	S e. mg/100 g	0,85
C %	0,22	T e. mg/100 g	2,50
Ca meq/100 g	0,56	V %	34,00
Mg meq/100 g	0,24	pH	5,60

Onde: S = Soma de Bases

T = Capacidade de Troca de Cátions

V = Saturação de Bases

Obs.: As determinações foram realizadas no Departamento de Química da ESALQ-USP.

Tendo em vista a facilidade de manuseio e de acompanhamento, foram utilizados vasos de barro com volume de 5 litros cada (60 vasos ao todo) para o teste do composto, os quais foram dispostos na varanda de um dos prédios (laboratório) da Estação Experimental. O interior de todos os vasos foram pintados com "neutrol" para evitar eventual perda de sais nutrientes.

O procedimento de preparação e de tratamento experimental utilizado foi o seguinte: foram distribuídos 3 tipos de composto de agropé e solo para quantidades de compostos correspondentes às aplicações de 10, 20 e 40 toneladas por hectare e foi admitido que a profundidade efetiva da terra seja de 20 cm para adaptação da unidade de aplicação por hectare para o vaso. Obedecendo a critérios estatísticos, prepararam-se 6 repetições para cada tratamento. Desta forma, os tratamentos adotados e as quantidades de compostos de agropé utilizados para cada tratamento podem ser resumidos no quadro 5 a seguir.

QUADRO 5 - CONDIÇÕES UTILIZADAS NO PLANTIO EXPERIMENTAL

TIPO	QUANTIDADE DE COMPOSTO APLICADO NO VASO (g)	Nº DE VASOS
I (sõ composto)	25	6
	50	6
	100	6
II (aguapê + esterco de galinha)	25	6
	50	6
	100	6
III (aguapê + esterco de galinha + <u>en</u> zima)	25	6
	50	6
	100	6
Testemunha (sõ solo)	0	6

Após a semeadura do trigo (8 sementes para cada vaso), todos os vasos experimentais foram colocados aleatoriamente na varanda de um dos prédios do laboratório da Estação Experimental. Quando as plantas atingiram cerca de 50 cm de altura, foi colocado em cada vaso um apoio com estrutura de arame para possibilitar o crescimento normal da planta.

Decorridos 73 dias após o plantio, as plantas de cada vaso foram colhidas e lavadas. A seguir, o sistema radicular e a parte aérea foram separados e colocados, isoladamente, em sacos de papel para secagem em estufa a 65°C, até serem obtidos pesos constantes.

4.1. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Nos quadros 6 e 7, são relacionados os resultados em peso (g) obtidos para o sistema radicular e a parte aérea, respectivamente, em função do tratamento e tipo de composto e nos quadros 8 e 9, os resultados de tratamento estatísticos para cada parte da planta. Na figura 2 estão representados graficamente os resultados em peso para o sistema radicular e a parte aérea.

Legenda dos quadros estatísticos:

- CV = Causa de Variação
- GL = Graus de Liberdade
- SQ = Soma de Quadrados
- QM = Quadrado Médio
- F = Teste F

QUADRO 6 - RESULTADO DE PESO DO SISTEMA RADICULAR EM FUNÇÃO DO TIPO DE COMPOSTO (T) E DOSAGEM (D)

Tratamento Dosagens	T1					T2					T3							
	D1	1,4	1,9	1,3	3,3	1,5	1,7	3,4	1,8	2,9	2,4	4,2	2,3	3,0	3,0	2,5	2,4	2,5
D2	1,6	2,1	1,3	1,4	1,7	1,8	3,1	3,3	4,1	5,0	3,9	2,0	2,8	3,1	2,6	3,2	2,8	3,5
D3	2,2	1,4	0,7	1,5	1,9	1,5	2,3	2,3	2,5	3,5	2,5	3,9	3,0	2,1	2,9	4,2	3,9	1,4
Testemunha	1,1	0,7	0,7	1,5	0,7	1,5												

*Peso em grama

QUADRO 7 - RESULTADOS DE PESOS DA PARTE AÉREA EM FUNÇÃO DO TIPO DE COMPOSTO (T) E DOSAGEM (D)

Tratamento Dosagens	T1					T2					T3							
	D1	1,7	2,1	1,0	2,3	1,6	2,4	4,1	3,9	3,9	3,5	4,2	3,4	3,7	4,5	3,5	2,9	3,3
D2	1,1	2,5	1,2	1,1	2,1	1,9	4,1	4,5	5,5	5,1	3,7	4,2	4,3	4,6	3,2	3,4	3,3	4,4
D3	2,5	1,9	0,3	1,8	2,6	1,7	3,2	4,3	4,7	4,2	4,0	4,4	2,4	3,4	3,8	2,9	4,1	2,6
Testemunha	1,2	0,9	0,6	0,5	1,2	2,3												

*Peso em grama

QUADRO 8 - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DA PARTE AÉREA

CV	GL	SQ	QM	F
Dosagens	2	1,06	0,530	1,157
Tipos	2	55,19	27,595	60,251
Interação	4	1,83	0,458	0,682
Fatorial	8	58,08	7,260	10,804
Fatorial x Teste	1	7,48	7,48	11,131
Tratamentos	9	65,56	7,284	10,839
Resíduo	50	33,61	0,672	
Total	59	99,167		

$$\text{Coeficiente de variação} = \frac{0,82}{2,943} \times 100 = 27,85\%$$

QUADRO 9 - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DO SISTEMA RADICULAR

CV	GL	SQ	QM	F
Dosagens	2	1,35	0,675	1,286
Tipos	2	19,72	9,860	18,781
Interação	4	2,10	0,525	0,879
Fatorial	8	23,17	2,896	4,851
Fatorial x Teste	1	6,410	6,410	10,737
Tratamentos	9	29,58	3,287	5,506
Resíduo	50	29,85	0,597	
Total	59	59,430		

$$\text{Coeficiente de variação} = \frac{0,773}{2,368} \times 100 = 32,64\%$$

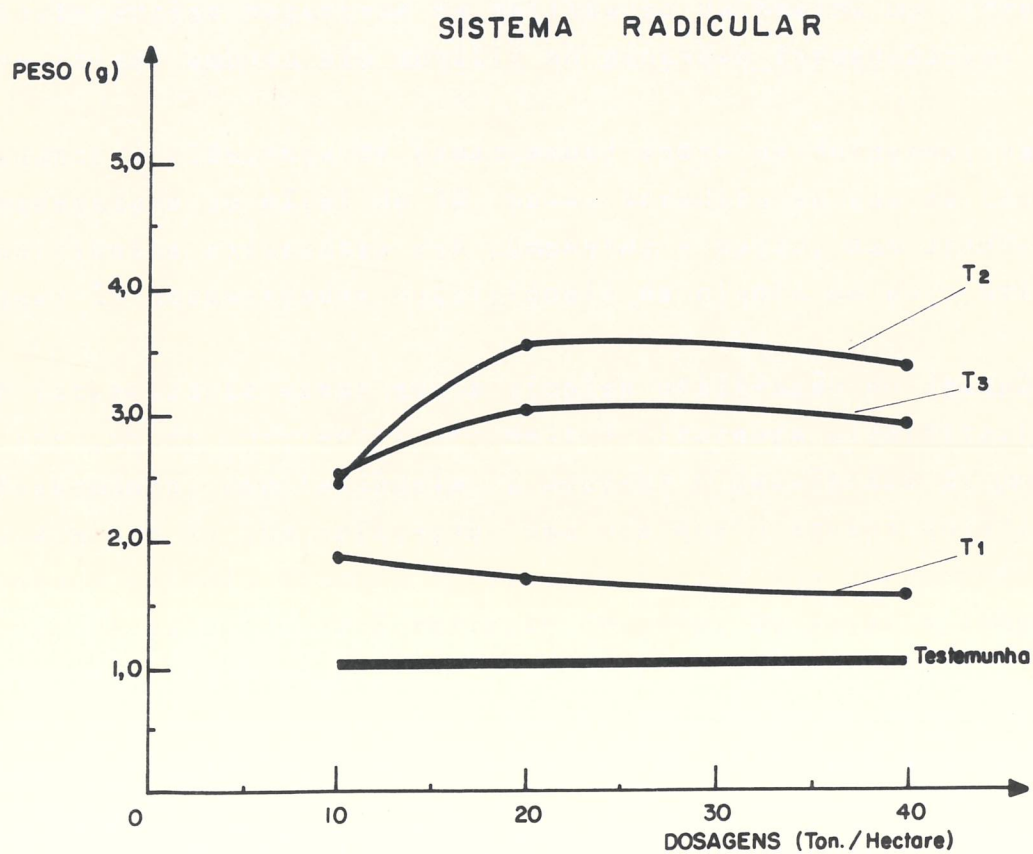
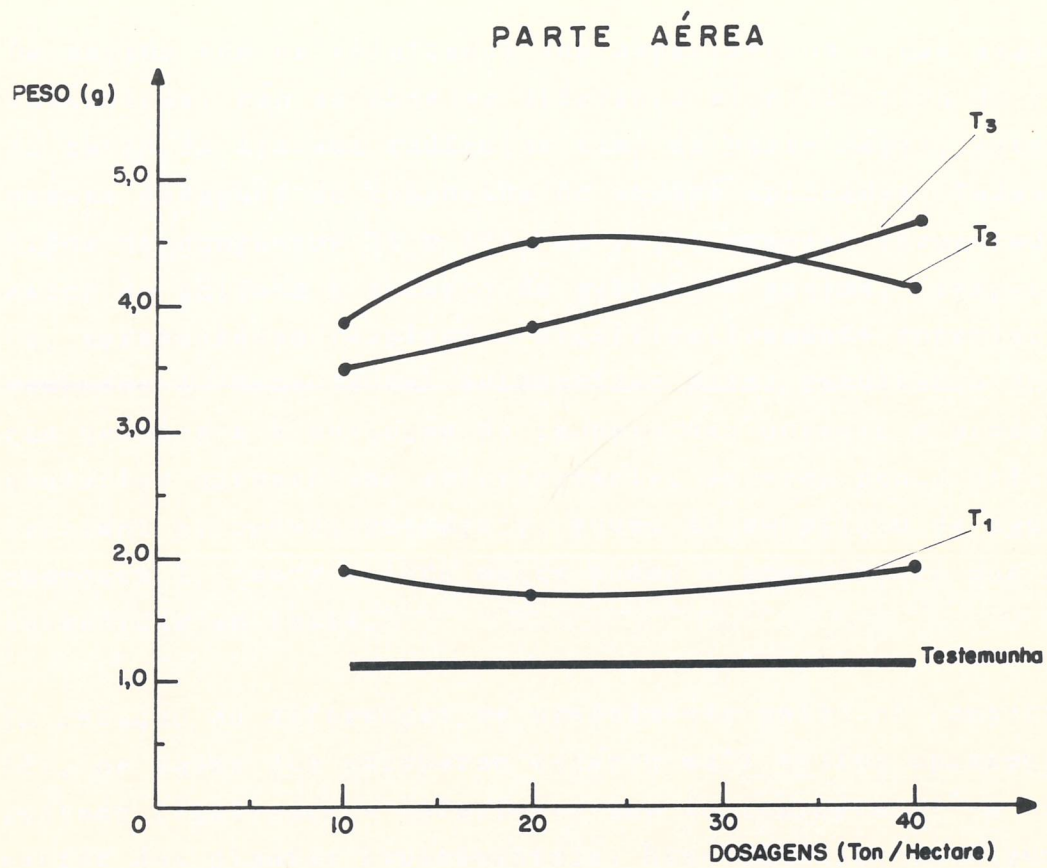


FIGURA 2 - RESULTADOS EM PESO DO SISTEMA RADICULAR E PARTE AÉREA NOS ENSAIOS DE PLANTIO DE TRIGO

De acordo com os resultados dos experimentos e das análises estatísticas, não se observa diferença significativa de crescimento tanto do sistema radicular como da parte aérea, entre as diversas dosagens de compostos de aguapé aplicadas. Todavia, os tipos de compostos II e III, ou seja, aqueles fermentados com esterco de galinha e esterco de galinha + enzima, respectivamente, apresentaram resultados significativamente superiores aos do composto I. Como já foi evidenciado pelos resultados de composição química e a evolução da temperatura durante o processo fermentativo apresentado anteriormente, ocorreu pouca atividade microbiana e, conseqüentemente, pouca decomposição de aguapé no composto I, contribuindo muito pouco o crescimento das plantas submetidas ao teste.

Em relação às diferenças de crescimento entre os compostos II e III, os vasos que receberam esterco mais enzima apresentaram resultado ligeiramente inferiores aos do composto II em ambas as partes das plantas experimentais. Esse fato sugere algumas interferências negativas da utilização da enzima no crescimento de trigo, embora ela auxilie no processo fermentativo.

Quanto à diferença de crescimento entre as dosagens, não foi evidenciado ao nível de 5%, pois, acredita-se que os teores de nutrientes existentes nos compostos é baixo, não atendendo sequer às necessidades nutricionais da planta no solo utilizado.

É interessante notar que a simples utilização do aguapé sem acréscimo de nutrientes não mostra diferença significativa com a testemunha, com tendência a ocorrer o decréscimo de produção com o aumento de sua aplicação, uma vez que o aguapé quando incorporado ao solo demanda nutrientes para a sua decomposição, nutriente este que será retirado do solo. Ou seja, o composto neste caso estará competindo em nutriente (principalmente nitrogênio) com as plantas, não sendo recomendável em termos nutricionais a simples aplicação de aguapé no solo, sem uma fermentação adequada.

5. ASPECTOS ECONÔMICOS

Ao se considerar o aproveitamento, em nível industrial, de qualquer tipo de subprodutos resultantes do tratamento de esgotos, deve-se levar em conta, fundamentalmente, os seguintes fatores: qualidade, condições de fornecimento e custos do produto.

Como foi visto no item anterior, o composto produzido com base no aguapé pode ser enquadrado como fertilizante orgânico de qualidade satisfatória, havendo, portanto, boas perspectivas para sua comercialização. Embora os teores de fertilizantes minerais sejam baixos, ele é aceitável como adubo orgânico, tendo em vista a quantidade de matéria orgânica, relação C/N, facilidade de manuseio, etc.

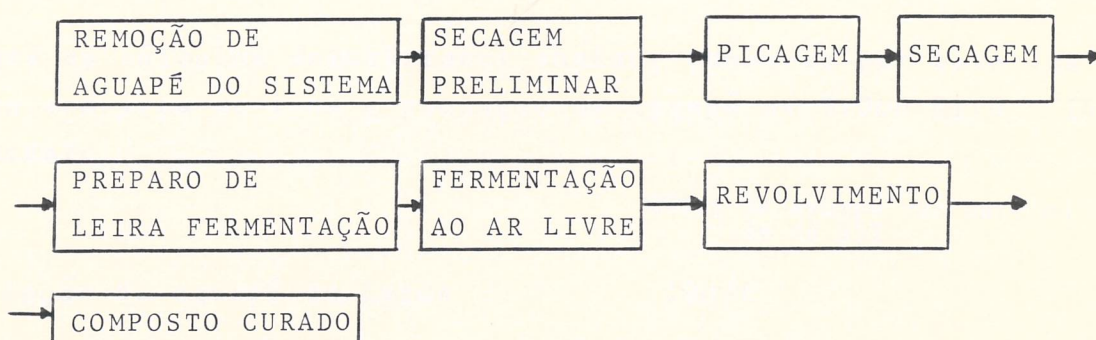
Com relação à quantidade e continuidade de fornecimento de produtos, que se constituem em outros fatores importantes para garantir a produção em nível industrial, podem ser satisfeitas com relativa facilidade. De acordo com os dados levantados nos estudos realizados anteriormente (KAWAI & GRIECO), pode-se adotar a produção de aguapé de 100 a 150 Kg/ha.d em peso seco ou 2 ~3 t/ha.d em peso úmido no sistema de tratamento e 50 a 100 Kg/ha.d em peso seco ou 1 a 2 t/ha.d em peso úmido no reservatório.

A lagoa de aguapé com uma área de 1 hectare pode tratar, aproximadamente, 150 Kg de DBO/ha.d com uma eficiência de 80% o que corresponde a uma população de 3.000 hab. (KAWAI & GRIECO). É importante salientar que num núcleo habitacional de porte muito pequeno, a produtividade do aguapé é, evidentemente, muito restrita, podendo dificultar o processo de fermentação e, também, onerar os custos operacionais.

Um dos problemas sérios a ser enfrentado na tentativa de aproveitamento do aguapé, qualquer que seja sua finalidade, é o elevado teor de umidade e sua baixa densidade. À semelhança de outras plantas aquáticas, o aguapé contém umidade superior a 95%, o que acarreta o aumento no custo da industrialização. Ou-

tro aspecto negativo dessa planta para industrialização é que, sua estrutura é muito volumosa, sendo que 1 tonelada ocupa cerca de 3 m³. Essa característica, evidentemente, dificulta o processo da produção e comercialização, especialmente no que diz respeito ao transporte.

Com base nas considerações iniciais apresentadas, efetuou-se uma estimativa do custo para produção de composto de aguapé, de acordo com o seguinte fluxograma:



O cálculo de custo para remoção de aguapé do sistema de tratamento de reservatório foi efetuado com base nos dados levantados pela SABESP na lagoa de estabilização de Mairiporã e nos estudos da CETESB efetuados na lagoa de aguapé de Jacareí e no reservatório de Promissão. Adotou-se o salário de CZ\$ 2.000,00 (inclusive encargos sociais) por mês, para cada trabalhador para serviços de retirada de aguapé.

Todas as despesas de manuseio necessárias para picagem, secagem e fermentação foram estimadas de acordo com os resultados obtidos no experimento piloto realizado na Estação Experimental em Novo Horizonte.

O custo da depreciação apresentado no cálculo é relativo ao investimento para aquisição de picadeira e construção de cobertura para secagem de aguapé. Em função da escala de produção optou-se pela picadeira de marca Penha, modelo TM 5.000, com capacidade de picagem de 4 t de aguapé por dia.

São necessário cerca de 4 a 7 dias para secagem de aguapé para

adquirir a umidade adequada para fermentação (50 ~ 60%). Para essa finalidade, estimou-se o custo da construção de uma cobertura feita com estrutura de madeira (caibros) e revestida com filme de plástico para agricultura e chão coberto com uma mistura de solo e cimento. Pela experiência anterior, adotou-se a área de 750 m² para secagem diária de 3.000 Kg de aguapé com o tempo de secagem de 5 dias. Avaliou-se em 1 ano a vida útil para a picadeira e 5 anos para a cobertura, exceto o filme de plástico que necessita de renovação anual.

Para os cálculos demonstrados abaixo, tomou-se por base uma lagoa com área de 1 ha e produção de aguapé de 3.000 Kg/d (base úmida).

	CZ\$/t de aguapé com base na umidade de 95%
Remoção de aguapé da lagoa	100/t
Manuseio para picagem, secagem e preparo de leira	80/t
Custo de esterco	20/t
Depreciação	30/t
Consumo de energia	20/t
Despesas gerais	20/t
Sub-total	270/t
Custo de produção de fertilizante com umidade de 43%.	595/t

(Cz\$ = US\$ 0,07)

Admitiu-se, para efeito de cálculo de custo, que todos os processos de produção foram realizados em local junto ao sistema de tratamento ou do reservatório.

Todas as despesas referentes à produção foram calculadas em condição da umidade de 95% no aguapé. De conformidade com a lei estabelecida pelo Ministério de Agricultura, a umidade do adubo orgânico comercializado deve ser menor que 43%. Por esse motivo, o custo de produção foi ajustado de acordo com a variação da umidade de antes e depois do processo de compostagem (95% e 43%).

Hoje, o composto orgânico de lixo com a composição de 1% de N 0,8 de K e 40% da matéria orgânica custa cerca de CZ\$ 150/t. O esterco cru, porém, com a composição química bastante superior à do composto de aguapé do ponto de vista de fertilizante mineral e orgânico, custa, atualmente, em volta de CZ\$ 300/t.

Diante desses preços referidos, pode-se julgar que o custo de produção de composto de aguapé é excessivamente elevado para consumo geral.

Mesmo eliminando-se o custo referente à remoção do aguapé, que, eventualmente, poderá ser incluído nos custos operacionais do sistema de tratamento ou do reservatório, o composto de aguapé custará em torno de CZ\$ 400/t, não podendo ser um adubo destinado a conquistar uma larga faixa de mercado.

6. CONCLUSÃO

É possível transformar o aguapé produzido no sistema de tratamento ou em reservatório em composto orgânico através do processo de fermentação ao ar livre.

Os estudos do valor fertilizante do composto de Aguapé, apresentaram aspectos positivos, quanto à sua aplicabilidade. No entanto, o custo da produção em nível industrial estimada com base nos dados obtidos no experimento apresenta-se excessivamente elevado, não podendo ser enquadrado como fertilizante destinado a conquistar uma larga faixa de mercado.

Provavelmente, o uso mais viável desta planta aquática restringe-se ao nível individual para quem reside próximo ao local de produção de aguapé (reservatório ou lagoa de tratamento) para usos particulares e em pequena escala.

7. BIBLIOGRAFIA

- FINSTEIN, M.S. & MORRIS, M.L. "Microbiology of Municipal Solid Waste Composting" Advance Applied Microbiology, 19, 113-51, 1979.
- FINSTEIN, M.S. et al. "Microbial Ecosystems Responsible for Anaerobic Digestion and Composting" Journal of Water Pollution Control Federation. 52(11): 2675-85, 1980.
- FINSTEIN, M.S. et al. "Discussion of R.T. Haug: Engineering Principles of Sludge Composting" Journal Water Pollution Control Federation, 52 (): 2037-40, 1980.
- IGUE, K. et al. Adubação Orgânica. Paraná; JAPAR, 1984. 33 p. (Informe da Pesquisa; 59).
- KAWAI, H. & GRIECO, V.M. "Utilização do Aguapé para Tratamento de Esgoto Doméstico: Estabelecimento de Critérios de Dimensionamento de Lagoas de Aguapé e Abordagem de Alguns Problemas Operacionais" Revista DAE, São Paulo, SABESP, (135): 79-90, dez. 1983.
- KIEHL, E.J. Fertilizantes Orgânicos. Piracicaba, Agrônômica "Ceres", 1985. 492 p.
- MELLANBY, Kenneth. Biologia da Poluição. São Paulo, E.P.U./EDUSP, 1982. 89 p.
- RAIJ, Bernardo Van. Avaliação da Fertilidade do Solo. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1981. 142 p.

8. ANEXOS

8.1. DEGRADAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE AGUAPÉ

A matéria orgânica submetida aos processos de degradação microbiana pode ser proveniente de várias fontes diferentes. Os componentes orgânicos de origem vegetal dividem-se geralmente em seis categorias:

- a) Celulose, componente químico mais abundante e que representa entre 15 a 60 por cento do peso seco total.
- b) Hemicelulose cujo teor varia entre 10 a 30 por cento do peso seco total.
- c) Lignina cujo teor entre 5 a 30 por cento da planta.
- d) Fração Hidrosolúvel que inclui carboidratos simples, aminoácidos e ácidos alifáticos - entre 5 a 30 por cento do peso seco total.
- e) Componentes solúveis em álcool e em éter: lipídeos, ceras, resinas e vários pigmentos.
- f) Proteínas.

Os componentes minerais variam entre 1 a 13 por cento do peso seco total. Karim (19) determinou a composição química fundamental do aguapé e chegou aos seguintes resultados, expressos em g de peso seco: celulose - 40%; carbono orgânico - 43,2%; lignina - 16%, proteína - 10,7%, lipídeos e ceras - 1,9%; furfural - 7,7%; relação C/N - 25,26.

À medida que a planta envelhece, o teor dos componentes hidrosolúveis, de proteínas e de sais minerais diminui e aumenta o teor de celulose, hemicelulose e lignina.

A matéria orgânica de origem natural é prontamente biodegradada e o processo de biodegradação pode ocorrer em aerobiose ou anaerobiose.

O processo de biodegradação aeróbico é muito mais eficiente do que o anaeróbico. Os microrganismos heterotróficos aeróbicos são capazes de utilizar e metabolizar um grande número de compostos, tais como ácidos orgânicos, carboidratos alifáticos e aromáticos, polissacarídeos, álcoois, aminoácidos, purinas, pirimidinas, proteínas, lipídeos, ácidos nucleicos e ligninas.

O processo de decomposição aeróbica da matéria orgânica vegetal atravessa várias etapas. A fração hidrossolúvel, que contém os componentes vegetais prontamente assimiláveis, é a primeira a ser metabolizada. A seguir, a celulose e hemiceluloses são metabolizadas. As ligninas, altamente resistentes, são os últimos compostos a serem atacados e, por isso, tornam-se relativamente mais abundantes na matéria orgânica residual em decomposição.

Os principais produtos da mineralização aeróbica do carbono no solo são CO_2 , água, biomassa de microrganismos e componentes do húmus.

A degradação da matéria orgânica em solos anaeróbicos, revela-se muito menos eficiente do que a degradação aeróbica. O rendimento energético da fermentação anaeróbica é baixo com menor produção de biomassa microbiana por unidade de carbono degradado. Na ausência de O_2 , o carbono orgânico é metabolizado de forma incompleta, ocorrendo o acúmulo de produtos do metabolismo intermediário, tais como: ácidos orgânicos (ac. acético, fórmico, butírico, lático e succínico), álcoois e pequenas quantidades de H_2 que, em última instância, vão servir como fontes de energia para a população de microrganismos metanogênicos. Resumidamente, as transformações anaeróbicas de carbono são caracterizadas pela formação de ácidos orgânicos, álcoois, CH_4 e CO_2 como os principais produtos.

Karim (19) estudou a degradação microbiológica do aguapé em aerobiose e anaerobiose. Ele observou em condições aeróbicas de laboratório, um crescimento abundante de fungos, principalmente durante o período inicial da decomposição. Constatou também, uma redução acentuada de volume da massa vegetal que também sofreu uma mudança de coloração adquirindo uma cor marrom escura com tonalidades pretas, foi observada uma pequena emissão de odores fétidos.

Como os fungos são microrganismos estritamente aeróbicos, não foi observado nenhum crescimento de fungos nos frascos anaeróbicos. A massa vegetal, em condições anaeróbicas, não apresentou nenhuma redução acentuada de volume e a cor marrom, produto da sua mudança de coloração, não se tornou tão escura como esperado em condições aeróbicas. A emissão de odores fétidos é muito maior em condições anaeróbicas do que em condições aeróbicas.

A perda da matéria seca revelou-se mais acentuada em condições aeróbicas do que anaeróbicas. A lenta decomposição em condições de anaerobiose é explicada pela incapacidade dos fungos crescerem na ausência de oxigênio, já que os fungos são mais ativos do que as bactérias na decomposição do aguapé no solo.

De acordo com os dados obtidos, a matéria seca, após o período de 90 dias, apresenta uma degradação acima de 50%, tanto no tratamento controle, como nos tratamentos com adição de 0,5% de nitrogênio. Sem dúvida nenhuma, a adição de nitrogênio sob diferentes formas acelera a decomposição do resíduo; entretanto, após o período de 90 dias, a vantagem dos tratamentos com adição de nitrogênio sobre o tratamento sem nitrogênio limita-se somente a cerca de 10% a mais de material de composto. NaNO_3 revelou-se a fonte de nitrogênio mais eficiente para ajudar a decomposição aeróbica do aguapé apresentando um percentual de 63% de redução da matéria seca, após 30 dias, contra 52% de redução da matéria seca proporcionado pe

lo tratamento padrão. Esta pequena margem de diferença significa que o nitrogênio existente no aguapé ou liberado sob formas solúveis disponíveis é suficiente para satisfazer as necessidades de crescimento dos microrganismos que participam da degradação biológica do aguapé. O aguapé, segundo Karim (19), apresentou um teor de nitrogênio de cerca de 1,7%, quantidade suficiente para permitir a pronta degradação do aguapé, sem necessidade de fontes adicionais de nitrogênio. As diferentes fontes de nitrogênio apresentam diversos graus de eficiência da decomposição do aguapé podendo ser agrupadas, convenientemente, na seguinte ordem de eficiência crescente: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 , e NaNO_3 .

Entre os vários componentes individuais do aguapé, a celulose apresenta a maior taxa de decomposição. No final do período de 90 dias, o tratamento controle apresenta uma taxa de decomposição da celulose de 70% cujo valor representa, por sua vez, cerca de 55% da perda total de matéria seca durante o período. O tratamento com nitrato de sódio (NaNO_3), no final do período de 90 dias, apresenta uma taxa de decomposição da celulose de cerca de 80%, cujo valor apresenta, por sua vez, cerca de 50% da perda total da matéria seca durante o período.

Os resultados obtidos, indicam claramente que a taxa de decomposição da celulose é maior durante a primeira quinzena, diminuindo consideravelmente após esse período. Portanto, a característica mais importante na decomposição do aguapé é a rápida degradação da celulose, principal componente degradável da matéria orgânica.

O furfural derivado principalmente das unidades de pentose da hemicelulose e do xilano associado com a celulose, apresentou um padrão de decomposição semelhante ao da celulose, isto é, alta taxa de decomposição durante a primeira quinzena e alta taxa de biodegradabilidade. O tratamento controle, no final do período de 90 dias, apresentou uma taxa de decomposição da hemicelulose da ordem de 64% e o tratamento com nitrato de sô-

dio apresentou uma taxa de decomposição da hemicelulose de 72%.

A lignina, como era esperado, revelou-se altamente bioresistente. O tratamento controle, no final do período de 90 dias, apresentou uma taxa de decomposição de somente 10% e, da mesma forma, o tratamento com nitrogênio apresentou uma taxa de decomposição da lignina de somente 28%.

8.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE COMPOSTAGEM

8.2.1. Generalidades

Compostagem é definida como a decomposição incompleta de matéria heterogênea realizada por uma população microbiana mista em um ambiente aeróbio, quente e úmido. Alguns autores a definem como sendo um processo de decomposição aeróbio termofílico, enquanto outros, num sentido mais amplo, a definem como uma degradação incompleta de resíduos orgânicos, onde o processo microbiológico pode desenvolver-se em meio aeróbio ou anaeróbio. Ela difere de outros sistemas de decomposição, visto que a temperatura e a taxa de decomposição são normalmente alteradas pela intervenção positiva do homem (3,7,8,21).

A compostagem envolve a formação e liberação de CO_2 , de vapor de água e exige também o movimento de ar para dentro da massa (3,7,8,9,14,15).

O material a ser compostado deve possuir estrutura e porosidade, não podendo estar sob a forma líquida. Consequentemente, ao se tratar o lodo de esgoto por compostagem, deve-se misturá-lo a um agente volumoso, de tal forma que a mistura consista, aproximadamente, de partes iguais, em massa de sólidos e água (16, 17,18).

De maneira geral, todos os resíduos orgânicos, animais ou vegetais, assim como lixo, lodo de esgoto e resíduos industriais podem ser utilizados no preparo do composto (3,20,21,23).

Os restos vegetais são materiais ricos em carbono e relativamente pobres em nitrogênio e, entre eles, podemos incluir as folhas secas, serapilheiras de mata, palhas, talos de plantas, bagaços, serragem, aparas de madeira e papel (20).

Entre os restos de origem animal estão incluídos os vários tipos de esterco, cama animais, resíduos de frigoríficos contendo carnes, sangue e conteúdo intestinal (20,21).

O lixo, para ser utilizado, necessita de segregação e peneiramento, pois apresenta cerca da metade do seu peso em materiais inertes que devem ser removidos. O lodo de esgoto também pode ser processado e transformado em composto (11,16,17,18,15).

Entre os agentes volumosos adequados podemos incluir folhas, resíduos sólidos municipais, serragem, aparas de madeira. O agente volumoso, em geral, passa a fazer parte do composto final, com exceção das aparas de madeira que podem ser separadas e reutilizadas (20,3,16,25).

O processo de compostagem é um dos métodos mais antigos de tratamento e disposição de resíduos sólidos conhecidos pelo homem. A fabricação de composto vem sendo praticada desde os tempos bíblicos, mas os aperfeiçoamentos das técnicas de compostagem tiveram início, provavelmente, após uma prolongada visita do professor F.H. KING do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, à China, Japão e Coréia em 1909.

Partindo dos conhecimentos adquiridos pelo professor King, o fitopatologista inglês Sir ALBERT HOWARD, que fora contratado pelo governo indiano, desenvolveu uma técnica de fabricação de fertilizante que os nativos daquele país obtinham de maneira empírica. Seu método tornou-se mundialmente conhecido como método Indore ou método de HOWARD, sendo empregado especialmente para resíduos agrícolas (3).

Inicialmente os experimentos de HOWARD, envolviam a construção de valas no chão, com 9 metros de comprimento por 4 metros de largura, cavadas a 60 cm de profundidade a fim de conservar o calor e a umidade. A vala era completada por camadas sucessivas de material vegetal (aproximadamente 5 cm), intercaladas por finas camadas de esterco animal e finíssimas camadas de pó de terra e cinza e regado com água. O monte foi revirado após 16, 30 e 60 dias, intermitentemente agitado e transportado para o campo após 90 dias. Subsequentemente, o processo foi melhorado e desenvolvido, e foram aumentadas a profundidade da vala, a altura

da camada vegetal e a espessura da camada de esterco animal para 90, 18 e 18 cm, respectivamente, e o assentamento das camadas continuou até uma altura de 1,5 metros. Foram efetuadas, ainda, aberturas verticais para aeração, a cada 90 ou 120 cm de lado a lado, ao longo do monte de resíduos. A reviragem foi efetuada somente 2 vezes (após 2 a 3 semanas e após 5 semanas) e a compostagem completada após 90 dias. Durante este período o trabalho de campo de HOWARD foi completado pelos estudos de laboratório de WAKSMAN (3).

A compostagem como um método de tratamento e disposição de resíduos apresenta diversas vantagens tais como:

- reduz o volume da massa de resíduos;
- produz um produto estável; e
- permite que resíduos orgânicos sejam reciclados sem a destruição de seus altos valores energéticos (5,10,3,21).

Quando a compostagem é efetuada com resíduos agrícolas, duas vantagens adicionais são obtidas:

- reduz o uso de adubos químicos, cada vez mais caros; e
- reduz os riscos de poluição nos cursos d'água, pois a compostagem reduz o conteúdo de nitrogênio solúvel dos resíduos agrícolas. Se esses resíduos forem espalhados diretamente sobre o solo, os compostos de nitrogênio solúveis, poderão ser facilmente lavados e carregados aos cursos d'água (24).

A compostagem também resulta em compostos de fósforo convenientemente ligados à células microbianas novas e, dessa forma, o arraste do fósforo pela enxurrada pode ser evitado (24).

Compostos de resíduos de fazendas e de jardins possuem um alto valor como fertilizantes. Numa porcentagem em base de peso seco, o composto conterá 0,4 a 3,5 % de Nitrogênio (como N), 0,3 a 3,5 % de fósforo (como P_2O_5) e 0,5 a 2,0% de potássio (como K_2O). Foi mostrado, ainda, que quando comparado com fertilizantes

tes inorgânicos de valor nutriente similar, o composto aumentou o rendimento das safras algo em torno de 10% (24,21). Dependendo do caso, pode ser mais econômico a utilização de um composto de baixo custo em relação a um fertilizante artificial de alto custo com um valor nutriente maior e aceitar um rendimento de safra mais baixo, uma vez que o composto, além de baixo custo, possui a vantagem adicional de aumentar o humus do solo, além de aumentar a aeração e a capacidade de retenção de água pelo solo (24).

8.2.2. Objetivos do processo

- Estabilização e Redução do Volume

A compostagem reduz o volume do resíduo sólido, produz um produto estável e permite que o resíduo orgânico seja reciclado sem a destruição do seu valor energético intrínseco (5,3,10).

- Morte de Microrganismos Patogênicos

As temperaturas termofílicas, características do processo de compostagem, atuam como agentes pasteurizadores fortes e relativamente rápidos (12,13).

A maioria das formas patogênicas, são rapidamente eliminadas pela ação direta do calor sobre componentes vitais tais como DNA, e proteínas. Além disso, os efeitos antagônicos, resultantes do crescimento ativo da população microbiana do composto, ajudam a eliminar ainda mais os microrganismos patogênicos. As evidências mostram também, que substâncias presentes no lodo bruto não digerido, capazes de proteger alguns vírus contra a inativação pelo calor, tornam-se parcial ou completamente ineficiente durante o processo de compostagem (8,12).

Por essas razões expostas acima, a manutenção e a exposição de toda a massa de resíduos sólidos a temperaturas termofílicas, por um período de tempo suficientemente longo, está entre os

cuidados mais importantes que se deve tomar durante o processo de compostagem (8,9).

Esta exigência é facilmente conseguida nas operações do tipo contínuo, entretanto, exige cuidados especiais nas operações do tipo batelada. Nas operações do tipo por batelada, pode-se conseguir exposições adequadas da massa de resíduos a temperaturas termofílicas, misturando-se ou cobrindo-se o material em processo de compostagem com uma camada isolante, constituída pelo composto final que vai, então, evitar o resfriamento da massa em compostagem. Também, a maturação em grandes pilhas que apresentam um baixo valor da relação área superficial/volume, fornece uma boa margem de segurança (7,8,9).

- Degradação de Compostos Orgânicos Industriais

As indústrias produzem uma grande variedade de produtos químicos orgânicos que, geralmente, são fabricados em grandes quantidades. Inevitavelmente, parte desses produtos orgânicos acaba fazendo parte do lodo proveniente dos resíduos da rede de esgotos. Esses produtos químicos, embora constituam uma pequena fração da carga orgânica total, apresentam especial importância, devido a suas propriedades tóxicas, mutagênicas, carcinogênicas e teratogênicas. Outrossim um importante aspecto do problema é que alguns compostos sintetizados industrialmente são resistentes ao ataque biológico (6).

Em tais casos, a compostagem torna-se muito útil já que, geralmente, os compostos sintéticos são mais prontamente degradados em condições aeróbicas do que anaeróbicas (6,8).

Compostagem por definição envolve oxigênio molecular, sendo o auto aquecimento uma função do calor liberado pela respiração aeróbia (7,8,9).

O oxigênio funciona em duas categorias de reações metabólicas: como um acceptor terminal de elétrons na respiração aeróbia e co

mo um substrato exigido para a operação da classe de enzimas conhecidas como oxigenases.

As oxigenases são enzimas induzíveis, amplamente distribuídas na natureza, que apresentam substrato não específico e que geralmente incorporam oxigênio em moléculas destituídas desse elemento. São importantes, nesse caso, porque frequentemente constituem a primeira etapa na sequência metabólica de eventos que leva à degradação das moléculas resistentes ao ataque biológico. Por exemplo, entre os compostos que são catalisados pelas oxigenases estão os alcanos saturados, hidrocarbonetos aromáticos e os hidrocarbonetos halogenados. O meio anaeróbico não apresenta este poderoso mecanismo para a degradação de microcontaminantes orgânicos (6,8).

O oxigênio afeta, também, a degradação dos alquil benzeno sulfonados de cadeia linear - LAS, o surfactante mais comum em detergentes domésticos. O LAS degrada mais rapidamente e mais completamente em ambientes aeróbios do que anaeróbios (6,8).

- Efeitos da Matéria Orgânica sobre as Propriedades do Solo

A matéria orgânica exerce importantes efeitos benéficos sobre as propriedades do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A matéria orgânica exerce efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e físico-químicas do solo.

Efeitos sobre as Propriedade Físicas

A matéria orgânica exerce apreciável influência sobre as propriedades físicas do solo.

Os fertilizantes minerais e os corretivos podem elevar a quantidade da terra, porém, são incapazes de melhorar as propriedades físicas, fato que é peculiar a matéria orgânica (21).

A matéria orgânica reduz a densidade aparente do solo. O uso indiscriminado de máquinas agrícolas pesadas aumenta a densidade aparente pela compactação da camada superior da terra. A aplicação da matéria orgânica tais como composto, esterco animal, adubo verde, etc., contribui para uma maior agregação do solo, reduzindo a densidade aparente e melhorando a condutividade hidráulica (21).

A matéria orgânica melhora a estruturação do solo. A estrutura do solo é importante para defendê-lo contra a erosão hídrica e eólica. A aplicação de matéria orgânica contribui significativamente para a formação de agregados estáveis, os quais não se desfazem facilmente com o impacto das gotas de água de chuva (21).

A matéria orgânica melhora a aeração e a drenagem interna do solo. Solos argilosos e barrentos são mal arejados e mal drenados enquanto que os arenosos têm excessiva aeração de drenagem (21).

A aplicação de matéria orgânica melhora a agregação e a estruturação de ambos os solos, corrigindo, conseqüentemente a falta ou o excesso de aeração e drenagem (21).

A matéria orgânica aumenta direta e indiretamente a capacidade do solo de armazenar água. A matéria orgânica aumenta a capacidade de infiltração de água devido às melhorias das condições físicas do horizonte superficial do solo como por exemplo, aumentando a granulação, a estruturação e protegendo a superfície contra a formação de crostas impermeáveis (21).

A matéria orgânica altera a consistência do solo, reduzindo a tenacidade, a plasticidade, a aderência e melhorando a friabilidade. As formas de consistência do solo tem importância agrícola no preparo mecânico das terras de cultura e em outros trabalhos de cultivo que impliquem na sua movimentação (21).

Efeitos Sobre as Propriedades Químicas

A matéria orgânica exerce três funções distintas no solo: fornecedor de nutrientes, corretivo de toxidez e condicionador do solo (21,24).

A matéria orgânica é uma importante reserva de nutrientes no solo, principalmente de nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes (21).

O nitrogênio do solo encontra-se armazenado essencialmente sob a forma orgânica (2). Esta fração forma complexos com a lignina, substâncias fenólicas ou substâncias húmicas que conferem à fração de nitrogênio orgânico do solo resistente considerável à biodegradação microbiana tornando-a estabilizada no solo (2).

Por outro lado, as formas minerais de nitrogênio: NH_4 de solução do solo, NH_4 trocável, NH_4 fixado, NO_2^- e NO_3^- são considerados elementos efêmeros não permanecendo no solo durante muito tempo (2, 21). Resumidamente, NH_4 pode ser convertido a nitrito e nitrato, absorvido pelas plantas e microrganismos, fixado sobre a matéria orgânica e/ou minerais de argila e volatilizado sob forma de amoníaco (2, 21). Da mesma forma NO_2^- e NO_3^- podem ser absorvido pelas plantas superiores, assimilado pela microflora, lixiviado já que o nitrogênio nítrico é muito solúvel e não é retido pelo solo e perdido para a atmosfera sob a forma de N_2 através da desnitrificação biológica (2).

A adubação nitrogenada com produtos orgânicos, tais como o composto, oferece vantagens do ponto de vista agrônomico. A estabilização do nitrogênio orgânico permite o armazenamento desse elemento no solo, evita as perdas por lixiviação ou denitrificação e torna possível a liberação paulatina do nutriente para as plantas (2,21,24).

A matéria orgânica é uma importante fonte de fósforo para as plantas, contendo geralmente de 15 a 80% do fósforo total encontrado no solo (21). A aplicação do fertilizante orgânico aumenta direta ou indiretamente a disponibilidade de fósforo às plantas (21). As explicações para esse fato são várias: aumento de produção de gás carbônico no solo, solubilizando o fosfato mineral, formação do complexo humo-fosfato, remoção de bases dos fosfatos insolúveis pelos quelatos de matéria orgânica, revestimento dos sesquióxidos de ferro e alumínio pelo húmus, evitando a fixação do fósforo solúvel (21).

A matéria orgânica é uma importante fonte de micronutrientes. Os elementos considerados micronutrientes são os sete seguintes: ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), molibdênio (Mo) e Cloro (Cl) (21,24).

Através de reações de troca ou de mecanismos de complexação ou de quelação, o húmus pode reter em formas disponíveis certos micronutrientes liberados dos minerais do solo ou da matéria orgânica em decomposição (21).

Efeitos sobre as Propriedades Físico-Químicas

O húmus apresenta a propriedade de adsorção eletroestática de cátions. Esta propriedade é explicada pela presença de numerosos grupos carboxílicos e fenólicos no húmus e pela sua grande superfície específica (21).

O colóide orgânico húmus tem a habilidade de adsorver cátions existentes na solução do solo, podendo depois cedê-los às raízes em efetuar trocas, caso ocorra uma concentração de íons diferentes ou uma variação do pH (21).

8.2.3. Biologia do processo

A porosidade do material que é reunido para compostagem torna possível a troca gasosa e, portanto, o metabolismo aeróbico torna-se dominante, liberando calor em abundância. Como a massa do material em compostagem apresenta intrinsecamente bom isolamento térmico, a massa do material não dissipa o calor liberado pelo metabolismo aeróbio e a temperatura ultrapassa a temperatura ambiente e atinge a faixa termofílica da temperatura. Esta etapa é descrita como o estágio precoce da compostagem por batelada e também como o início do processo contínuo. A operação continuamente termofílica torna-se possível porque o material assim que é translocado para o interior do reator, rapidamente atinge a faixa termofílica às expensas do calor previamente liberado pela massa de compostagem remanescente (7,8,9).

Como a temperatura desempenha um papel central, naturalmente, ela transforma-se no principal fator levado em consideração para a organização e sistematização de ecologia da compostagem. Em geral, adota-se como o melhor modelo explicativo a sequência de eventos que ocorrem em uma pilha estática operando em batelada a partir do momento em que ela é formada (7,8,9).

A maioria dos resíduos sólidos brutos apresentam vários representantes dos principais grupos de microrganismos: bactérias, actinomicetos, fungos e protozoários. Assim que se forma a pilha de resíduos sólidos, a massa de material, devido ao excelente isolamento térmico, favorece o crescimento dos microrganismos, principalmente de bactérias, à medida que a temperatura se torna mais favorável (3,7,8,22).

Um mecanismo de retroalimentação em circuito positivo é estabelecido: as reações de crescimento elevam a temperatura e, por sua vez, as altas temperaturas promovem as reações de crescimento (7,8,9).

O mecanismo de retroalimentação, contudo, muda de modulação positiva para negativa assim que a temperatura atinge níveis elevados desfavoráveis à população mesofílica (7,8). Assim que a população mesofílica termina de se estabelecer, ela é sucedida pelas bactérias termofílicas nativas e a liberação de calor proveniente do metabolismo termofílico aumenta ainda mais a temperatura. O mecanismo de retroalimentação em circuito positivo da população termofílica, em determinado momento, também muda de modulação que passa a ser negativa. Consequentemente, a temperatura se estabiliza em torno de algum valor crítico (7,8,9).

Dados experimentais disponíveis mostram que a relação entre a temperatura e a atividade biológica nas massas de compostagem (que intrinsicamente apresentam excelente isolamento térmico) parece excluir qualquer envolvimento significativo das bactérias termofílicas estritas (3,7,8,9).

A conclusão que o processo de compostagem é dominado pela população de microrganismos termofílicos moderados apresenta importantes implicações para o controle racional do processo e sua otimização (8).

Em compostagem, a sucessão microbiana desenvolve-se rapidamente. Em outras palavras, o processo biológico tem início rapidamente assim que se atingem, dentro de poucos dias, temperaturas ótimas para a degradação da matéria orgânica em torno de 55°C. Tais temperaturas restringem os microrganismos participantes às formas termofílicas e, portanto, a diversidade da comunidade durante o estágio termofílico é relativamente pequena. A biomassa ativa, entretanto pode ser grande (3,7,8,9,14,15).

A medida que os substratos orgânicos prontamente disponíveis vão acabando, a liberação de calor declina concomitantemente com a temperatura. Estes fatos abrem o caminho para a recolonização da massa de composto pelos organismos mesofílicos (8). A eventual ocorrência da nitrificação, revelado pelo aparecimento de NO_3^- , indica que o tratamento atingiu a sua etapa final. Even

tualmente, organismos característicos de folhedos de florestas tais como insetos, colembolas, besouros e oligoquetas, estabelecem residência. A diversidade de espécies, que se perde durante o estágio precoce do processo, é de novo restaurada, apesar de tudo, por um diferente grupo de organismos presentes no produto final que, deve-se dizer, não se assemelha ao produto inicial. Em outras palavras, o ecossistema da compostagem atingiu o estágio da maturação ou o climáx (8,9).

O manejo racional do processo de compostagem envolve o controle dos seguintes parâmetros interrelacionados: liberação de calor de origem microbiana, temperatura, umidade e aeração (7,8,9). O controle de temperatura é de importância capital de maneira a prevenir a retroalimentação negativa associada com temperaturas excessivamente altas e, em consequência, apresentando taxas menores de degradação da matéria orgânica, assim como de remoção de umidade (8).

O projeto e a operação das instalações atuais baseiam-se raramente em tais princípios. Em particular, temperaturas excessivamente altas ocorrem rotineiramente acarretando desempenho sub-ótimos. A solução para o problema reside em abordar a massa de compostagem como um ecossistema microbiano e na clara distinção entre as funções do calor e temperatura desempenhadas no processo (7,8,9).

No processo biológico de compostagem, o produto residual chave do metabolismo é o calor, que pode ser removido através de ventilação. Analisando-se devidamente a situação, é igualmente óbvio que o controle do processo não tem como objetivo aumentar o máximo possível a retenção do calor, resultando logicamente na maior temperatura possível. Preferivelmente, o objetivo deveria ser a remoção de calor de modo a fornecer uma temperatura adequada para a população de microrganismos degradadora. Deste modo, a produção de calor aumenta o máximo possível, o que equivale a aumentar o máximo possível a decomposição da matéria orgânica (7,8,9).

8.2.4. Processo de compostagem

Microbiologicamente, o processo de compostagem pode ser operado de duas maneiras, por batelada ou de forma contínua (7,8).

- Compostagem por Batelada

A compostagem por batelada, em escala e condições de campo, torna-se possível porque prontamente se estabelece uma rápida sucessão microbiológica (7,8,22). A massa do material a ser compostada, depois de reunida e empilhada, aumenta sua temperatura espontaneamente e dentro de poucos dias passa da faixa mesofílica de temperatura para a faixa termofílica. Tais temperaturas persistem por períodos que podem ser de semanas ou meses, seguido por um período de declínio gradual (7,8,21).

Quando o processo atinge uma determinada fase, (que pode não ser precisamente conhecida e varia) ele passa do "estágio ativo" para o "estágio de maturação", após o qual obtém-se um "composto final", ou seja, considera-se o produto como estabilizado e adequado para uso agrícola ou horticultural. O produto pode ser secado e gradeado antes de ser usado (21).

Durante o processo, o material pode ser agitado, com a finalidade de efetuar-se a mistura, reduzir o tamanho das partículas e fornecer aeração com ajuda de equipamentos mecânicos (11).

Existem duas técnicas de compostagem por batelada, que são mais conhecidas e utilizadas:

- Compostagem por aleiramento; e
- Compostagem pela pilha aerada estática

. Compostagem por aleiramento

No sistema de compostagem por aleiramento, os resíduos são colocados em pilhas que podem ser arrumadas em longas fileiras para

leiras denominadas leiras. Em sistemas de grande porte, as leiras são reviradas a intervalos regulares, utilizando equipamentos móveis. A secção transversal das leiras pode assumir a forma retangular ou trapezoidal, dependendo das características do material a ser compostado e do equipamento usado para revirar. O sistema por aleiramento tem sido usado com êxito para a compostagem de uma grande variedade de resíduos orgânicos. Em geral, a compostagem por aleiramento custa relativamente pouco devido à produtividade do equipamento mecânico envolvido mas, por outro lado, demanda o uso intensivo da terra (10,11).

A utilização do conceito de reciclagem do produto final compostado seco, misturado à torta de lodo úmida, possibilitou, em grande parte, a adaptação do sistema por aleiramento a trabalhar com lodo desidratado. A quantidade do material reciclado é ajustada a fim de obter um teor de umidade da mistura de 60% ou menos. Por esse método, a integridade estrutural da mistura é melhorada até que a leira adquira uma conformação geométrica conveniente (11,14,15,16).

A friabilidade ou porosidade do material misturado é também bastante melhorada o que, por sua vez, aumenta a eficiência na reviragem das leiras para a aeração (16).

Aparas de madeira, serragem e palhas também podem ser usadas como adição corretiva ao lodo desidratado, com ou sem composto seco reciclado e exercem o mesmo efeito (14,15,16).

O tempo de compostagem típico para o sistema por aleiramento está situado entre 30 a 40 dias e, em geral, o teor de sólidos do composto final situa-se entre 60 e 70 % (10,11,16).

. Compostagem pela pilha aerada estática

Existem processos onde se utiliza a aeração forçada para o suprimento de ar na pilha de composto. São os processos denomina

dos de "pilha estática". Este processo difere do processo por aleiramento pelo fato que o material de compostagem não é revirado (11,13,31) tendo sido desenvolvido inicialmente pelo Serviço de Agricultura dos EUA (11,9,25).

Condições aeróbicas são mantidas pela sucção mecânica do ar através da pilha. Diferentemente do sistema por aleiramento, o material previamente compostado não é reciclado a fim de produzir uma mistura porosa ou para ajustar o teor de umidade inicial. Pelo contrário, o lodo desidratado é misturado com um agente volumoso tal como aparas de madeiras, que serve como absorvente de umidade e fornece porosidade ao material. A relação necessária, de lodo para aparas de madeira tem sido de 1:2 até 1:3 em bases volumétricas (14,15,16). Outros tipos de agentes volumosos, além de aparas de madeira, também têm sido usados com sucesso tais como serragem, refugo peletizado, pedaços de pneu, casca de arroz, casca de amendoim (25).

Depois de misturar com aparas de madeira ou outro agente volumoso, a mistura é colocada em grandes pilhas. Uma tubulação perfurada de drenagem em forma espiral (loop), é colocada debaixo de cada pilha e conectada a uma ventoinha de sucção cujas condições operacionais são dimensionadas de maneira a manter condições aeróbicas em todos os pontos da pilha. Obviamente tanto o tamanho quanto a quantidade do agente volumoso deve ser controlado para manter a porosidade através da pilha e assegurar um fluxo de ar adequado sem excessiva perda de carga no duto (25).

O tempo de detenção na pilha aerada é em geral de 21 dias, após o qual a pilha é desfeita. O lodo compostado, após uma etapa posterior de secagem, é separado por peneiramento do agente voluminoso. O uso de aparas de madeira ou de outro tipo de material degradável como agente volumoso pode provocar uma pequena porcentagem de degradação assim como alguma quebra física. Por causa dessas perdas eventuais, é necessária a reposição do agente volumoso para contrabalançar a perda que ocorre no composto final (25).

- Compostagem por Processo Contínuo

Os processos contínuos de compostagem, que são efetuados em digestores, eliminam o estágio mesofílico de temperatura e operam continuamente nas faixas de temperatura termofílicas. À medida que o resíduo sólido recente entra no digestor, ele é aquecido pelo composto já existente, iniciando-se, dessa forma, o crescimento dos microrganismos na faixa termofílica de temperatura. A inoculação maciça com microrganismos termofílicos, que é intrínseca aos processos contínuos, ajuda a acelerar a liberação de calor às expensas de resíduo sólido que entra no sistema. A operação contínua proporciona um meio eficiente para se decompor materiais rapidamente putrescíveis e em condições controladas de processo (7,8).

No processo contínuo, a alimentação e a passagem do material pelo reator é efetuada através de um fluxo pistonado semi-contínuo e a translocação do material é feita por meios mecânicos, tais como correias transportadores, tambores rotativos, silos superpostos, etc. A aeração, em geral, é realizada pelo método da aeração forçada e o tempo de detenção no reator varia entre 02 e 04 dias, sendo 05 dias o valor médio (7,8,9).

Em alguns casos, o sistema associa o processo a uma etapa por batelada para a fase de maturação do composto (7,8).

Os processos contínuos são efetuados com a utilização de unidades mecânicas, para a fabricação de composto final e os princípios que os regem são os mesmos da compostagem pelo processo de enleiramento. Entretanto, nestes processos o material em geral é submetido a um grau de agitação ótima e vai exigir menor quantidade de material volumoso (11).

8.2.5. Controle do processo de compostagem

Em termos de processo, é importante lembrar que a massa de compostagem é um ecossistema microbiano. O controle do processo em compostagem envolve necessariamente a interrelação de vários parâmetros cujos principais são os seguintes: temperatura, aeração, teor de umidade, pH, tamanho da partícula, relação C/N, fibra e microrganismos (3,7,8,9,10).

- Temperatura

A temperatura é um parâmetro fundamental durante a compostagem. A compostagem é um processo de fermentação aeróbia levado a efeito pelos microrganismos de metabolismo exotérmico (8). Como a massa de compostagem oferece volume suficiente para o isolamento térmico assim como adequados níveis de umidade, aeração e nutrição; desenvolve-se um natural e rápido aquecimento da massa de compostagem com a proliferação da população microbiana (3,7,8,9). Segundo Poincelot (22) e Gray & Biddlestone (14), a curva padrão de temperatura versus tempo apresenta um aspecto sigmóide e divide-se em quatro estágios: mesofílico, termofílico, resfriamento e maturação. No início do processo, a massa se encontra na temperatura ambiente e geralmente está levemente ácida. À medida que flora mesofílica autóctone multiplica-se, a temperatura aumenta rapidamente. Quando a temperatura ultrapassa 40°C, cessa a atividade da população microbiana mesofílica e tem início a atividade da população microbiana termofílica autóctone. O estágio termofílico moderado, que se situa em torno de 55°C, é o mais importante do processo de compostagem (3,6,7,8). O processo de compostagem biológica não deve atingir temperaturas muito elevadas. A atividade metabólica é maior em torno de 55°C já que as enzimas do microrganismos, responsáveis pela compostagem, são inativadas em temperaturas muito elevadas (6,7,8). Temperaturas muito elevadas acarretam uma diminuição da taxa de decomposição da matéria orgânica. Kiehl (2) apresenta outro tipo de curva padrão de tem-

peratura, que não segue a forma sigmóide simples subdividindo-se também em quatro estágios: mesofílico, termofílico, resfriamento e maturação. Segundo Kiehl (21), o composto partindo da temperatura ambiente, passa rapidamente pela fase de temperatura mesofílica, subindo para a termofílica onde se mantém por um espaço de tempo formando um platô; prosseguindo a decomposição, a temperatura volta para a fase mesofílica formando novo platô e por tempo geralmente mais longo que o da fase anterior; finalmente, após cerca de quatro meses ocorre a cura completa do composto cuja matéria orgânica torna-se humificada atingindo níveis de temperatura próximos aos da temperatura ambiente.

No caso da compostagem por aleiramento, os revolvimentos feitos periodicamente para arejar a massa, dando condições para que a fermentação seja aeróbia, provocam perda de calor e de umidade (10,21).

Quando o composto está em franco processo de decomposição, quente, a temperatura baixará pelo efeito do revolvimento; todavia, dentro de 6 a 12 horas poderá recuperar o calor que possuía anteriormente (21). Não é aconselhável fazer-se revolvimentos frequentes antes que o composto recupere a temperatura perdida, para não tirá-lo da faixa de calor ótimo em que se encontrava, gerado pela população microbiana então dominante (21).

- pH

A matéria orgânica crua, de origem vegetal ou animal, é naturalmente ácida (aproximadamente 4,5-6,0), a não ser que tenha recebido contaminações de material alcalino como calcário e cinzas (21). Durante a fase mesofílica inicial ocorre a produção de ácidos orgânicos voláteis (ex. ácido acético, ácido butírico), que provocam a queda do pH para a faixa de 5,0-5,5 (3,7,14,22). A seguir, dentro de alguns dias, o pH do processo de compostagem em batelada começa a aumentar, possivelmente provocado pela volatilização e decomposição microbiana dos ácidos orgânicos assim como pela volatilização da amônia mineralizada a partir do

nitrogênio orgânico (7,3). As perdas de amônia aumentam quando a reação do composto entra na zona de alcalinidade; quando o pH alcança valores acima de 8,0 ou 9,0, grande parte do nitrogênio orgânico já se transformou em amoniacal, podendo se perder na atmosfera (21). Na matéria orgânica completamente humificada, todo nitrogênio deve estar na forma de nitrato. O aparecimento da nitrificação indica que o composto atingiu a fase de maturação. Realizando-se determinações periódicas de pH durante a compostagem pode-se saber como está se desenvolvendo a decomposição quando associados com outras determinações analíticas tais como análise granulométrica, relação C/N, etc. (21).

- Aeração

A decomposição da matéria orgânica pode ser realizada em ambiente aeróbio ou anaeróbio (2). A compostagem é deliberadamente um processo aeróbio, já que os microrganismos anaeróbios não decompõem a matéria orgânica tão rapidamente como a população de microrganismos aeróbicos e, além, do mais, produzem H_2S durante o processo (3,7,8,14,15). Aeração insuficiente ou mal distribuída leva ao estabelecimento de condições anaeróbias com uma consequente redução na taxa de decomposição da matéria orgânica e produção de odores putrefatos (3,7,11,9). A taxa de consumo de oxigênio e, portanto, a taxa necessária de entrada do ar é função do tipo de sistema, método de aeração, temperatura, umidade, granulometria, composição e grau de estabilidade do substrato (3,7,8,10,22,25). O estabelecimento e a manutenção de condições aeróbias estão relacionados entre os itens mais caros e trabalhosos nas operações de compostagem (4,3,9,10,15). Invariavelmente, ao projetar-se os sistemas de compostagem atuais a questão da aeração apresenta-se como o seu ponto central e fundamental (10).

A ênfase sobre a aeração deriva do fato de que ela exerce um papel fundamental na estratégia de controle do processo. Através da aeração pode-se controlar o teor de oxigênio, temperatura (liberação de calor), teor de umidade - em última análise - a taxa de compostagem do sistema (7,8,9).

No método de aeração natural, eventualmente utilizado no processo da pilha estática ou por aleiramento, a difusão de O_2 e de CO_2 resulta da diferença entre a pressão parcial atmosférica e o sítio onde ocorre a degradação. O movimento de gases se dá através dos numerosos interstícios e porosidade da pilha ou das leiras (3,11,10).

A difusão natural, entretanto, é incapaz de manter boas condições aeróbicas durante o pico da demanda de O_2 (3,4,7,10). Essa limitação levou ao aparecimento de diversos métodos de aeração. Apesar da diversidade de sistemas, a aeração se classifica basicamente em dois grandes grupos: agitação e aeração forçada (10,11) o sistema por agitação permite que ocorra a abrasão das partículas, expondo-se novas superfícies ao ataque microbiano proporcionando dessa forma a aceleração do processo de compostagem (10,11). A agitação intermitente dá melhores resultados do que a agitação contínua (10). A agitação pode ser subdividida em vários métodos: reviramento das leiras, tambores rotativos, tanques com recursos mecânicos de agitação e superposição de silos com a transferência do material por gravidade (11).

Idealmente, o esquema para a reviragem das leiras deve basear-se na concentração de oxigênio, entretanto, em termos práticos, as leiras são reviradas quando a temperatura passa de $70^{\circ}C$ ou quando o teor de umidade excede 50% (21). O ato de revirar as leiras não somente expõe o material ao ar, como também renova o suprimento de ar que fica preso nos interstícios assim que a leira é refeita (10,21).

A agitação pode ser feita mecanicamente e o material em compostagem é revirado por misturadores semelhantes a um disco de arado ou a uma rosca sem fim. Em alguns casos, a eficiência da agitação pode ser aumentada submetendo-se o material à queda por gravidade. A queda "em cascata" expõe as superfícies da partícula ao ar ambiente. Tambores rotativos, silos superpostos e correias transportadoras podem ser usadas para tal finalidade (11, 21).

Atualmente o método mais empregado é o da aeração forçada. Frequentemente é usado junto com a agitação (4,11,25). O sucesso deste método de aeração depende do tipo de material a ser tratado (11,16,10).

É menos efetivo em resíduos que apresentam uma extensa e variada distribuição de tamanho de partículas, sem resíduos que apresentam tendência para formar agregados e em pilhas cujo teor de umidade é muito alto. Por exemplo, não é eficiente para tratar lixo municipal ou esterco com teor de umidade maior que 70% e menor que 100% (já que com 100% de umidade, o processo se transformaria em lodo ativado) (10,11).

A aeração forçada é muito eficiente com material homogêneo, de consistência granular, cuja massa compactada não se torna amorfa tais como lodo de esgoto misturado com aparas de madeira ou serragem e esterco de origem animal com teor de umidade menor do que 65% (10,11).

- Umidade

Durante o processo de compostagem, a água tanto é produzida metabolicamente como também há perda pela evaporação dos materiais (3,7). Os ganhos e perdas estão relacionados com a aeração e temperatura, já que a água é um produto da respiração aeróbica enquanto que a evaporação é função da exposição a correntes de ar e da temperatura (9). Dependendo das condições dentro do composto, o teor de água pode aumentar, diminuir ou permanecer o mesmo (7,8,9).

Em geral, a temperatura e o consumo de oxigênio são utilizados como critérios para avaliar o teor ótimo de umidade (7,8,9). Entretanto, a utilização da temperatura como critério de avaliação não é recomendável devido ao efeito da água sobre a produção de calor (7,8). O consumo de oxigênio revelou-se um critério mais eficiente - há uma correlação positiva entre os teores ótimos de umidade e o aumento do consumo de oxigênio (7,9). As-

sim, observou-se que a faixa ótima do teor de umidade no processo de compostagem está situada entre 50-70% p/p (3,9).

Como a aeração é afetada pelo teor de umidade, operacionalmente, a umidade não deve ser considerada isoladamente da permeabilidade (3). O nível de umidade está intimamente ligado com o tamanho do poro e aeração (3,4,7). O efeito da umidade depende do tamanho da partícula (3,21). Partículas pequenas implica em diminutos espaços intersticiais facilitando, sobretudo, o pronto preenchimento e bloqueio dos pequenos interstícios pela água restringindo, assim, a difusão de oxigênio e proporcionando o estabelecimento de condições anaeróbias (3).

O teor de umidade assim como a aeração devem ser fornecidos em níveis ótimos para o bom desempenho do processo de compostagem (9,10,11). Enquanto o fornecimento de nutrientes para os microrganismos é função unicamente do substrato fornecido; em termos operacionais, o teor de umidade e o teor de oxigênio dependem fundamentalmente da engenharia do sistema (4,9,10,11).

- Relação Carbono/Nitrogênio

A decomposição dos resíduos aplicados ao solo depende da natureza dos resíduos e de vários fatores pedológicos e ambientais (2). Os resíduos, em geral, apresentam a seguinte composição:

- 1 - Carboidratos: açúcares, amidos, hemicelulose, celulose, pectinas, goma e mucilagens
- 2 - Proteínas, aminoácidos e aínas
- 3 - Lipídeos, óleos, ceras e resinas
- 4 - Álcoois, aldeídos e cetonas
- 5 - Ácidos Orgânicos
- 6 - Lignina
- 7 - Compostos de estrutura cíclica: fenóis, taninos, hidrocarb_onetos cíclicos

- 8 - Alcalóides e bases orgânicas
- 9 - Miscelânea de substâncias heterogêneas presentes em pequenas quantidades: antibióticos, auxinas, vitaminas, enzimas e pigmentos (2).

Nitrogênio é o elemento chave na degradação da matéria orgânica cuja quantidade e disponibilidade como nutriente variam grandemente dependendo do tipo de resíduo (2). Resíduos ricos em nitrogênio são metabolizados rapidamente e a microflora responsável pela degradação da matéria orgânica não apresenta resposta a quantidades adicionais de nitrogênio (2). Se o substrato apresenta baixo teor de nitrogênio, a decomposição é lenta e a mineralização do carbono vai ser estimulada pela adição suplementar de nitrogênio (2).

A relação C/N do substrato geralmente é utilizada para avaliar a taxa de decomposição da matéria orgânica, embora não seja o único fator determinante (2).

A relação C/N reflete o equilíbrio dinâmico da comunidade de microorganismos (2). A célula microbiana contém de 5 a 15 partes de carbono para 1 parte de nitrogênio e o valor 10:1 geralmente é considerado como o valor médio da flora aeróbia predominante (2,21). Assim, o húmus - produto proveniente basicamente da atividade de microrganismos - apresenta a relação C/N também igual a 10:1 (2,21).

As relações C/N mais recomendadas para uma rápida e eficiente compostagem devem estar situada entre os limites 26 e 35 (21).

A operação do processo biológico de compostagem com substratos de altos teores de nitrogênio e conseqüentemente baixos valores de C/N produz nitrogênio em abundância em grande parte convertido pelos componentes da célula microbiana ou incorporado pelos complexos de húmus-lignina ricos em nitrogênio e cujo excesso é eliminado sob a forma de amônia por volatilização (2).

Por outro lado, resíduos que apresentam altos teores de carbo-

no e, conseqüentemente, altas relações C/N prolongam o período do processo de compostagem biológica (21).

Tipicamente, a decomposição do material com alta relação C/N passa por ciclos sucessivos de mineralização imobilização até que a relação C/N atinja a faixa de equilíbrio em torno de 10:1 - a partir da qual a mineralização do carbono e nitrogênio começam a operar concomitantemente (2).

- Microrganismos

A compostagem termofílica aeróbica é um processo dinâmico cujas mudanças físicas e químicas são o resultado das atividades combinadas de uma rápida sucessão ecológica de populações heterogêneas de microrganismos, cada qual especializada na decomposição de um determinado grupo de substâncias orgânicas e cujos ambientes apresentam existência transitória (3,8,7,14). A natureza exata da sucessão e o número de microrganismos presentes em cada estágio depende da natureza do material em compostagem e dos microrganismos presentes na sucessão (22).

Bactérias, fungos e actinomicetos estão presentes na massa de compostagem na seguinte faixa:

	Números g. ⁻¹ de composto
Bactérias	10 ⁸ - 10 ⁹
Fungos	10 ⁴ - 10 ⁶
Actinomicetos	10 ⁵ - 10 ⁸

Fonte: (3)

As bactérias desempenham um papel importante no início da produção do calor. As bactérias acidogênicas são as primeiras a surgir e são numericamente importantes neste estágio. No primeiro dia de aquecimento, há uma proliferação de cocos gram-positivos e a contagem passa de 10⁶ para 10⁹ bactérias/grama de peso se-

co (3). Durante a fase inicial de aquecimento, as bactérias e fungos utilizam substâncias orgânicas simples, facilmente degradáveis tais como açúcares e amido (3,22,14,15).

Quando a temperatura ultrapassa 40°C, a população mesofílica de microrganismos é inibida e ocorre o estabelecimento da população termofílica autóctone de microrganismos. Os microrganismos termofílicos alimentam-se de produtos provenientes do metabolismo catabólico tais como: açúcares, proteínas, lipídeos e outros produtos de fácil digestão (22,7,8,14,15). Os microrganismos termofílicos moderados, tanto bactérias, como fungos e actinomicetos, são intensamente ativos na primeira fase da fermentação quando ocorrem as maiores alterações na natureza da matéria em processo de compostagem (3,7,8,14,15,22). Portanto, os microrganismos termofílicos moderados desempenham um papel fundamental no processo de compostagem já que a atividade biológica é maior na faixa de 55°C (7,8,9). Nessa faixa de temperatura, a biomassa ativa é consideravelmente grande, embora a diversidade da comunidade de microrganismos é relativamente pequena (7,8).

Acima de 65° - 70°C, os fungos, actinomicetos e a maioria das bactérias tornam-se inativas e somente as bactérias com endiosporos começam a proliferar. Além disso, acima de 60°C, a diversidade da comunidade bacteriana diminui drasticamente (7,8). Em outras palavras, altas temperaturas reduzem drasticamente a diversidade metabólica dos microrganismos tornando essa faixa de temperatura imprópria para o tratamento de resíduos (7,8,9,6).

- Fibra

A biodegradação do composto pelos microrganismos é realizada em várias etapas. Compostos hidrosolúveis e rapidamente degradáveis, tais como carboidratos e amido, são prontamente assimilados pelos microrganismos. Em seguida os lipídeos, igualmente biodegradáveis, vão ser em grande parte assimilados pelos microrganismos. Após a assimilação pelos microrganismos dos compostos prontamente biodegradáveis, permanecem como fontes alternativas de carbono as substâncias relativamente biorresistentes: hemicelulose, celulose e lignina, que são todas, sem exceção, polímeros de carboidrato de alto peso molecular. Tais macromoléculas não atravessam a parede celular dos microrganismos que precisam produzir enzimas extracelulares a fim de hidrolizar os polímeros em unidades básicas de açúcar. A hidrólise é levada a efeito por um pequeno segmento da população de microrganismos, entretanto, a maioria da população de microrganismos é capaz de assimilar os produtos dessa hidrólise extracelular (3).

Durante o processo biológico da compostagem, a taxa de decomposição, tanto da hemicelulose, como da celulose pode ser representada por curvas exponenciais. Durante os primeiros vinte dias, as taxas de decomposição da hemicelulose e celulose são aproximadamente paralelas. No decorrer dos demais estágios da compostagem, a taxa de decomposição de hemicelulose diminui de velocidade e torna-se menor que a taxa de decomposição da celulose de modo que, no final do período a taxa de decomposição da celulose é maior que a taxa de decomposição da hemicelulose (3).

A hemicelulose é seletivamente degradada na fase degradada na fase termofílica inicial da compostagem, especificamente, durante o período de temperatura ascendente e, provavelmente também, durante o período de temperatura máxima. A decomposição da celulose inicia-se próximo à fase de temperatura máxima e se estende durante a fase descendente da temperatura, enquanto a temperatura se mantiver relativamente alta. A fase de lento resfria-

mento após a temperatura de pico parece ser melhor adequada à decomposição da celulose do que os períodos de aquecimento inicial e de temperatura máxima (3).

A degradação da lignina somente começa após dois ou três meses de compostagem. Ocorre um aumento do teor de nitrogênio da lignina à medida que os grupamentos metoxílicos são clivados e as substâncias nitrogenadas se acumulam proporcionando a formação de ligno-proteínas, muito importantes para a nutrição de certos tipos de basidiomicetos superiores (3).

8.2.6. Estabilidade do processo

A compostagem não depende de nenhum grupo de microrganismos específicos e isto se constitui em importante fator de estabilidade. O processo pode ser perturbado e colocado fora de regime pelo uso de temperaturas excessivamente altas ou através de erros grosseiros de operação de natureza física ou química (8,9).

Como foi discutido previamente, temperaturas excessivamente altas geralmente ocorrem em processos de compostagem que vão dar origem a baixas taxas de decomposição da matéria orgânica que, contudo, não chegam a perturbar ou colocar fora de regime o processo. A deterioração do processo é auto-limitante porque altas temperaturas restringem a liberação metabólica de calor e limita qualquer aumento de temperatura. Qualquer resfriamento eventual que ocorra promove um retorno para uma estrutura de comunidade mais diversificada, possivelmente ajudado pelo fato que muitas bactérias termofílicas que participam da compostagem produzem endosporos termo-resistentes. Presumivelmente esses endosporos tornam-se disponíveis para reativação, assim que a temperatura cai dos níveis intoleráveis. Oscilações entre altas temperaturas termofílicas (baixa liberação de calor) e temperaturas termofílicas moderadas (alta liberação de calor), podem assim ser previstas sendo contudo, evitadas pela ação do mecanismo de retroalimentação (7,8,9).

De qualquer maneira, no processo biológico de compostagem, o mecanismo de retroalimentação em circuito de modulação negativa, acionado sempre que a temperatura ultrapassa 55°C , é uma garantia contra a parada total do processo auto induzido (7,8,9).

O processo pode parar se certos fatores abióticos (químicos ou físicos) desviam-se muito dos limites de tolerância. Por exemplo, excesso de umidade e compactação do material vai produzir uma condição de ventilação insuficiente provocando uma privação prolongada de oxigênio (7,8,9).

A compostagem tende a ser um processo auto-corretivo e recupera-se rapidamente de qualquer perturbação. O processo é estável e suporta eventuais falhas de manejo sem sair do regime estabilizado (7,8,9).

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

8.2.7. Bibliografia

- 1 - ALBONETTI, S.G. & MASSARI, G. "Microbiological Aspects of a Municipal Waste Composting System". European Journal of Applied Microbiology Biotechnology, 7: 91-98, 1979.
- 2 - ALEXANDER, M. "Introduction to Soil Microbiology". 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1977. 467 p.
- 3 - GRAWFORD, J.H. "Composting of Agricultural Wastes: A Review". Process Biochemistry, 14-8, jan/fev. 1983.
- 4 - EPSTEIN, E. et al. "A Forced Aeration System for Composting Wastewater Sludge". Journal Water Pollution Control Federation. 48 (4): 688-93, 1976.
- 5 - COMPOSTING as a Waste Treatment Process. Compost Science Land Utilization, 20 (1): 14-6, 1979.
- 6 - FINSTEIN, M. S. "Composting Hazardous Wastes". Science, 204: 1366, Jun. 1979.
- 7 - FINSTEIN, M.S. & MORRIS, M. L. "Microbiology of Municipal Solid Waste Composting". Advance Applied Microbiology, 19: 113-51, 1975.
- 8 - FINSTEIN, M. S. et al. "Microbial Ecosystems Responsible for Anaerobic Digestion and Composting". Journal Water Pollution Control Federation, 52 (11): 2675-85, 1980.
- 9 - FINSTEIN, M.S. et al. "Discussion of R. T. Haug: Engineering Principles of Sludge Composting". Journal Water Pollution Control Federation, 52 (7): 2037-40, julho, 1980.
- 10 - GOLUEKE, C. G. "Composting: A Review of Rationale Principles and Public Health". Compost Science, 17 (3): 11-5, 1976.

- 11 - GOLUEKE, C.G. "Compost Installations and Modern Systems". Compost Science/Land Utilization, 19(3): 10-4, maio/junho, 1978.
- 12 - GOLUEKE, C.G. "When is compost "safe"?". Biocycle, 28-36, março/abril. 1982.
- 13 - GOLUEKE, C.G. "Epidemiological Aspects of Sludge Handling and Management". Biocycle, 52-8, maio/junho. 1983.
- 14 - GRAY, K. R.; SHERMAN, K & BIDDLESTONE, A. J. "A Review of Composting: Part 1". Process Biochemistry, 6(6): 32-6, 1971.
- 15 - GRAY, K. R.; SHERMAN, K. & BIDDLESTONE, A.J. "A Review of Composting: Part 2 - The Practical Process". Process Biochemistry, 6 (10): 22-8, 1971.
- 16 - HAUG, R.T. & HAUG, L.A. "Sludge Composting: A Discussion of Engineering Principles. Part 1". Compost Science/Land Utilization, 18 (6): 06-11, novembro/dezembro. 1977.
- 17 - HAUG, R.T. & HAUG, L.A. "Sludge Composting: A discussion of Engineering Principles. Part 2". Compost Science/Land Utilization, 19 (1): 10-4, janeiro/fevereiro. 1978.
- 18 - HAUG, R.T. "Engineering Principles of Sludge Composting". Journal Water Pollution Control Federation, 51 (8): 2189-2206. 1979.
- 19 - KARIM, A. "Microbiological Decomposition of Water Hyacinth". Journal Soil Science, 66: 401-16. 1948.
- 20 - KIEHL, E.J. "Preparo do composto na fazenda". Piracicaba, ESALQ-USP, 1979. 12 pag.

- 21 - KIEHL, E.J. "Fertilizantes Orgânicos!" Piracicaba, Agrônômica Ceres, 1985. 492 p.
- 22 - POINCELOT, R. P. "A Scientific Examination of the Principles and Praticce of Composting. Compost Science/Land Utilization, 15 (3): 24-31. 1974.
- 23 - POLPRASERT, C.; WANGSUPHACHART, S. & MUTTAMARO, S. "Composting Nightsoil and Water Hyacinth in the Tropics". Compost Science/Land Utilization, 21 (2): 25-7, março/abril. 1980.
- 24 - STEFFEN, R. "The Value of Composted Organic Matter in Building Soil Fertility". Compost Science/Land Utilization, 20 (5): 34-7, setembro/outubro. 1979.
- 25 - WILLSON, G. B. et al. "Manual for Composting Sewage Sludge by the Beltsville Aerated Pile Method". Cincinnati, Municipal Environmental Research Laboratory, 1980. 65 pag. (EPA 600/8-80-022).

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

PARÂMETRO DATA	UMIDADE %	CINZA %	CARBONO ORGÂNICO TOTAL %	NITROGÊNIO TOTAL %	FÓSFORO TOTAL %	CÁDmio µg/g	CHUMBO µg/g	COBRE µg/g	CROMO TOTAL µg/g	MERCÚRIO µg/g	ZINCO µg/g
AGUAPÉ MOÍDO	53,0	65,0	20,9	1,2	0,20	0,55	42,4	32,4	25,2	0,602	182,0
COMPOSTO 14/08	38,8	64,9	18,1	1,2	0,20	0,20	32,5	30,8	25,6	0,203	190,0
COMPOSTO 23/08	36,8	63,5	21,1	1,3	0,12	0,25	42,3	41,5	27,2	0,762	230,0
COMPOSTO 30/08	36,8	65,3	15,5	1,6	0,12	0,20	41,2	40,2	29,8	0,242	210,0
COMPOSTO 13/09	36,9	59,7	23,6	1,7	0,20	0,20	46,0	43,6	30,4	0,628	223,0
COMPOSTO 20/09	37,2	65,3	21,1	1,7	0,21	0,20	42,8	45,0	29,5	0,617	216,0
COMPOSTO 26/09	35,1	68,6	19,2	1,8	0,20	0,15	42,4	40,9	31,7	0,677	204,0
COMPOSTO 09/10	25,3	72,1	16,4	1,6	0,19	0,12	43,8	40,6	38,7	0,280	215,0
COMPOSTO 18/10	30,8	67,8	16,8	1,7	0,22	0,12	34,2	38,6	33,5	0,203	184,0

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O aguapé utilizado no estudo é oriundo da lagoa de estabilização da SABESP no município de Mairiporã, em São Paulo. Foi retirado da lagoa com auxílio de uma "DRAG-LINE" e transportado por caminhão para a chácara "Sol Nascente", no município de Itajobi, São Paulo.

O aguapé (aproximadamente 8.000 kg) foi espalhado para secagem ao ar livre, numa camada de 10 cm; sendo, após 7 dias, triturado em um desintegrador PENHA TH-2500.

O aguapé triturado foi então distribuído para o processo de compostagem, sendo a inoculação e preparação do monte efetuada por meio de camadas. Inicialmente, foi espalhada numa área de aproximadamente 6x3m, numa camada de 20 cm de aguapé triturado. Sobre uma camada de aguapé, foi colocado composto curado de borra de café, depois enzima e a seguir uréia. Assim, sempre iniciando com o aguapé, foram sendo colocadas as camadas sucessivas e alternadamente, até ao consumo total do aguapé triturado. A quantidade empregada do composto curado de borra de café foi cerca de 10% em peso em relação ao aguapé, a enzima 0,5% e a uréia 0,5%, também em relação ao aguapé; perfazendo um total geral de camadas de aproximadamente 6000 kg de material. O monte foi coberto com uma lona plástica a fim de se evitar o ressecamento do material da superfície e perda de calor.

Diariamente foi medida a temperatura interna do monte e semanalmente efetuadas análises físico-químicas do composto expressas em umidade, cinza, carbono, nitrogênio, fósforo, cromo total, cobre, chumbo, zinco, cádmio e mercúrio.

Após trinta dias de ensaios, o monte foi revolvido, apresentando já um bom grau de fermentação.

Os resultados das análises físico-químicas do composto estão apresentados na tabela a seguir.

Data Aquis.:	01/11/92
Indic.:	
Livraria:	
Preço: Cr\$	
Data Tomba:	01/11/92



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Pinheiros
Fone: 210-1100 - Telex 1183053-CETS-BR
CEP 05489 - São Paulo - SP - Brasil