



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente

Mestrado em Engenharia Ambiental



COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROEXTRATIVISTAS NO MUNICÍPIO DE
LARANJAL DO JARI - AMAPÁ

Décio Ferreira de Oliveira

Orientador: João Alberto Ferreira

Rio de Janeiro
Dezembro de 2007

COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROEXTRATIVISTAS NO MUNICÍPIO DE
LARANJAL DO JARI - AMAPÁ

Décio Ferreira de Oliveira

Trabalho Final submetido ao Programa de Pós-
graduação em Engenharia Ambiental - PEAMB da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do
título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada por:

D.Sc. João Alberto Ferreira

D.Sc. Celso Simões Bredariol

D.Sc. Emilio Maciel Eigenheer

Rio de Janeiro
Dezembro de 2007

FERREIRA DE OLIVEIRA, DÉCIO.

Compostagem de Resíduos Agroextrativistas no Município de Laranjal do Jari - Amapá [Rio de Janeiro] 2007.

xxii, 133 p. 29,7 cm (FEN/UERJ, Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental - Área de Concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial, 2006.)

Dissertação - Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

1. Resíduos
 2. Resíduo Agroextrativista
 3. Limpeza Pública
 4. Compostagem
 5. Composto Orgânico
 6. Gestão de Resíduos Sólidos
 7. Tratamento/Disposição de Resíduos Sólidos
 8. Matéria Orgânica
 9. Amapá
 10. Laranjal do Jari
- I. FEN/UERJ II. Título (série)

“A Amazônia jamais poderá ficar isolada ou alheia ao desenvolvimento porém, esse processo terá que se sustentar em quatro parâmetros e paradigmas fundamentais, ou seja, terá que ser ao mesmo tempo: economicamente viável, ecologicamente adequado, politicamente equilibrado e socialmente justo.”

Professor Samuel Benchimol

*O autor deste trabalho lembra de um aspecto importante e válido de ressaltar que é a formação da cultura na região Amazônica que veio da mistura do nordestino e do indígena. Os indígenas, nativos, utilizavam o material regional florestal de forma empírica. Por exemplo, os índios amauacas construíram suas habitações de forma comprida e estreita, visando a abrigar sob a casa térrea, de pouca altura e coberta de palha, diversas famílias. O nordestino, ao chegar, não herdou essa forma para a sua barraca, mas construiu-a utilizando os mesmos produtos florestais. Da mesma forma, ambos utilizavam a técnica de produção do **paú** para realização da agricultura familiar, misturando-se restos de alimentos, e de resíduos do extrativismo, enterrando-os em um buraco e esperando sua decomposição, para posterior utilização. Tal relação intrínseca, bem como esse costume nordestino foi explicitado nos versos a seguir:*

*Trecho da música “A triste Partida”
de Antonio Gonçalves da Silva, o Patativa do Assaré.*

*...“Do mundo afastado, sofrendo desprezo,
Ali veve preso,
Devendo ao patrão.
O tempo rolando, vai dia, vem dia,
E aquela famia
Não vorta mais não!
Distante da terra tão seca mas boa,
Exposto à garoa,
À lama e ao **paú**,
Faz pena o nortista, tão forte, tão bravo,
Vivê como escravo
Nas terra do su”.*

Aos meus pais e irmã, que sempre me incentivaram e me ajudaram.

A minha companheira Renata Klopper de Oliveira, pelo carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, por tudo

Ao PEAMB-UERJ pela oportunidade de estudar nesta instituição de referência e pela grande contribuição na minha formação profissional

Ao meu professor orientador, D.Sc. João Alberto Ferreira

Aos pesquisadores: Walter Paixão e Marcelino Guedes, ambos da EMBRAPA-Macapá pela ajuda e importante contribuição

Aos demais amigos, colegas de profissão e professores que contribuíram tecnicamente ou de alguma forma, durante a elaboração deste trabalho

RESUMO

Compostagem de Resíduos Agroextrativistas no Município de Laranjal do Jari - Amapá

Esta dissertação tem como objetivo, a apresentação de uma proposta para os resíduos agroextrativistas a fim de encontrar um composto orgânico ideal para ser utilizado na agricultura do Município de Laranjal do Jari, no Estado do Amapá. A técnica em questão será a compostagem, gerando uma alternativa de utilização para os resíduos de natureza local, onde atualmente não vêm sendo aproveitados. Para se chegar ao composto ideal serão utilizados basicamente: caroços de açaí e cascas de castanha. Esses resíduos vêm sendo relegados através dos Serviços de Limpeza Pública, constituindo não só um problema estético ou ambiental, mas de desperdício de energia e materiais que poderiam ser utilizados na recuperação de áreas degradadas ou como composto orgânico, na fixação de nutrientes e água no solo a fim de melhorar as práticas agrícolas, reduzir custos e a “importação” de fertilizantes químicos. A metodologia envolve estudo bibliográfico sobre a técnica de compostagem, consistindo em desenvolver todas as etapas que se darão mais claras, no desenvolver dos trabalhos de campo, para uma futura implantação de uma Unidade de Compostagem, a ser aplicável para a agricultura do referido município.

Palavras Chave: Resíduos, Resíduo Agroextrativista, Limpeza Pública, Compostagem, Composto Orgânico, Gestão de Resíduos Sólidos, Tratamento/Disposição de Resíduos Sólidos, Matéria Orgânica, Amapá, Laranjal do Jari.

ABSTRACT

Composting of agriculture-extractive residues in Laranjal do Jari city, in Amapá state

This work has the objective, to present a proposal for the agriculture-extractive residues to find an organic compound ideal for use in agriculture of the Laranjal do Jari, in the state of Amapá. The technique in question will be composting, generating an alternative to use for the residues of local nature, where currently they do not come being used to advantage. To arrive itself at the ideal composition they be used basically: açaí seeds and chestnut rinds. These residues came being relegated through the Services Public Cleaning, constituting not only an aesthetic or environmental problem, but of wastefulness of energy and materials that could be used in the recovery of degraded areas or as organic compound, in the setting of nutrients and water in the ground in order to improve the practical agriculturists, to reduce costs and the "importation" of chemical fertilizers. The methodology involves bibliographical study on the composting technique, consisting of developing all the stages that will be given clearer in the developing of the field works, for a future deployment of a unit of Composting, to apply for agriculture of the related city.

Key Words: Residues, Agriculture-extractive Residue, Public Cleanness, Compounding, Organic Composition, Management of Solid Residues, Treatment/Disposal of Solid Residues, Organic Substance, Amapá, Laranjal do Jari.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01. Divisão Geo-Política do Estado do Amapá e limites do Município de Laranjal do Jari.....	26
Figura 02. delimitação da área total do Município de Laranjal do Jari	27
Figura 03. Planta baixa esquemática do distrito sede do Município de Laranjal do Jari, e seus bairros.....	27
Figura 04. Divisão Territorial Municipal – Áreas dentro do Município e suas respectivas jurisdições.....	29
Figura 05. Vista da cachoeira de Santo Antônio, Rio Jari.....	30
Figura 06. Vista do Pólo Industrial, localizado na margem direita do Rio Jari, a jusante de Laranjal do Jari, no município de Almeirim, Estado do Pará.....	30
Figura 07. Gráfico da Evolução (crescimento) populacional de Laranjal do Jari, entre 1991 a 2007.....	31
Figura 08. Foto de uma máquina bateadeira do açaí que faz a extração do suco (separação da polpa e dos caroços). Fontes diretas de produção de resíduos “caroços de açaí”, onde são recolhidos, segregados na origem, sem contato manual.....	33
Figura 09. Foto tirada da calçada a frente de uma bateadeira de açaí, na Avenida Alvorada no bairro Agreste. Detalhe para o monte de caroços, ensacados para facilitar a remoção pela coleta da limpeza urbana (caso isolado).....	33
Figura 10. Foto tirada no terreno ao lado da Escola Municipal Weber Quemel, na Avenida Tancredo Neves, em frente à bateadeira do Nivaldo no Centro Comercial. Detalhe para o monte de caroços, ensacados para facilitar a remoção pela coleta da limpeza urbana (caso isolado).....	34
Figura 11. Foto dos fundos da bateadeira do Nivaldo, situada na Avenida Tancredo Neves, no Centro Comercial, onde são depositados os caroços de açaí. Detalhe para a montanha de caroços, dispostas na área de várzea, abaixo das palafitas. Montanha com cerca de 3 metros de altura.....	34
Figura 12. Foto da Bateadeira do Guilherme, situada na Avenida Tancredo Neves bairro Agreste (próximo à feira agroextrativista). Detalhe do monte de caroços de açaí jogados na calçada. Montanha de 2,0 metros de altura.....	34
Figura 13. Foto de uma Bateadeira situada na Avenida Tancredo Neves, esquina com a Passarela Boa Esperança no Centro Comercial. Detalhe dos caroços jogados abaixo das palafitas, junto com lixo domiciliar, em área alagável.....	34
Figura 14. Foto de uma Bateadeira situada na Avenida Tancredo Neves, no Centro Comercial. Detalhe dos caroços jogados al lado do estabelecimento comercial.....	34
Figura 15. Foto mostrando o quintal de uma bateadeira (fundos), localizada na Avenida Tancredo Neves, no Bairro Castanheira, onde são amontoados e armazenados os caroços de açaí por tempo indeterminado. Detalhe para a montanha de caroços, com mais de 5 metros de altura. Ao lado do Supermercado. Berlim III.....	34
Figura 16. Foto e vista frontal da fábrica COMAJA principal fonte de cascas de castanha, na Avenida Tancredo Neves bairro castanheira (em frente a Escola Mineko Hayashida).....	37

Figura 17. Vista do Setor de Descascamento da COMAJA, fonte direta para produção de resíduos “cascas de castanha”.....	37
Figura 18. Detalhe do ducto de descarga para as cascas de castanha, oriundas do setor de descascamento, na lateral direita da fábrica, onde são segregadas, coletados e transportados até a caldeira para queima e produção de vapor....	37
Figura 19. Foto da caldeira da fábrica da COMAJA e vista dos montes de cascas de castanha dispostas, que serão utilizadas para geração de vapor, utilizado na fábrica.....	37
Figura 20. Foto das cinzas da queima das cascas de castanha, dispostas no terreno, sem aproveitamento. Detalhe dos montes de cascas de castanha aguardando entrada na caldeira par ser queimadas.....	38
Figura 21. Foto do local de armazenamento das castanhas germinadas (estragadas) na COMAJA, embaladas nos sacos, que deverão ser trituradas.....	38
Figura 22. Foto de películas retiradas das amêndoas das castanhas, no setor de descascamento fino. Subproduto que torna-se lixo e pode ser aproveitado na produção do composto orgânico.....	38
Figura 23. Foto de castanhas germinadas (estragadas) ensacadas no setor de triagem, na COMAJA. Após a trituração poderá ser aproveitado para produção de composto orgânico.....	38
Figura 24. Diagrama dos Componentes básicos do lixo domiciliar e dos resíduos orgânicos.....	43
Figura 25. A umidade no processo de compostagem e no produto acabado (composto).....	49
Figura 26. Distribuição da temperatura na massa de compostagem.....	52
Figura 27. Fase Ativa do Processo – Na esquerda, as faixas de temperatura a serem registradas nos pontos de medição; No meio, a distribuição típica de temperaturas controladas na pilha. Pereira Neto, 1996.; Na direita, perfil da temperatura, na fase ativa de uma leira de compostagem. Pereira Neto, 1993.....	52
Figura 28. Fases de decomposição conforme relação C/N.....	53
Figura 29. Decréscimo da relação C/N e Aumento do teor de Nitrogênio, num sistema de pilhas estáticas aeradas; Na esquerda: Fase de Aeração – Na direita: Fase de maturação.....	54
Figura 30. Variação de pH do composto de acordo com o tempo de compostagem.....	55
Figura 31. Mudanças ocorrentes no pH, Temperatura e Sólidos Voláteis durante as fases.....	55
Figura 32. Gráficos padrão para controle e monitoramento das pilhas de compostagem.....	55
Figura 33. Gráfico da eficiência na eliminação de patógenos.....	56
Figura 34. Evolução da cura do composto – Temperatura x Tempo de compostagem.....	59
Figura 35. Formas de Disposição Final dos resíduos Sólidos no Brasil, 2002.....	70
Figura 36. Destinação do Lixo Urbano Coletado no Brasil (IBGE, 2000).....	71
Figura 37. Porcentagens relativas ao número de municípios brasileiros e suas formas de destinação e tratamento de lixo urbano (IBGE, 2000).	71
Figura 38. Foto dos materiais utilizados no procedimento da determinação do peso específico dos resíduos.....	78
Figura 39. Foto e vista de parte das amostras utilizadas na medição e determinação do peso específico dos resíduos agroextrativistas. Na esquerda, as cascas de castanha e a direita os caroços de açaí.....	78
Figura 40. Foto da montagem e vista da bancada para determinação do peso específico dos resíduos.....	78

Figura 41. Foto do Detalhe do peso do Becker utilizado para pesagem e medição volumétrica das amostras de resíduos utilizados na determinação do peso específico.....	78
Figura 42. Início do procedimento da determinação do peso específico dos resíduos. Coleta de quantidade de caroços de açaí para medição.....	78
Figura 43. Transferência dos caroços de açaí para o Becker através do Recipiente plástico.....	78
Figura 44. Detalhe da medição do peso e da quantidade volumétrica de caroços de açaí no Becker	78
Figura 45. Após a anotação da pesagem e verificação do volume de 1 litro de resíduo, a transferência dos caroços de açaí para o triturador manual.....	78
Figura 46. Trituração dos caroços de açaí. Processo muito difícil pelas características compactas dos caroços.....	79
Figura 47. Ao término da trituração, a desmontagem e a limpeza do triturador para não perder os resquícios de resíduo que ficaram no interior do mesmo.....	79
Figura 48. Vista dos caroços de açaí triturados.....	79
Figura 49. Retorno dos caroços de açaí ao Becker de medição volumétrica	79
Figura 50. Transferência das cascas de castanha para o Becker através do Recipiente plástico.....	79
Figura 51. Detalhe da medição do peso e da quantidade volumétrica de cascas de castanha	79
Figura 52. Após a anotação da pesagem e verificação do volume de 1 litro de resíduo, a transferência das cascas de castanha para o triturador manual.....	79
Figura 53. Trituração das cascas de castanha. Processo mais fácil pelas características das cascas e do grande volume de vazios.....	79
Figura 54. Ao término da trituração, a desmontagem e a limpeza do triturador para não perder os resquícios de cascas de castanha que ficaram no interior do mesmo.....	80
Figura 55. Vista de 1 litro de cascas de castanha trituradas. Também houve o retorno das cascas de castanha ao Becker de medição volumétrica (1 litro) para verificação da redução ou o crescimento volumétrico das cascas de castanha trituradas.....	80
Figura 56. Planta esquemática e medidas do pátio experimental de compostagem e vista lateral de uma pilha.....	81
Figura 57. Vista dos materiais utilizados para triturar os resíduos para montagem do pátio experimental.....	82
Figura 58. Vista dos materiais utilizados e do pátio experimental preparado para o início do experimento.....	82
Figura 59. Detalhe e vista dos caroços de açaí triturados.....	82
Figura 60. Detalhe e vista da casca de castanha triturada.....	82
Figura 61. Início da montagem das pilhas experimentais. Vistas dos materiais utilizados para a construção.....	83
Figura 62. Medição volumétrica da quantidade de resíduos com o Becker. Montagem da Pilha 01.....	83
Figura 63. Montagem da Pilha 03. Vista das pilhas 01 e 02 montadas e já misturadas.....	83
Figura 64. Montagem e mistura da Pilha 04. Vista das pilhas 01 e 02 montadas e já misturadas.....	83
Figura 65. Montagem da Pilha 06. Vista das pilhas 01 e 02 montadas e já misturadas.....	83
Figura 66. Montagem e mistura da Pilha 04. Vista das pilhas 01 e 02 montadas e já misturadas.....	83
Figura 67. Pátio experimental de compostagem inalizado.....	83

Figura 68. Pátio montado para o início do processo de compostagem experimental, conforme a Figura 56.....	83
Figura 69. Detalhe da vista da Pilha 01. 100% Caroços de Açai.....	84
Figura 70. Detalhe da vista da Pilha 02. 50% Caroços de açai e 50% Cascas de castanha.....	84
Figura 71. Detalhe da vista da Pilha 03. 100% Cascas de Castanha.....	84
Figura 72. Detalhe da vista da Pilha 04. 75% Caroços de açai e 25% Cascas de castanha.....	84
Figura 73. Detalhe da vista da Pilha 05. 90% Caroços de açai e 10% Cascas de castanha.....	84
Figura 74. Detalhe da vista da Pilha 06. 25% Caroços de açai e 75% Cascas de castanha.....	84
Figura 75. Detalhe da vista da Pilha 06. 10% Caroços de açai e 90% Cascas de castanha.....	84
Figura 76. Pilhas experimentais umedecidas. Detalhe para o formicida colocado ao redor do pátio de compostagem. Vale ressaltar que após 3 minutos da montagem das pilhas surgiram muitas formigas.....	84
Figura 77. Detalhe da medição e controle da temperatura das pilhas durante todo o processo de compostagem.....	85
Figura 78. Detalhe da cobertura que foi construída para proteção contra fortes chuvas incidentes.....	85
Figura 79. Vista do composto orgânico no pátio experimental, após 95 dias de processo.....	86
Figura 80. Retirada das pilhas e acondicionamento em sacos plásticos de fechamento hermético.....	86
Figura 81. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 01 (ANEXO B).....	131
Figura 82. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 02 (ANEXO B).....	131
Figura 83. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 03 (ANEXO B).....	131
Figura 84. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 04 (ANEXO B).....	131
Figura 85. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 05 (ANEXO B).....	131
Figura 86. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 06 (ANEXO B).....	131
Figura 87. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 07 (ANEXO B).....	131
Figura 88. Modelos Ilustrativos de Recipientes Padronizados e do tipo de Veículo a serem utilizados.....	91
Figura 89. Representação gráfica dos roteiros de coleta dos resíduos	93
Figura 90. Representação Esquemática da Pilha de Compostagem e do procedimento de Reviramento.....	94
Figura 91. Detalhes construtivos da Unidade de Compostagem (ANEXO D).....	133
Figura 92. Organograma funcional para gerenciamento da atividade proposta.....	99
Figura 93. Fluxograma da rotina operacional da compostagem proposta.....	103
Figura 94. Modelo de Ficha de Campo a ser utilizada no controle e no monitoramento das pilhas.....	105
Figura 95. Finalização das Pilhas - Esquema Representativo do “teste da Bolota”.....	109
Figura 96. Ilustração do Teste da mão para verificar a umidade do composto.....	109
Figura 97. Procedimento para realização do teste do agrião – Verificação da maturação do composto.....	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 01. Caracterização das Fontes e dos Resíduos Gerados no Município, por atividade Agroextrativista.....	32
Quadro 02. Características do composto orgânico obtido a partir de caroço de açaí, lixo urbano e capim.....	35
Quadro 03. Quantidades médias, na matéria seca, de duas amostras de composto orgânico coletadas na Unidade de Compostagem e Reciclagem de Lixo Urbano da Vila dos Cabanos, no período de agosto a dezembro de 2002...	36
Quadro 04. Caracterização dos Resíduos Sólidos para a Reciclagem e Compostagem, 1999.....	42
Quadro 05. Principais características do fertilizante orgânico para ser comercializado, 1983.....	68
Quadro 06. Síntese da pesquisa de preços médios praticados para os Fertilizantes (adubos químicos).....	69
Quadro 07. Síntese da pesquisa de preços médios praticados para os Adubos vegetais (composto orgânico).....	70
Quadro 08. Resumo demonstrativo da coleta de resíduos para dimensionamento de contentores.....	90
Quadro 09. Procedimentos operacionais a serem adotados na compostagem proposta.....	10 4
Quadro 10. Parâmetros que serão adotados para monitoramento e controle no processo proposto.....	10 6
Quadro 11. Controle Operacional: Principais problemas, causas e soluções durante a fase de degradação ativa.....	10 6
Quadro 12. Resumo dos Procedimentos, em caso de problemas, para controle, identificação e solução de problemas nas pilhas de compostagem.....	10 7
Quadro 13. Ciclo de Reviramento das Pilhas de Compostagem.....	10 7
Quadro 14. Classificação dos Produtos que podem ser obtidos ao término do	10

processo, da finalização das pilhas...	8
Quadro 15. Formação dos meios para crescimento das plantas e preparação dos vasos. Verificação da germinação, do crescimento e do desenvolvimento das plantas.....	11 1
Quadro 16. Visualização dos pequenos seres vivos que atuam na compostagem, 1996.....	11 7
Quadro 17. Temperatura e tempo de exposição requeridos para a destruição de alguns patógenos e parasitas.....	11 8

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Relação quantitativa das Principais Fontes Geradoras de Caroços de Açaí em Laranjal do Jari.....	36
Tabela 02. Relação quantitativa das Principais Fontes Geradoras de Cascas de Castanha em Laranjal do Jari.....	39
Tabela 03. Consumo e entrega de fertilizantes, por Região, no Brasil, 2002-2004.....	68
Tabela 04. Composição gravimétrica física média do lixo domiciliar, nas cidades da Amazônia contempladas pelo projeto do Ministério do Meio Ambiente, 2004.....	72
Tabela 05. Quantidade de lixo coletado, por região brasileira, por tipo de destinação, 2002.....	73
Tabela 06. Amostras recolhidas e analisadas no dia 10-07-2006 (ANEXO A).....	130
Tabela 07. Amostras recolhidas e analisadas no dia 26-10-2007 (ANEXO A).....	130
Tabela 08. Amostras recolhidas e analisadas no dia 07-02-2007 (ANEXO A).....	130
Tabela 09. Amostras recolhidas e analisadas no dia 22-07-2007 (ANEXO A).....	130
Tabela 10. Distribuição experimental dos percentuais de resíduos para formação das pilhas de compostagem.....	80
Tabela 11. Resultados das análises das características químicas do composto orgânico produzido.....	87
Tabela 12. Comparação dos Resultados da Caracterização química do Composto produzido, com os dados levantados (ANEXO C).....	132
Tabela 13. Roteiro 01 - Descritivo da Coleta dos Resíduos – Caroços de Açaí.....	92
Tabela 14. Roteiro 02 - Descritivo da Coleta dos Resíduos – Casca de	92

Castanha.....	
Tabela 15. Resumo Descritivo do Sistema de Coleta Proposto, 2007.....	93
Tabela 16. Resumo do Dimensionamento com as áreas necessárias para as construções previstas.....	98
Tabela 17. Resumo da Mão-de-Obra e Quadro Funcional Proposto, conforme Organograma.....	100
Tabela 18. Equipamentos e Ferramentas a serem utilizadas pela Mão-de-obra para operar a unidade.....	101
Tabela 19. Materiais e acessórios necessários para a serem utilizados pela mão-de-obra.....	102
Tabela 20. Ações e Valores previstos para implantação do empreendimento, 2007.....	122
Tabela 21. Custos Totais para operação e manutenção (3 anos).....	122

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FIOCRUZ	Fundação Osvaldo Cruz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia
GEA	Governo do Estado do Amapá
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Amapá
RURAP	Instituto de Desenvolvimento Rural do Amapá
IEPA	Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá
UNIFAP	Universidade Federal do Amapá
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
M.M.A.	Ministério do Meio Ambiente
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
P.M.L.J	Prefeitura Municipal de Laranjal do Jari
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
ANDA	Associação Nacional para difusão de Adubos
AMA- Brasil	Associação dos Misturadores de Adubos do Brasil
M-Cidades	Ministério das Cidades
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
LESA-UFV	Laboratório de Engenharia Ambiental-Universidade Federal de Viçosa-MG
US EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - O PROBLEMA.....	18
1.1. Introdução.....	18
1.2. Objetivos.....	20
1.3. Delimitação da Pesquisa.....	21
1.4. Relevância do Estudo e Hipóteses abordadas.....	21
CAPÍTULO II - O MUNICÍPIO DE LARANJAL DO JARI.....	24
2.1. Contextualização Histórica.....	24
2.2. Contextualização Geográfica.....	26
2.3. Caracterização Física Municipal.....	28
2.4. Estudo sobre o Crescimento Populacional.....	31
2.5. Resíduos provenientes de Laranjal do Jari.....	32
2.5.1. <u>Fontes Geradoras de Carocos de Açaí</u>	33
2.5.2. <u>Fontes Geradoras de Cascas de Castanha</u>	37
CAPÍTULO III - OS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	40
3.1. Estudos iniciais para os Resíduos Sólidos e Caracterização.....	40
3.2. As formas de Tratamento e Disposição e de resíduos.....	44
CAPÍTULO IV - COMPOSTAGEM.....	45
4.1. Conceituação.....	45
4.2. Fatores de influência e controle.....	49
4.3. Informações históricas e Considerações relevantes sobre o processo.....	57
4.4. Evolução da Cura do Composto.....	59
4.4.1. <u>Considerações sobre o Composto</u>	60
4.5. A Relevância do Composto Orgânico para o Meio Ambiente.....	63
4.6. Levantamento da legislação específica aplicável.....	65
4.7. Situação dos resíduos, e da Compostagem, no Brasil e na Amazônia.....	68
CAPÍTULO V - METODOLOGIA DA PESQUISA.....	75
5.1. Disposições gerais.....	75
5.2. Resultados Obtidos.....	85
CAPÍTULO VI - A TÉCNICA DE COMPOSTAGEM PROPOSTA.....	88
6.1. Concepção do Projeto.....	88

6.1.1. <u>Análise social, ambiental e econômica da atividade proposta</u>	88
6.2. Sistema proposto para Coleta dos Resíduos.....	90
6.3. Dimensionamento das Pilhas, Pátios e Unidades.....	93
6.4. Formação de cada Pilha e Composição Percentual.....	99
6.5. Organograma do Gerenciamento e Quadro Funcional	99
6.6. Equipamentos, Ferramentas e Materiais a serem utilizados.....	101
6.7. Fluxograma de Operações e Rotina de Atividades.....	103
6.8. Controle Tecnológico, Monitoramentos e Ciclo de Reviramentos.....	105
6.8.1. <u>Término do Processo, finalização das pilhas e utilização do composto</u>	108
6.8.2. <u>Estocagem e análise do composto produzido</u>	112
6.9. Controle Ambiental e Gestão da Segurança.....	113
6.9.1. <u>Emissões gasosas e efluentes</u>	113
6.9.2. <u>Vetores e Microorganismos Patogênicos</u>	116
6.9.3. <u>Combate à incêndios e plano emergencial</u>	118
6.10. Cronograma.....	120
CAPÍTULO VII - CUSTOS COM A IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.....	121
CAPÍTULO VIII - CONCLUSÕES.....	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
ANEXOS.....	129
ANEXO A.....	130
ANEXO B.....	131
ANEXO C.....	132
ANEXO D.....	133

CAPÍTULO I - O PROBLEMA

1.1. Introdução

No Município de Laranjal do Jari, no Estado do Amapá, existe uma produção de alimentos dentro da área urbana, periurbana e rural que, de acordo com suas características peculiares podem ser considerados como agroextrativistas, ou até mesmo agroindustriais, uma vez que estão diretamente ligados ao mesmo tempo às práticas agropecuária, agrícola e extrativista e são vendidos ou beneficiados dentro da sua área urbana. Esses produtos geram resíduos que formam uma parcela importante do lixo urbano os quais não são recolhidos, mas vêm sendo dispostos de maneira inadequada nas ruas, terrenos e pátios, dentro da área urbana, e não são acondicionados, coletados ou transportados pela Prefeitura, tornando-se também um desperdício de materiais e de energia, além de problema ambiental.

A proposta apresentada a seguir não pode ser considerada como a solução definitiva para o tratamento dos resíduos agroextrativistas da localidade no Amapá, pois trata-se de uma pesquisa sobre a utilização do processo de compostagem, no tratamento para esses resíduos. Tal procedimento objetiva gerar um composto orgânico adequado para o solo, a partir do desenvolvimento de um processo convencional, podendo vir a se tornar uma saída sustentável para a administração municipal uma vez que a realização da coleta desses resíduos muitas vezes não vem acontecendo regularmente.

Segundo LINS (2001), outro aspecto importante é mostrar a possibilidade de se fazer reciclagem com os nutrientes dos resíduos da atividade agroextrativista local, uma vez que o solo local é arenoso, ácido, com poucos nutrientes, de baixa fertilidade, característico de *latossolos amarelos*, necessitando importar adubos, geralmente de procedências desconhecidas, ou até mesmo “restos orgânicos” de outras localidades, tais como estrume curtido de gado procedente do Município de Almeirim ou torta de mamona procedente do Município de Belém, como é feito atualmente.

Com a produção e utilização de um composto orgânico adequado às características locais será possível reter água e nutrientes, no solo, em áreas verdes, e na agricultura, ou

mesmo até recuperar as áreas degradadas existentes no município e, quem sabe, possa vir a ser utilizado em toda região amazônica.

Sabe-se que as práticas agrícolas perniciosas degradam o meio ambiente e que a falta de adubação e/ou correção da acidez do solo também são problemas típicos do referido município assim como na maioria das áreas da Amazônia (LINS, 2001).

A degradação do solo em Laranjal do Jari também vem sendo agravada pela ocupação desordenada, a falta de saneamento e a impermeabilização do solo através do asfalto e concreto. Geralmente na zona rural são utilizadas práticas de queimadas nas florestas nativas contribuindo com a retirada ou a destruição da camada de húmus natural da floresta amazônica, causando desequilíbrio e reduzindo drasticamente a fertilidade e a biodiversidade das terras do município de Laranjal do Jari.

A dissertação está estruturada em oito (8) capítulos. Sendo o primeiro capítulo destinado à introdução e as hipóteses levantadas, suas justificativas sobre a importância de se desenvolver o experimento e implantá-lo no local específico, seus objetivos gerais e específicos, e a abordagem sobre a delimitação temporal e espacial e suas limitações.

O segundo capítulo se resalta o Estudo de Caso no Município de Laranjal do Jari – AP, apresentando os aspectos históricos, características físicas, ambientais, demográficas, culturais, infra-estrutura básica e sobre os próprios resíduos utilizados. Tais levantamentos foram pertinentes à proposta, bem como algumas abordagens sobre o aproveitamento dos resíduos agroextrativistas e suas fontes geradoras no município.

Para o terceiro capítulo foram levantados e apresentados os conceitos sobre resíduos sólidos e seus respectivos marcos legais.

O quarto capítulo apresenta a técnica da compostagem como a melhor alternativa para se promover as técnicas com os experimentos, destacando os conceitos e os dados relevantes.

O quinto capítulo abordou sobre a Metodologia da Pesquisa seus meios e fins, situando o leitor sobre os instrumentos da pesquisa e como foi feita a coleta e análise dos dados das diferentes etapas do experimento realizado, resultados, e o levantamento bibliográfico.

O sexto capítulo trata da proposta para a realização da compostagem para o Município, seus detalhamentos para a concepção, planos futuros, dimensionamentos, parâmetros e métodos de controle, rotinas operacionais, composição das pilhas, plano emergencial e cronograma, apresentando ao final um sistema de coleta proposto.

O custo das atividades propostas ficou com o sétimo capítulo, a partir da análise econômico-financeira para o referido município. Por fim foram apresentadas as conclusões do trabalho, seguida das recomendações, e as referências bibliográficas.

1.2. Objetivos

Verificar, em projeto piloto, a possibilidade de utilização da compostagem nos resíduos agroextrativistas no município de Laranjal do Jari no Estado do Amapá a fim de reaproveitar esses resíduos, produzindo um composto orgânico com características adequadas às práticas agrícolas locais, e contribuindo para a melhoria dos serviços de Limpeza Urbana.

Logo, especificamente como objetivos, tem-se:

- Pesquisar em fontes bibliográficas especializadas a respeito da técnica de compostagem, bem como levantar as pesquisas mais recentes sobre o tema;
- Investigar no campo a disposição dos resíduos agroextrativistas no Amapá;
- Planejar, projetar e implantar uma pequena Unidade Piloto para realizar pesquisa de compostagem com os resíduos agroextrativistas, bem como realizar um estudo variação da composição percentual dos resíduos na formação das pilhas de compostagem;
- Identificar as características físicas percentuais, quantitativas e qualitativas dos resíduos agroextrativistas gerados no referido município, bem como do referido composto orgânico, verificando a sua possibilidade de utilização, comparando-o com outros compostos produzidos de características semelhantes;

- Propor uma técnica de compostagem específica para elaborar um composto orgânico adequado às necessidades da agricultura local;
- Dimensionar a área necessária para o funcionamento de um futuro Centro de Compostagem de resíduos agroextrativistas, bem como dos equipamentos auxiliares e o sistema de coleta proposto, verificando a sua viabilidade econômico-financeira.

1.3. Delimitação da Pesquisa

Os limites geográficos onde se deu a construção do objeto estudo é o Município de Laranjal do Jari, no Estado do Amapá, mais especificamente, em sua área urbana. As atividades de pesquisa iniciaram-se durante o segundo semestre de 2003 tomando forma de pesquisa científica monográfica no segundo semestre de 2005, durante a realização do Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Controle Ambiental, na Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca da FIOCRUZ no Rio de Janeiro, até maio de 2006. O desenvolvimento de pesquisa se ateve a estudos bibliográficos, e de campo no próprio Estado do Amapá, a partir de julho de 2006, detalhando-se sobre as origens dos resíduos a serem utilizados e procurando obter o máximo de informações para se executar a proposta.

Ressaltam-se as muitas dificuldades na obtenção dos dados, em relação à proposta de pesquisa ser de caráter inédito para o Estado do Amapá. Não foram identificados registros, até a presente data, junto às instituições de pesquisa locais: IEPA, EMBRAPA e UNIFAP. A ajuda financeira foi limitada a recursos próprios durante a elaboração da proposta, dificultando em muitos casos, os deslocamentos para o município de Laranjal do Jari-AP, já que o autor reside no Rio de Janeiro.

1.4. Relevância do estudo e Hipóteses abordadas

O estudo sobre tratamento de resíduos extrativistas em Laranjal do Jari, basicamente o caroço de açaí e a casca de castanha, no Amapá até o momento é pioneiro. A intenção de se implantar um Centro de Compostagem para propiciar estudos e desenvolvimento dessa tecnologia promoverá o tratamento de resíduos com importante reutilização de uma mistura de resíduos sem contaminação e a descoberta de um composto orgânico ideal tipo mulche (mistura) para as diversas espécies de plantas regionais da Amazônia, bem como para o solo, ao se reter água, nutrientes, sendo um suporte para a microfauna, etc.

De forma resumida a produção deste composto visa também agregar valor ao produto final, criando oportunidades de mais emprego e renda local; Reduzir os custos com insumos na agricultura; Implantar uma coleta seletiva e fomentar a atividade científica local. No entanto, para o caso do presente estudo no Município de Laranjal do Jari destacam-se as seguintes possibilidades:

- **Redução dos custos da produção agrícola na aquisição de insumos até o possível aumento do faturamento pelos agricultores:** Por se tratar de uma região localizada distante dos grandes centros (Belém, Manaus, Santarém) todos os fertilizantes utilizados na agricultura sofrem um aumento no valor, que onera os custos e compromete as boas práticas agrícolas. Espera-se com a pesquisa contribuir para melhorar as atuais condições, com a redução ou minimização da “importação de resíduos” e do desperdício de materiais locais, o que é um absurdo porque se trata do não aproveitamento das potencialidades dos materiais locais, além de gerar renda à outras localidades, quando são importadas “tortas de mamonas” de Belém, “estrume de boi” das fazendas do município de Almeirim, ou até mesmo “cascas de arroz” do Estado do Maranhão. Na ocasião da produção do composto orgânico também poderá ser fomentado o selo “produzido na Amazônia”, sem agrotóxicos, etc;
- **Abordagem de um segmento da limpeza urbana não enfocado anteriormente com implantação de destinação ambientalmente adequada para parcela específica do lixo urbano e implantação de uma coleta seletiva regular:** Foram constatadas diversas falhas em todos os planos de gerenciamento de resíduos apresentados no município, até o ano de 2006, quando também nenhum deles aborda este tipo de resíduo. No final do ano de 2005, a empresa JARI Celulose S.A recolheu caroços de açaí para experimento em queima, contribuindo para a redução de resíduos dispostos inadequadamente apenas de forma pontual, em algumas fontes de geração.
- **Geração de empregos e renda local com atividades sustentáveis e fomento a atividade eco-turística, científica, entre outras:** A possível implantação de um Centro de Compostagem para realização de pesquisa na área sul do Estado do Amapá é uma atividade produtiva sustentável, que pode agregar valor a um produto local e potencializar uma mistura de resíduos, bem como fomentar e propiciar sua utilização local e em toda região amazônica. A atividade turística à cidade de Laranjal do Jari é

comprometida pela questão da infra-estrutura, principalmente pela limpeza urbana deficiente. Uma possível unidade de compostagem (inédita), além de gerar empregos e renda local melhoraria parte dos aspectos atuais da falta de saneamento. A implementação da compostagem juntamente com um sistema de coleta regular melhoraria muito tanto a parte da limpeza da cidade, quanto auxiliaria o município no desenvolvimento de pesquisas, em um atrativo técnico e ambientalmente favorável.

Logo, mediante essas possibilidades, o presente estudo abordará, bem como deverá responder às seguintes hipóteses:

- Será que os resíduos agroextrativistas (caroço de açaí e casca de castanha) poderão ser utilizados em um processo de compostagem para produção de um composto orgânico, de qualidade adequada às necessidades locais?
- Qual seria a melhor composição percentual, para formação e montagem das pilhas de compostagem? Será que a quantidade percentual ou, em termos de volume desses resíduos interfere na qualidade e no tipo do composto a ser produzido?
- Será que há viabilidade (técnica, econômico-financeira) para implantar uma Usina de Compostagem a fim de aproveitar especificamente esses resíduos agroextrativistas?

CAPÍTULO II - O MUNICÍPIO DE LARANJAL DO JARI

2.1. Contextualização Histórica

Para compreender como se originou o município de Laranjal do Jari e como se desenvolveu até os dias de hoje, decorrente de alguns passivos históricos, resumiu-se a seguir, em ordem cronológica, conforme descrito por historiador da região.

Segundo Cristóvão Lins (2001) a 1ª Expedição à Região do Jari ocorreu em 1935, realizada pelo alemão Joseph Greiner a mando de uma família portuguesa que comprou as terras na região. Após dez anos de exploração e desbravamentos, em 1945 ocorreu a aquisição e o controle da empresa ICOMI, Empresa de Mineração de propriedade do Sr. Azevedo Antunes. Somente em 1948 começaram as atividades de pecuária, agricultura (café, cacau e pimenta-do-reino) e extrativismo de madeira, borracha e castanha-do-pará.

A partir de 1967, Daniel Keith Ludwig comprou todas as terras e benfeitorias, em uma área de cerca de 1.632.121 hectares, sendo 1.174.391 ha no Pará (Município de Almeirim) e 457.730 ha no Amapá (Município de Mazagão, hoje Laranjal do Jari, e Vitória do Jari), ocorrendo a Implantação do Projeto Jari (Jari Florestal e Agropecuária), que consistia de empresas dos segmentos: Florestal, Pecuária, Arroz, Hortigranjeiros, Fábrica de Celulose, Jazidas de Caulim; a construção da Cidade de Monte Dourado e de Silvivilas com toda Infraestrutura (portos, aeroportos, estradas,...). A partir de 1999, o Sr. Sérgio Amoroso (Grupo ORSA) comprou a empresa com uma reestruturação de dívidas da ordem de U\$ 415 milhões, herdando um novo passivo sócio-ambiental (LINS, 2001).

Através dos desbravamentos e dos investimentos, desde a década de 30 surgiu então o Município de Laranjal do Jari, mais conhecido como “Beiradão”, na década de 80, criado pela lei nº 7639 de 17-12-1987, desmembrado do município de Mazagão. Possuindo dezenove (19) anos de existência, hoje é o terceiro município do Amapá em quantidade populacional (37.491 habitantes, segundo contagem da população do IBGE, 2007) e o maior em termos territoriais (30.966 km² segundo o IBGE, 2007). Quanto ao grande passivo sócio-ambiental citado

anteriormente, estão incluídas as áreas de palafitas de Laranjal do Jari devido ao surgimento do “Projeto Jari”, empreendido a partir da década de 70 (LINS, 2001).

Como se tratava de um projeto de grande porte, a empresa necessitava de bastante mão-de-obra. Motivados pelo afã nacionalista das décadas de 60 e 70, visando melhores condições de vida, muitos trabalhadores dirigiram-se para a cidade de Monte Dourado, no Município de Almeirim (vizinho), no Estado do Pará (LINS, 2001).

Muitos trabalhadores foram contratados de forma indireta e temporária, por empresas empreiteiras que não lhes asseguravam os direitos trabalhistas, bem como os trabalhadores dispensados da Companhia Jari, não dispunham de recursos nem para moradia, nem tampouco para retornar aos seus lugares de origem. A maioria foi obrigada a procurar viver na margem esquerda do rio Jari, onde havia um pequeno povoado, em palafitas, sem as mínimas condições de higiene e sobrevivência. Com o passar do tempo, surgiu o “Beiradão”, que se tornou conhecido como a maior favela fluvial do mundo e uma das populações mais pobres e violentas do mundo. A prostituição e a criminalidade também chegaram a índices alarmantes até a década de 90 (LINS, 2001).

Grande parte hoje do centro urbano foi aterrado, e possui energia elétrica, postos de saúde, postos de atendimento médico e recentemente foi inaugurado um hospital modelo equipado e com pessoal treinado. A segurança está dentro dos padrões de normalidades e as principais ruas da cidade foram asfaltadas. As inúmeras boates que sobreviveram aos constantes incêndios, provocados pelo aglomerado de palafitas altamente inflamáveis, foram transformadas em escolas e as pessoas constantemente desabrigadas por incêndios estão recebendo casas construídas. A economia do município está centrada basicamente na exploração dos recursos naturais como a mineração e o extrativismo vegetal, este último tendo como principal atividade a extração da “Castanha-do-Pará”.

Laranjal do Jari que foi criado oficialmente em 1987, tendo suas origens ligadas a episódios da história de colonização do rio Jari e, mais recentemente, às influências socioeconômicas decorrentes da implantação e funcionamento do Projeto Jari, ainda hoje convive com situações contraditórias, ora se defrontando com a busca de nova identidade produtiva, ora com soluções de problemáticas estigmatizadas, traduzidas pelas precárias condições de vida das palafitas. No entanto, ganha contornos de cidade civilizada, bem como é a localidade de referência e a mais desenvolvida, com a maior infra-estrutura da região do

Jari, em termos de praças, ginásios poliesportivos, bancos, telefonia, prédios comerciais e estatais, supermercados, bares-lanchonetes, cybers, hospital, emissoras de rádio, repetidoras de TV, corpo de bombeiros, PM, escolas, etc (GEA, 2006).

2.2. Contextualização Geográfica

O Município de Laranjal do Jari localiza-se no Sudoeste do Estado do Amapá na Meso Região Sul, Micro-região geográfica 004 e região Sul do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Amapá. É o maior município em extensão territorial, com 31.170,30 km², ocupando aproximadamente 21,72% da área total do referido Estado. É válido ressaltar que no ano de 1994 foi desmembrada de Laranjal do Jari uma área de 2.428,00 km² para ser criado o Município de Vitória do Jari. Laranjal do Jari possui como limites os municípios amapaenses: Mazagão, Pedra Branca do Amapari, Oiapoque a leste e Vitória do Jari ao sul. Faz divisa com o Estado do Pará (Município de Almeirim) a oeste e com os países: Suriname e Guiana Francesa ao norte. Essas informações podem ser visualizadas na Figura 01 (IBGE, 2000):

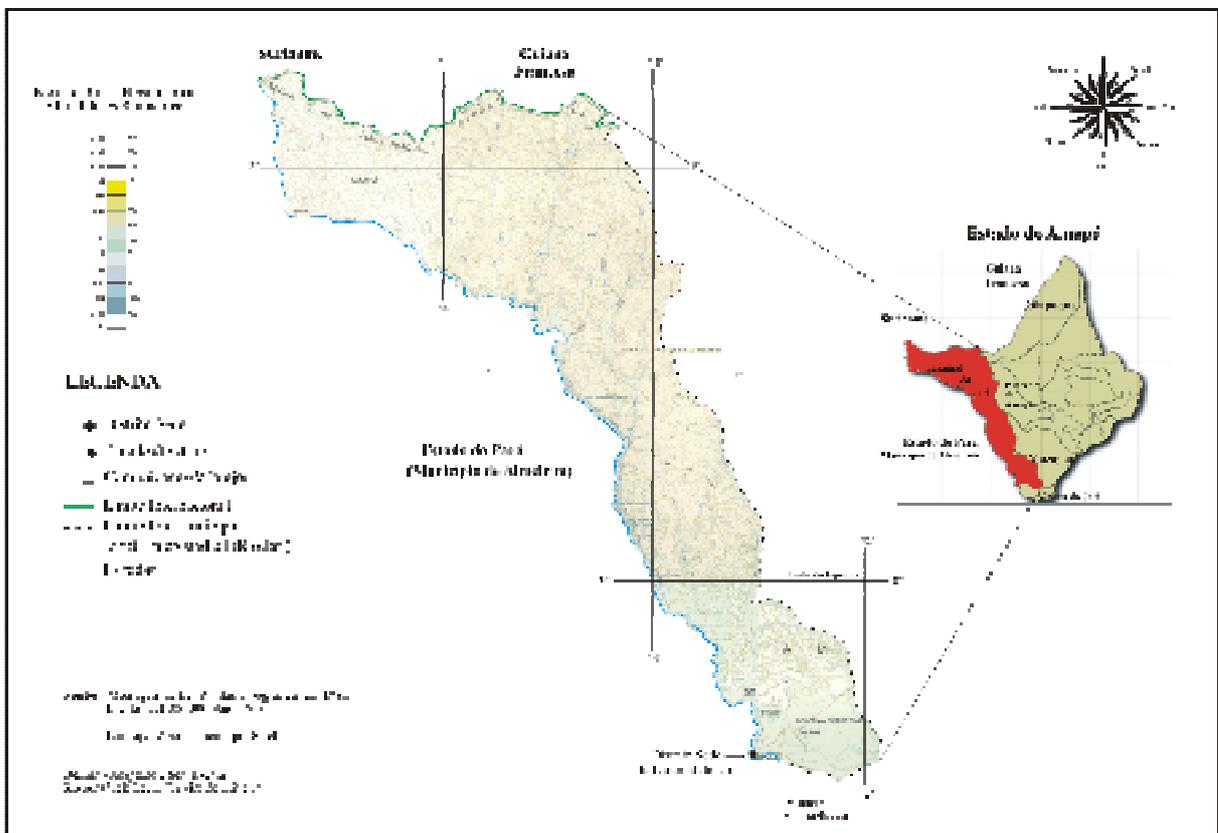


Figura 01. Divisão Geo-Política do Estado do Amapá e limites do Município de Laranjal do Jari

(Sem Escala / Em vermelho: Município de Laranjal do Jari – Fonte: IBGE, 1998)

A sede municipal está situada ao sul do município, à margem esquerda do Rio Jari, conforme indicado na Figura 01.

Possui altitude em trono de 50 metros acima do nível do mar, Latitude 01°00'31" e Longitude (WG) de 50°00'31". Tem acessos fluvial (Rio Jari), aéreo e por via terrestre pela BR-156, ficando distante da capital do Estado (Macapá), cerca de 260 km. Como se pode observar na Figura 02 a seguir, o Estado do Amapá possui mais de 94% da área preservada, assim como praticamente todo o referido município está bem preservado, em termos de florestas intactas e de ocupação do solo. A densidade populacional de Laranjal do Jari está em torno de 0,91 habitantes por km² (GEA, 2006). Os detalhes, nas Figuras 02 e 03 a seguir:



Figura 02. Foto do satélite BrasilSAT01 (2005) com a delimitação da área total do Município de Laranjal do Jari (em amarelo) e em vermelho (círculo), a indicação da localização do Distrito Sede – Foco do trabalho, com posterior ampliação. (Sem Escala). Fonte: EMBRAPA, 2005.

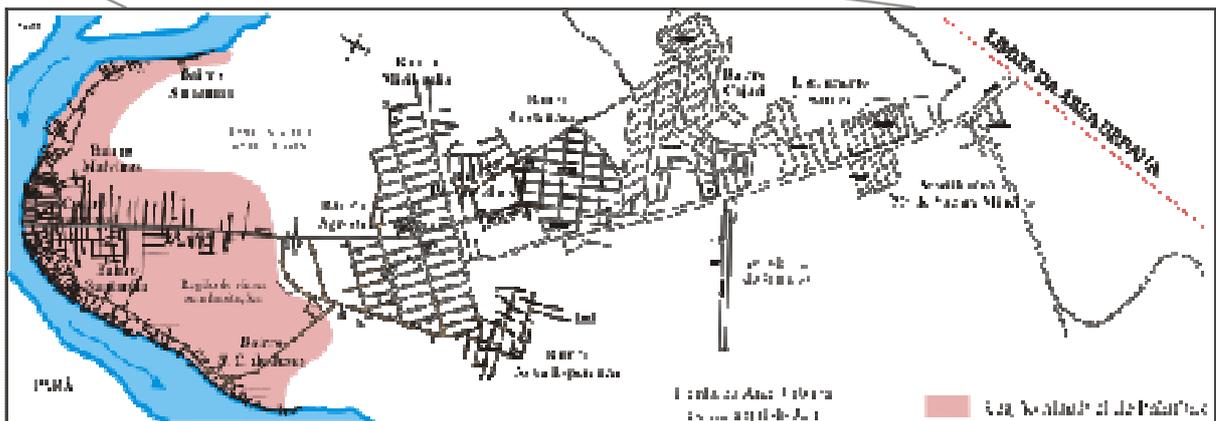


Figura 03. Planta baixa esquemática do distrito sede do Município de Laranjal do Jari, e seus bairros

(Sem escala / Em azul claro: Rio Jari. Fonte: PMLJ, 2006)

Como pode-se observar nas Figuras 01, 02 e 03 anteriores, o distrito sede do maior município do Estado do Amapá, em extensão territorial, constitui-se em uma cidade de pequeno porte, bem como sua área patrimonial restringi-se à menos de 1% da área total municipal ou cerca de 32 km² somente. Tal problema territorial, acarreta outros problemas de cunho sócio-ambiental, político e de desenvolvimento, os quais serão melhor abordados, e com mais detalhes a seguir.

2.3. Caracterização Física Municipal

Segundo LINS (2001) a fisiografia do Município de Laranjal do Jari destaca a contribuição das bacias hidrográficas dos rios Jari e Cajari bem como a presença de um domínio de florestas densas de terra firme que ocupa integralmente todo o Município de Laranjal do Jari (conforme visto na foto do satélite anteriormente no item anterior), em uma extensão de mais de 30.000 km². Em quase toda essa extensão, esse domínio é destacado por tipologias de floresta densa de baixos platôs, sendo as principais características:

- Riquezas em essências (espécies): Madeiráveis (maçarandubas, acapus, angelins, louros, cupiubas, etc); Resiníferas (breus, jatobás, etc); Oleaginosas (copaíbas, virolas, bacabas, andirobas, etc); Laticíferas (sorvas, maçarandubas, etc); Fibrosas (cipó-titica, enviveiras, timbó-açu, imbé, etc); Medicinais (Amapá doce e amargo, etc) e Frutíferas (bacabas, açaí, piquiá, etc);
- Presença de unidades geológicas com vocação mineral representadas pelas seqüências Greenstone belt com destaque para a ocorrência de ouro;
- Maior área de distribuição de castanha-do-Brasil do Estado do Amapá;
- Cachoeiras e corredeiras no médio e alto curso (terraços aluviais) do Rio Jari;

- Sequências latossólicas/podzólicas, em relevo suave ondulado;
- Sequências localizadas de relevo acidentado e Baixa fertilidade dos solos. Na parte norte do relevo, encontra-se o Planalto cristalino das Guianas. Ao Nor-nordeste encontra-se a Serra do Tumucumaque e a Leste a Serra do Iratapuru.

Quanto às divisões fisiográficas do distrito sede: O relevo da parte sul caracteriza-se por uma faixa de planície amazônica, sujeita a inundações periódicas. Quanto ao solo predominam os latossolos vermelho-amarelos. O clima é tropical chuvoso, com temperaturas de 32,6 - 20°C. As chuvas ocorrem nos meses de dezembro a agosto, atingindo um pico de até 3.000 mm. A estação de menos chuvas ocorrem de setembro até a metade do mês de dezembro, quando podem ocorrer temperaturas maiores que a máxima supra citada.

Quanto à economia do distrito sede: Há criação de gado bovino e bufalino (maior proporção), assim como cultivo de arroz, abacaxi, banana, cupuaçu, feijão, laranja, milho, melancia e mandioca. Há também extrativismo mineral (ouro e caulim) e vegetal (palmito, açaí e castanha-do-Brasil), com fabricação de farinha, óleo da castanha-do-Brasil, tijolos e móveis. O comércio é o setor mais importante de desenvolvimento do distrito sede e da região, além de possuir também bares, boates e alguns hotéis (IBGE, 2000).

Conforme visto na Figura 03 a população do distrito sede, em torno de 63,4 % dos habitantes (IBGE, 2000) vivem em áreas alagáveis em palafitas, e de acordo com dados oficiais coletados no local, existem cerca de 3.800 imóveis de palafitas cadastrados, em áreas alagáveis – grande área hachurada em vermelho claro da Figura 03 (TERRAP-LJ, 2002).

Para uma média de 4,4 pessoas por imóvel, estima-se que cerca de 17.000 pessoas vivem na parte baixa da cidade, considerada a maior favela fluvial da Amazônia e do mundo, segundo LINS (2001), a área de estudo (distrito sede) compreende cerca de 32 km² de área útil. Somente as áreas de palafitas correspondem à 25% da área urbana (3.200 ha). Logo, é importante informar outras peculiaridades relevantes, e que também estão entre os motivos para escolha deste município como objeto de estudo:

- **Os problemas territoriais:** Sendo o maior município do Estado, somente 0,1% ou cerca de 32 km² do distrito sede não são reservas legais. Ou seja, não há espaço territorial para expansão urbana atualmente, o que gera invasões, problemas da falta de

assentamentos e grande especulação imobiliária. O Município de Laranjal do Jari possui um total de sete (7) grandes áreas de preservação, abrangendo 99,9% do seu território, tornando-se o Município, como dito anteriormente, o mais preservado do planeta (PMLJ, 2006). A Figura 04 mostra essas situações:

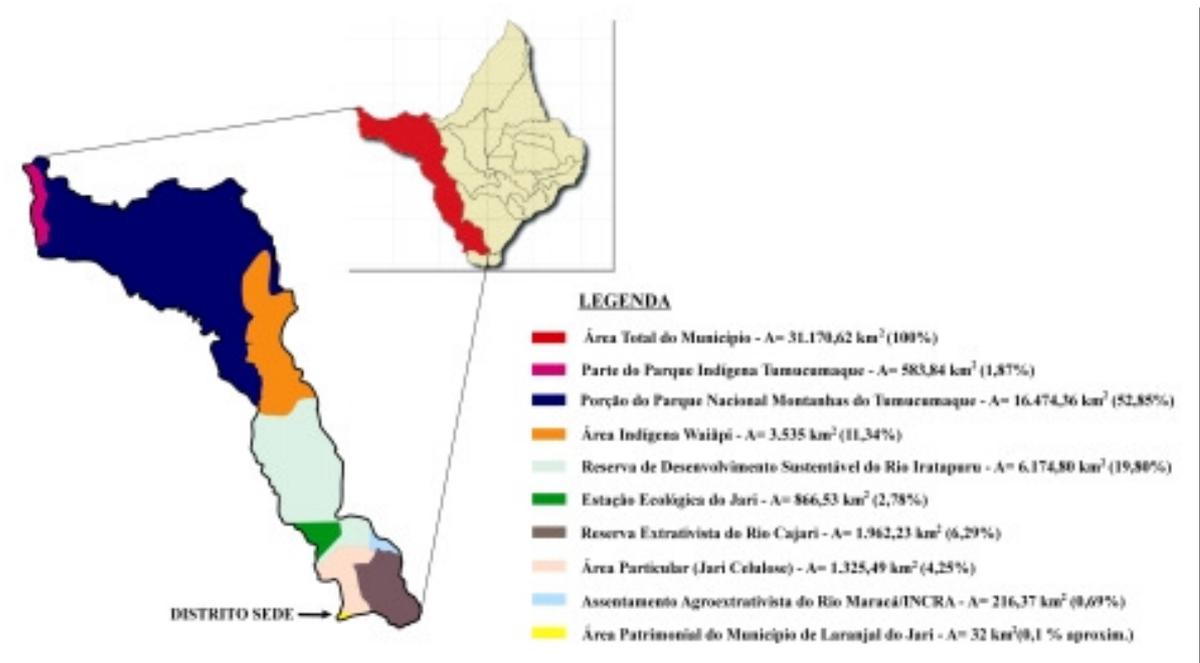


Figura 04. Divisão Territorial Municipal – Áreas dentro do Município e suas respectivas jurisdições

Fonte: IEPA/ZEE, 2003 (*Sem escala / Em amarelo claro: Distrito Sedei*) – Adaptado pelo autor

- **Localização em região estratégica de desenvolvimento, com elevado potencial eco-turístico:** O Município, principalmente o seu distrito sede localiza-se na Região do Jari (pólo industrial, comercial e extrativista), na região sul do Estado do Amapá, próximo à cachoeira de Santo Antônio e do pólo industrial do Município vizinho de Almeirim (PA). As Figuras 05 e 06 ilustram o exposto:



Figura 05. Vista da cachoeira de Santo Antônio, Rio Jari Industrial, localizado na margem Jari, a jusante de Laranjal do Jari, Almeirim, Estado do Pará

Figura 06. Vista do Pólo direita do Rio no município de

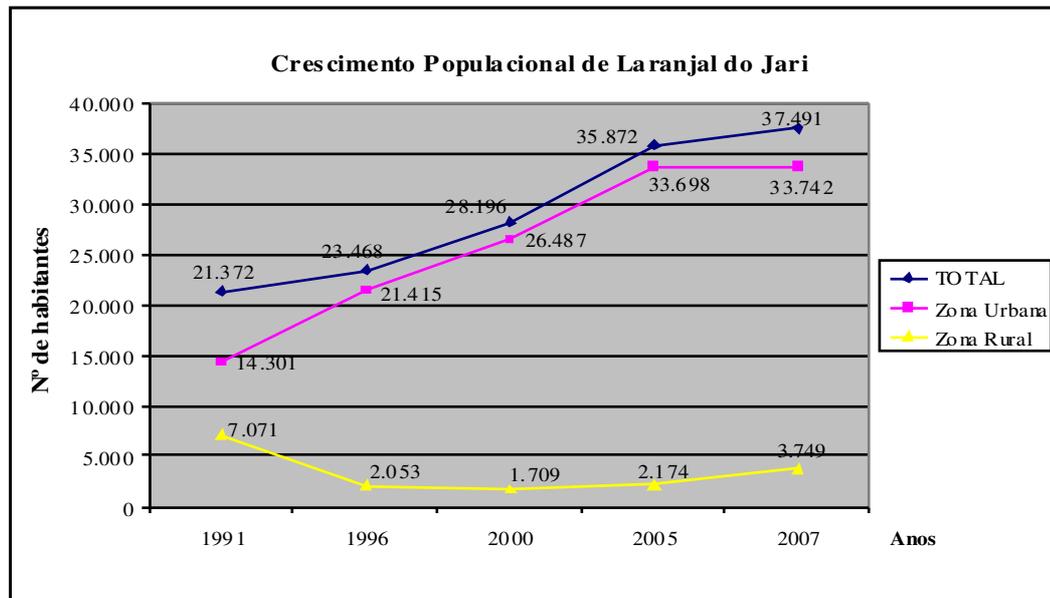
Como percebido na Figuras anteriores, Laranjal do Jari é drenado pelo rio Jari e seus afluentes da margem esquerda, tendo como principal atração, a cachoeira de Santo Antônio, considerada uma das mais belas do Brasil. Fica à montante do distrito sede, cerca de 40 minutos de catraia (“voadeira” - pequeno barco a motor), rio acima.

Laranjal do Jarí possui, de potencial turístico, um vasto território com belíssimos recantos naturais. Além da diversidade dos seu ecossistema, há de se ressaltar a excepcional beleza de seus recursos cênicos naturais como a “cachoeira de Santo Antônio”, com suas inúmeras quedas cercadas de florestas; o rio Jari com suas praias fluviais que se traduzem em freqüentados balneários; os castanhais e a fauna exótica da Amazônia (GEA, 2006).

- **Problemas Socio-ambientais e de Infra-Estrutura Urbana:** Dentre os vários problemas podem-se destacar: Presença de áreas sujeitas a inundações periódicas e enchentes (cerca de 50 % da área do distrito sede); áreas sujeitas e propícias à incêndios (Casas de madeira, lixo seco acumulado, etc); Muitas áreas periféricas, de invasões e com elevado índice de criminalidade e prostituição; Regiões da cidade insalubres devido a umidade excessiva, gases e vetores; Áreas de microbacias de drenagem com elevada degradação hídrica, entre outros (TERRAP-LJ, 2002).

2.4. Estudo sobre o Crescimento Populacional

Segundo informações do IBGE (2000), o distrito sede do município concentra cerca de 94% dos habitantes de todo o município, o que corresponde a aproximadamente 37.500 habitantes, calculado sobre estimativas do IBGE para o ano de 2007, mostrado na Figura 05:



Fontes: Censos Demográficos - 1991 e 2000 – IBGE

Contagens Populacionais – 1996, 2005 e 2007 - IBGE

Figura 07. Gráfico da Evolução (crescimento) populacional de Laranjal do Jari, entre 1991 a 2007.

A tendência natural do crescimento populacional foi estimulada pela migração tradicional do aspecto econômico da região, bem como da implantação de empreendimentos tais como: Hidrelétrica de Santo Antônio, Ponte sobre o Rio Jari e Cais do Porto, Implantação de loteamentos e pequenas melhorias da infra-estrutura urbana; Asfaltamento da BR-156, bem como o fomento do comércio local, entre outros. As últimas catástrofes ocorridas no local, entre elas: a grande enchente no ano 2000 e incêndio no Centro Comercial em 2006 também estimularam a migração no município, assim como os últimos processos de regularização fundiária mostraram que devido á facilidade de aquisição de terrenos nas áreas alagáveis ou não e a falta de controle/ordenamento urbano, e a não execução do plano diretor, a falta de

fiscalização por parte do poder público em Laranjal do Jari, também estimularam o processo de migração e contribuíram para o crescimento e a ocupação das áreas municipais.

Trabalhadores das grandes empresas locais (geralmente oriundos dos estados do Nordeste), ao serem demitidos ou no caso do encerramento das atividades de algumas “Silvivilas” no município de Almeirim no Pará, pertencentes à empresa JARI Celulose S.A., entre elas: São Miguel, São Raimundo e Bananal, fizeram com que boa parte dos mesmos constituísse família e se instalassem principalmente nas áreas periurbana ou urbana do município de Laranjal do Jari; Em relação ao decréscimo rural acentuado é válido ressaltar que a maior contribuição deve-se ao fato que no ano de 1994 foi desmembrado de Laranjal do Jari uma área de 2.428,00 km² e criado o Município de Vitória do Jari. Alia-se a isto o processo natural de êxodo rural ao longo dos anos, bem como parte da população rural e periurbana de Laranjal do Jari, não residir nas respectivas áreas o ano todo, possuindo residência também na área urbana.

Como observado, a população de Laranjal do Jari terá um acréscimo significativo com elevada taxa de crescimento conforme mostrado na evolução do gráfico da Figura 07. Com isso, a população tem sua influência e uma relação direta com o aumento da quantidade de lixo gerado no local, e também através do consumo de alimentos. Por isso faz-se necessário, a utilização de medidas e projetos que venham a minimizar os impactos causados pelos resíduos dispostos inadequadamente bem como pela ocupação desordenada do solo e sua conseqüente degradação através da disposição inadequada do lixo.

2.5. Resíduos provenientes de Laranjal do Jari

O extrativismo, assim como as atividades agrícolas de Laranjal do Jari constituem-se indiretamente nas fontes geradoras dos resíduos agroextrativistas que serão utilizados na produção do composto orgânico, em Laranjal do Jari. A listagem com a seleção dos resíduos, e suas características que existem devido ao consumo, associado diretamente à produção, bem como suas características estão a seguir, no Quadro 01:

Quadro 01. Caracterização das Fontes e dos Resíduos Gerados no Município, por atividade Agroextrativista, 2007

Nome do Resíduo	Descrição e Formação/Constituição	Período de Geração (Meses no Ano)	Locais de Geração (Áreas)
Caroços de Açaí (¹)	Caroços e cachos do fruto	12 meses	Urbana e Rural
Cascas de Castanha	Ouriços, cascas grossas, películas e castanhas estragadas (germinadas)	4 meses	Urbana e Rural

(¹) Embora haja um período de safra, ocorre uma variação da produção, mas considerou-se o consumo, bem como a produção de caroços constante, mesmo porque há o período de consumo de bacaba e/ou açaí branco. Fonte: Oliveira, D. F. (2007)

Como se pode observar, parte dos resíduos gerados e escolhidos estão associados ao seu período de safra bem como à determinados períodos ao longo do ano, o que não restringe a sua utilização ou elimina a sua importância na composição do composto orgânico. Vale ressaltar também que os resíduos foram escolhidos devido ao volume da geração diária, que é desperdiçado por parte dos produtores, onde em poucos casos utilizam-se esses resíduos isoladamente, ora como uma espécie de adubo, como é o caso do caroço do açaí, ora como alimento para pequenos animais, como é o caso das cascas de Castanha.

A seguir estão dispostas detalhadamente as principais fontes específicas geradoras de resíduos que servirão de base para produção do composto para agricultura, de Laranjal do Jari, suas localizações e descrição do resíduo quanto às suas características, quantidade de produção, entre outras informações importantes:

2.5.1. Fontes Geradoras de Caroços de Açaí

Tradicionalmente em toda a região, bem como na cidade é muito grande o consumo do “suco de açaí” e, conseqüentemente, grande também a produção de caroços que comumente são jogados próximos às batedeiras onde ficam apodrecendo e raramente são recolhidas pela Prefeitura ou aproveitados em pequenos canteiros domésticos. Em Laranjal do Jari, segundo estatísticas da Secretaria Municipal de Agricultura, a média volumétrica da lata de fruto comercializada é de 8 litros/lata, bem como a média de latas por batedeira é estimada em 10 latas/dia, ou seja, para efeito de cálculos, admite-se que são produzidos na faixa de 60 a 80 litros/dia de caroços deste fruto, por batedeira.



Figura 08. Foto de uma máquina bateadeira do açai que faz a extração do suco (separação da polpa e dos caroços). Fontes diretas de produção de resíduos “caroços de açai”, onde são recolhidos, segregados na origem, sem contato manual



Figura 09. Foto tirada da calçada a frente de uma bateadeira de açai, na Avenida Alvorada no bairro Agreste. Detalhe para o monte de caroços, ensacados para facilitar a remoção pela coleta da limpeza urbana (caso isolado).



Figura 10. Foto tirada no terreno ao lado da Escola Municipal Weber Quemel, na Avenida Tancredo Neves, em frente à bateadeira do Nivaldo no Centro Comercial. Detalhe para o monte de caroços, ensacados para facilitar a remoção pela coleta da limpeza urbana (caso isolado).



Figura 11. Foto dos fundos da bateadeira do Nivaldo, situada na Avenida Tancredo Neves, no Centro Comercial, onde são depositados os caroços de açai. Detalhe para a montanha de caroços, dispostas na área de várzea, abaixo das palafitas. Montanha com cerca de 3 metros de altura.



Figura 12. Foto da Batedeira do Guilherme, situada na Avenida Tancredo Neves bairro Agreste (próximo à feira agroextrativista). Detalhe do monte de caroços de açaí jogados na calçada. Montanha de 2,0 metros de altura.



Figura 13. Foto de uma Batedeira situada na Avenida Tancredo Neves, esquina com a Passarela Boa Esperança no Centro Comercial. Detalhe dos caroços jogados abaixo das palafitas, junto com lixo domiciliar, em área alagável.



Figura 14. Foto de uma Batedeira situada na Avenida Tancredo Neves, no Centro Comercial. Detalhe dos caroços jogados ao lado do estabelecimento comercial.



Figura 15. Foto mostrando o quintal de uma bateadeira (fundos), localizada na Avenida Tancredo Neves, no Bairro Castanheira, onde são amontoados e armazenados os caroços de açaí por tempo indeterminado. Detalhe para a montanha de caroços, com mais de cinco (5) metros de altura. Ao lado do Supermercado Berlim III.

As Figuras: 08 a 15 apresentam uma visualização da quantidade real de caroços de açaí que são considerados lixo, sendo dispostos inadequadamente ou sem nenhum tipo de aproveitamento, tanto por parte dos produtores de caroços (Batedeiras), quanto pela Prefeitura

Municipal, que não recolhe ou faz a remoção dos caroços. As fotos foram tiradas pelo autor, no período de julho de 2006 a Julho de 2007.

Através de estudos da EMBRAPA (2000) constatou-se que o açaí é rico em antocianina (substância anti-oxidante) que ajuda no combate ao colesterol e radicais livres do organismo humano. Além de ser considerado um dos alimentos que contém ferro, é também rico em fibras, lipídios, vitamina C, E e Minerais (Ferro, Sódio, Potássio, Cálcio, Magnésio, Fósforo). Ainda de acordo com a referida empresa e suas pesquisas foram identificadas, até o ano de 2007, quatro (4) usinas de triagem e compostagem diferentes no Estado do Pará, utilizando o processo de compostagem em leira estática aerada, com ventilação natural e revolvimento manual a cada três dias (com cerca de 30% de lixo orgânico urbano (logo após a separação dos resíduos), 40% de capim e 30% de caroço de açaí triturado, arrumados em camadas na altura de 1,30 m). O composto orgânico estabilizado de lixo orgânico, capim e caroço de açaí apresenta a composição química média, descrita no Quadro 02:

Quadro 02. Características do composto orgânico obtido a partir de caroço de açaí, lixo urbano e capim.

Componente	Quantidade
Nitrogênio	3,55%
P ₂ O ₅	2,43%
K ₂ O	1,18%
Cálcio	3,49%
Magnésio	0,33%
Enxofre	0,96%
Ferro	0,62%
Boro	213 mg kg ⁻¹
Cobre	149 mg kg ⁻¹
Manganês	737 mg kg ⁻¹
Zinco	267 mg kg ⁻¹
Matéria orgânica	69,25%
Relação C/N	11/1
pH	6,42

Fonte: EMBRAPA, 2004. Pesquisas realizadas nas usinas de compostagem da Albras - Alumínio Brasileiro S.A. - Vila dos Cabanos, no Município de Barcarena, outra no Município de Moju, a terceira no Município de Abaetetuba e a quarta em Igarapé-Miri.

De acordo com a EMBRAPA, para cada tonelada de composto orgânico, são encontrados, em média, 71,6 kg de $N+P_2O_5+K_2O$; 34,9 kg de Ca, 3,3 kg de Mg e 9,6 kg de S, bem como o rejeito da peneira, que representa cerca de 20% a 25% e, é utilizado na formação de novas leiras para inocular microorganismos. O composto orgânico estabilizado de lixo orgânico, caroço de açaí e capim, produzido no período de janeiro de 2001 a abril de 2002, na unidade de compostagem de Vila dos Cabanos, com capacidade operacional de até 25 t/dia de lixo urbano, apresentou os seguintes valores médios para as características químicas: 30,37 g/kg de N; 25,97 g/kg de P_2O_5 ; 30,60 g/kg de K_2O ; 70,88 g/kg de Ca; 12,92 g/kg de Mg; 3,72 g/kg de S; 6,62 de pH; 6,87 de relação C/N e 208,64 g/kg de carbono. Os teores de metais pesados estavam abaixo dos limites estabelecidos pela NBR 10004, 2004 - Resíduos Sólidos, da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Nos resultados médios das análises do composto, a partir de lixo orgânico urbano, caroço de açaí e capim, observaram-se valores para N, P_2O_5 , e Ca inferiores, e K_2O , Mg^{++} e S superiores aos encontrados por Teixeira et al. (2000), em composto orgânico produzido na mesma unidade de compostagem, usando lixo orgânico urbano e capim, no início do processo em 2000. Composto orgânico estabilizado, produzido por uma unidade de compostagem de lixo orgânico no Município de Coimbra, MG, apresentou valores médios de 1,3% de N, 1,3% de P, 0,25% de K, 23,5% de umidade, 30% de sólidos solúveis, 70% de sólidos fixos, 7,3 de pH, e 17% de carbono (Pereira Neto, 1995). Os dados contrastam com os do Quadro 03.

Quadro 03. Quantidades médias, na matéria seca, de duas amostras de composto orgânico coletadas na Unidade de Compostagem e Reciclagem de Lixo Urbano da Vila dos Cabanos, no período de agosto a dezembro de 2002.

Componentes	Referência	Quantidade
Nitrogênio	N g/kg	30,5
Fósforo (total)	P_2O_5 g/kg	33,3

Potássio	K ₂ O g/kg	10,2
Cálcio	Ca ⁺⁺ g/kg	53,8
Magnésio	Mg ⁺⁺ g/kg	3,9
Enxofre	S g/kg	2,9
Boro	B mg/kg	1.224,8
Cobre	Cu ⁺⁺ mg/kg	174,0
Ferro	Fe ⁺⁺ mg/kg	8.045,0
Manganês	Mn ⁺⁺ mg/kg	282,0
Zinco	Zn ⁺⁺ mg/kg	264,5
Matéria Orgânica	MO g/kg	401,5
Relação C/N	C/N	6,5
PH	PH	6,8

Fonte: EMBRAPA, 2002

Para fins de dimensionamento do sistema de coleta, transporte e acondicionamento, e de acordo com o levantamento realizado no distrito sede de Laranjal do Jari, as principais fontes geradoras de caroços de açaí, utilizadas na pesquisa estão relacionadas na Tabela 01:

Tabela 01. Relação quantitativa das Principais Fontes Geradoras de Caroços de Açaí em Laranjal do Jari, 2007

Resíduo	Fontes Geradoras (Locais de Coleta)	Endereços	Volume Produzido (litros/dia)
----------------	--	------------------	--------------------------------------

	Batedeira do Nivaldo	Av. Tancredo Neves - Vila do Ovo	150
	Batedeira da Darlene	Av. Tancredo Neves - Agreste	80
Caroços de Açaí	Batedeira do Mariho	Av. Tancredo Neves - Liberdade	80
	Batedeira do Dico	Av. Tancredo Neves - Liberdade	80
	Batedeira Guilherme	Av. Tancredo Neves - Agreste	80
TOTAL			470

OBS: A bateadeira do Nivaldo, independente da época do ano, é a maior fornecedora de caroços de açaí.

Fonte: Oliveira, D. F. (2007)

2.5.2. Fontes Geradoras de Cascas de Castanha

Uma atividade tradicional na região do Jari é a extração de castanha do Brasil. Durante o período da safra, que vai de fevereiro a junho de cada ano são gerados muitos empregos, movimentando a economia, principalmente em Laranjal do Jari. Parte da produção de castanha é direcionada para a fábrica da COMAJA – Cooperativa Mista Extrativista Vegetal dos Agricultores de Laranjal do Jari que, de acordo com informações do presidente Sr. Raimundo Nogueira a cooperativa recebe mensalmente cerca de 70 toneladas, ou \pm 250 toneladas de castanha durante a safra, dos quais, cerca de 30 toneladas (12%) são ouriços, cascas grossas, películas e castanhas estragadas (germinadas). Essas castanhas germinadas ou podres estão sendo aproveitadas para produção de óleo (prensadas) ou mesmo trituradas e aproveitadas como fertilizante em hortas e/ou ração para galinhas, pela vizinhança interessada. Segundo as informações do Sr. Nogueira da COMAJA (2007) e para efeito de cálculos será adotado uma produção total de resíduos igual a 8400 kg/mês.



Figura 16. Foto e vista frontal da fábrica COMAJA principal fonte de cascas de castanha, na Avenida Tancredo Neves bairro castanheira (em frente a Escola Mineko Hayashida).



Figura 17. Vista do Setor de Descascamento da COMAJA, fonte direta para produção de resíduos “cascas de castanha”



Figura 18. Detalhe do ducto de descarga para as cascas de castanha, oriundas do setor de descascamento, na lateral direita da fábrica, onde são segregadas, coletados e transportados até a caldeira para queima e produção de vapor.



Figura 19. Foto da caldeira da fábrica da COMAJA e vista dos montes de cascas de castanha dispostas, que serão utilizadas para geração de vapor, utilizado na fábrica.



Figura 20. Foto das cinzas da queima das



Figura 21. Foto do local de armazenamento

cascas de castanha, dispostas no terreno, sem aproveitamento. Detalhe dos montes de cascas de castanha aguardando entrada na caldeira par ser queimadas.



Figura 22. Foto de películas retiradas das amêndoas das castanhas, no setor de descascamento fino. Subproduto que torna-se lixo e pode ser aproveitado na produção do composto orgânico.



Figura 23. Foto de castanhas germinadas (estragadas) ensacadas no setor de triagem, na COMAJA. Após a trituração poderá ser aproveitado para produção de composto orgânico.

Os resíduos: cascas e ouriços de castanha provenientes da unidade de descascadoras são aproveitados e incinerados para geração de energia e vapor na Caldeira. As cinzas provenientes desta queima são dispostas no próprio terreno. As "películas" das amêndoas, bem como as "tortas" (produto da prensagem), ou vão para a produção de biscoitos ou são utilizadas como fertilizante em hortas e/ou ração para galinhas, pela vizinhança interessada.

A castanha do Brasil contém proteínas e gorduras, vitaminas A, D, K e E além de Magnésio, Cálcio e Selênio que é um mineral anti-oxidante. Seu óleo está sendo muito utilizado também para fabricação de produtos farmacêuticos, cosméticos e sabonetes, além da amêndoa, para diversos produtos alimentícios. A castanha tem reconhecido valor nutricional, decorrente de sua composição em lipídeos e proteínas. As castanhas apresentam 60 a 70% de lipídeos e 15 a 20% de proteína, sendo que o óleo, apesar de comestível, ainda não é largamente comercializado. A castanha é semente da castanheira, *Bertholletia excelsa*, planta da família das Lecitidáceas (EMBRAPA, 2000).

O óleo da castanha apresentou estabilidade intermediária, atribuída ao seu alto teor em ácidos graxos insaturados (41,2% de oléico e 36,1% de linoléico). Contêm ainda vitamina B1, PP, Fósforo e Ferro. A proteína da castanha-do-pará, chamada de *excelsina*, é uma proteína completa como a *lactoalbumina*, a *caseína* e outras do reino animal. A castanha estimula a secreção de leite materno. Suas propriedades terapêuticas são: nutriente, energética, galactagoga, vitaminizante e mineralizante (EMBRAPA, 2000).

Logo, para fins de dimensionamento do sistema de coleta e armazenamento, e de acordo com o levantamento realizado no distrito sede de Laranjal do Jari, as principais fontes geradoras de cascas de castanha, utilizadas na pesquisa estão relacionadas na Tabela 02:

Tabela 02. Relação quantitativa das Principais Fontes Geradoras de Cascas de Castanha em Laranjal do Jari

Resíduo	Fontes Geradoras (Locais de Coleta)	Endereços	Volume Produzido (litros/dia)
	Fábrica da	Av. Tancredo Neves, s/n -	120
Cascas de	COMAJA	Prosperidade	
Castanha	Comunidade do Cajari *	BR-156 (Rodovia Jari-Macapá)	120
TOTAL			240

(*) Foi citada a comunidade de Água Branca do Rio Cajari como uma possível fonte destes resíduos porque apesar de boa parte da produção de castanha ser proveniente desta localidade, ali mesmo existe um comércio de castanhas descascadas, gerando conseqüentemente os resíduos. Podendo futuramente ser estabelecido um tipo de coleta. Fonte: Oliveira, D. F. (2005)

CAPÍTULO III – OS RESÍDUOS SÓLIDOS

3.1. Estudos iniciais para os Resíduos Sólidos e Caracterização

A norma brasileira NBR 10.004 (2004) da ABNT, caracteriza como “resíduos sólidos”:

[...] resíduos, nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços em geral ou de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isto soluções técnica e economicamente inviáveis, devido a uma melhor tecnologia disponível no País”.

Portanto, para a sua classificação e posterior destinação adequada a norma NBR 10.004:2004 da ABNT passa a classificar os resíduos em questão da seguinte forma:

CLASSE I – Perigosos: São aqueles que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podem apresentar risco a saúde pública ou ao meio ambiente. Apresentam

uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

CLASSE II – Não Perigosos: São descritos a seguir, segundo o anexo H da NBR 10004:2004. São estes: resíduos de restaurante (restos de comida), sucatas de metais ferrosos, sucata de metais não ferrosos (latão, etc.), resíduo de papel e papelão, resíduos de plásticos polimerizados, resíduos de borracha, resíduos de madeira, resíduos de materiais têxteis, resíduos de minerais não-metálicos, areia de fundição, bagaço de cana e outros resíduos não perigosos.

Classe IIA - Não-inertes: São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos ou de resíduos Classe II B – Inertes. Os resíduos desta classe não podem apresentar propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Classe IIB - Inertes: São os resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a NBR 10007:2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada e deionizada, à temperatura ambiente, conforme NBR 10006:2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da NBR 10004:2004.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas e o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (IPT/CEMPRE, 2000) também define os resíduos sólidos como os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis bem como convencionou a classificação dos resíduos de acordo com sua origem. Conforme essa classificação os resíduos são classificados em:

- *Domiciliares* (tudo proveniente das residências);
- *Comercial* (estabelecimentos comerciais e de serviços);
- *Público* (podas, limpeza de bueiros, serviços públicos de limpeza urbana em geral e feiras livres);
- *Serviços de Saúde e Hospitalar* (hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde, tatuagens, etc);

- *Portos, Aeroportos, Terminais Ferroviários e Rodoviários* (resíduos sépticos que contém ou potencialmente podem conter germes patogênicos – os assépticos são domiciliares);
- *Construção Civil* (entulhos e restos de obras, demolições e afins)
- *Industrial* (depende do ramo da indústria), sendo este último bastante variado.

Do ponto de vista histórico, segundo DIAS (2000), o lixo surgiu “no dia em que os homens passaram a viver em grupos”, fixando-se em determinados lugares e abandonando os hábitos de andar de lugar em lugar à procura de alimentos ou pastoreando rebanhos. A partir daí processos para eliminação do lixo passaram a ser motivo de preocupação, embora as soluções visassem unicamente transferir os resíduos produzidos para locais afastados das aglomerações humanas primitivas. No Brasil como registro de épocas pré-históricas são encontrados sambaquis (monumentais montes de lixo resultantes da ocupação do litoral muito antes do descobrimento do Brasil) e o lançamento de detritos em locais desabitados a céu aberto ou em rios e córregos. Existem algumas referências na história antiga ao enterramento e ao uso do fogo como métodos de destruição dos restos inaproveitáveis. Com o passar do tempo as comunidades foram crescendo e os problemas relacionados ao lixo urbano se agravando, as práticas empregadas para resolver tais questões se mantiveram inalteradas. Somente no século XIX começaram a surgir as primeiras alternativas para o problema do lixo urbano capazes de atender aos aspectos sanitários e econômicos; desde então passaram a ser adotadas medidas para a regulamentação dos serviços e procedimentos no campo da limpeza. No século XX até os tempos atuais verifica-se que o impacto causado no meio ambiente pela produção desenfreada de resíduos sólidos, tem levado governo e sociedade a buscar alternativas para minimizar a degradação da natureza e aumentar o bem estar da sociedade como um todo. Várias iniciativas no sentido de ordenar a questão dos resíduos sólidos nos municípios já foram realizadas, mediante projetos de lei.

Os Resíduos Sólidos constituem problemas sanitário, econômico e principalmente estético. Sua composição varia de comunidade para comunidade, de acordo com os hábitos e costumes da população, número de habitantes do local, poder aquisitivo, variações sazonais, clima, desenvolvimento, nível educacional, variando ainda para a mesma comunidade com as estações do ano. São constituídos de substâncias a seguir (FUNASA, 2004):

- ***Facilmente degradáveis (FD)***: restos de comida, sobras de cozinha, folhas, capim, cascas de frutas, animais mortos e excrementos;
- ***Moderadamente degradáveis (MD)***: papel, papelão e outros produtos celulósicos;
- ***Difícilmente degradáveis (DD)***: trapo, couro, pano, madeira, borracha, cabelo, pena de galinha, osso, plástico, etc;
- ***Não degradáveis (ND)***: metal não ferroso, vidro, pedras, cinzas, terra, areia, cerâmica.

Segundo DIAS (2000) a geração de resíduos é proporcional ao aumento da população e desproporcional à disponibilidade de soluções para o gerenciamento dos detritos, resultando em sérias defasagens na prestação de serviços, tais como a diminuição gradativa da qualidade do atendimento, a redução do percentual da malha urbana atendida pelo serviço de coleta e o seu abandono em locais inadequados. A geração crescente e diversificada de resíduos sólidos nos meios urbanos e a necessidade de disposição final alinham-se entre os mais sérios problemas ambientais enfrentados indistintamente tanto por países ricos e industrializados quanto os países em desenvolvimento.

Quadro 04. Caracterização dos Resíduos Sólidos para a Reciclagem e Compostagem, 1999

Resíduos Compostáveis	Casca e bagaço de frutas, ervas daninhas, grama roçada, cinzas, folhas de árvores, pó de serra, restos de alimentos, hortaliças, legumes e ovos.
Resíduos Recicláveis (recuperáveis)	Papel: caixa papelão, jornal, revistas, impressos em geral, fotocópias, rascunhos, envelopes, papel timbrado, embalagens longa vida, cartões, papel de fax. Vidro: garrafas de bebidas, vidros de conservas, frascos de remédios, cacos de embalagens, lâmpadas incandescentes. Plástico: embalagem de produtos de limpeza, garrafas plásticas, tubos e canos de pvc, potes de cremes e shampoos, baldes e bacias, restos de brinquedos, sacos, sacolas e sacos de leite. Metais: latinhas de cerveja e refrigerante, enlatados, objetos de cobre, alumínio, lata, chumbo, bronze, ferro e zinco. Lâmpadas fluorescentes e pilhas
Resíduos não	Papel sanitário, lenço de papel, fraldas descartáveis, absorventes

Recicláveis	higiênico, copos descartáveis, papel carbono, fotografias, etiquetas e fitas adesivas, papéis plastificados, parafinados e metalizados. Cerâmicas, pratos, vidros pirex e similares; trapos e roupas sujas, couro e sapatos, isopor e acrílico, espelhos, vidros planos, cristais.
-------------	--

Fonte: Vilhena (1999:36-39) adaptada pelo autor.

Como é possível observar na literatura especializada somente há referência de matéria orgânica que pode ser “compostável” aos resíduos sólidos urbanos, classificados como “lixo domiciliar”. Para qualquer proposta ou projeto que envolva disposição ou tratamento de resíduos sólidos, é importante se avaliar qualitativamente e quantitativamente o perfil dos resíduos sólidos gerados em diferentes pontos da região em estudo.

Para fins de classificação e para fazer interface dos conceitos apresentados com a proposta específica dos resíduos agroextrativistas, são portanto resíduos *compostáveis*, classificados como Classe IIA, Resíduo Biodegradável, facilmente degradável (FD) de acordo com as classificações apresentadas. Logo, adotou-se em termos de caracterização, juntamente com o Quadro 06 anterior e o esquema representativo da Figura 24 a seguir:

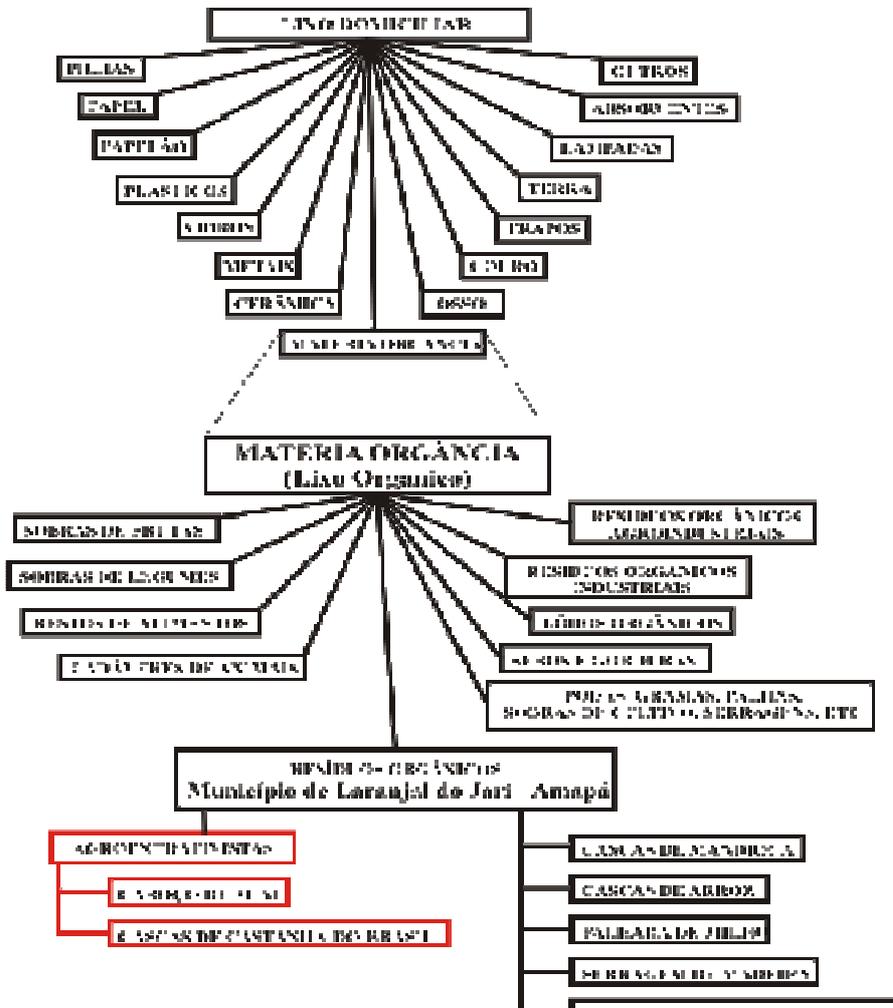


Figura 24. Diagrama dos Componentes básicos do lixo domiciliar e dos resíduos orgânicos

Fonte: Pereira Neto, 1996 – *Adaptado pelo Autor*

3.2. As formas de Tratamento e Disposição de resíduos

Após classificar os resíduos estes devem ser encaminhados a um sistema de tratamento adequado ou mesmo para serem destinados adequadamente. Antes de falar especificamente sobre a *Compostagem* destacam-se a seguir as outras formas mais importantes e usuais de tratamento e disposição de resíduos:

- **Incineração:** A incineração é feita em usinas de incineração , nas quais o lixo é reduzido a cinzas e gases decorrentes de uma combustão. Por meio de instrumentação e controle, a combustão pode ser otimizada, de modo a diminuir a quantidade de matéria apenas parcialmente oxidada, reduzindo os inconvenientes da disposição dos resíduos sólidos restantes (cinzas) e das emissões gasosas e fuligem (BRAGA, 2002).
- **Cogeração ou Coprocessamento:** Consiste na incineração ou queima direta de biomassa em um sistema que gera energia com resíduos de biomassa decorrentes de processos agrícolas ou agro-industriais. O calor da queima é utilizado para produzir vapor de água que é expandido em uma turbina para gerar eletricidade.
- **Reciclagem:** Segundo JARDIM (1995) reciclagem é o resultado de uma série de atividades por vias de materiais que se tornariam lixo ou estão no lixo e são desviados, sendo coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de bens feitos anteriormente apenas com matéria- prima virgem.

- **Destinação dos resíduos em usinas de Triagem, Reciclagem e Compostagem:** Equipamentos e instalações que podem ser agrupadas em setores, tais como: recepção e expedição, separação, pátios de disposição, beneficiamento, armazenamento e se for o caso, aterro de rejeitos.
- **Aterros Sanitários ou Controlados:** O aterro é um sítio, um terreno, no qual é utilizado um processo de disposição de resíduos sólidos, quase sempre o domiciliar, sendo usado critérios de engenharia e normas específicas, permitindo uma confinamento segura em termos de controle da poluição ambiental e proteção do meio ambiente (CALDERONI, 1998). O projeto de um aterro deve seguir as normas ABNT (NBR 8419:1992 ou NBR 8849:1985). Aterros controlados podem, em certos casos ser construídos sem o tratamento do chorume, seguindo normas específicas.

CAPÍTULO IV – COMPOSTAGEM

4.1. Conceituação

A norma brasileira NBR 13591:1996 da ABNT, define Compostagem:

[...] um processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de microorganismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação, ou rico em nutrientes e prontificando-se para utilização na agricultura (maduro).

Segundo o Prof. José Soares do Nascimento, da Universidade Federal de Pelotas, no Estado do Rio Grande do Sul (2003) é uma técnica biotecnológica utilizada para se obter mais rapidamente e em melhores condições a estabilização da matéria orgânica em material humificado, com propriedades e características físicas, químicas e biológicas completamente diferentes do material de origem. Consiste na decomposição aeróbia e termófila de resíduos orgânicos por populações microbianas quimiorganotróficas *in situ*, sob condições total ou parcialmente controladas, obtendo um material parcialmente estabilizado.

A reciclagem da matéria orgânica leva de 60 a 90 dias para atingir a bioestabilização e de 90 a 120 dias para humificação (LIMA, 2001).

Segundo D'ALMEIDA (2000) dá-se o nome de compostagem ao processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal tendo como resultado final um produto – composto orgânico - que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

Em resumo é o processo de transformação e o aproveitamento de resíduos orgânicos grosseiros, em material mais refinado como fonte de energia, nutrientes minerais e carbono, utilizáveis na agricultura, promovido por microorganismos anaeróbios e aeróbios, sob condições controladas de materiais, temperatura, umidade e pH. Quanto mais diversificados os materiais com os quais o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que poderá suprir (IPT/CEMPRE, 2000).

Para CAMPBELL (1999) é uma técnica praticada pelos agricultores e jardineiros ao longo dos séculos. Restos de vegetais, estrume, restos de cozinha e outros tipos de resíduos orgânicos são amontoados em pilhas em local conveniente e deixados decompondo-se até estarem prontos para serem devolvidos ao solo ou até que o agricultor necessite melhorar a fertilidade do solo.

Como se trata de um processo biológico desenvolvido por microorganismos, há necessidade de controle sobre alguns fatores, propiciando para os microorganismos, um ambiente favorável para a degradação, à estabilização e a humificação da matéria orgânica bruta. Além disso, este controle tem como objetivo viabilizar o potencial de fertilização da matéria orgânica e de evitar potenciais fatores adversos que causam impactos ao meio ambiente. Com relação aos fatores a serem controlados, que afetam a compostagem, tem-se: a umidade, oxigenação, temperatura, concentração de nutrientes, tamanho da partícula e o pH (PEREIRA NETO, 1999, p.g.40).

Como resultados desse processo biológico, serão gerados dois componentes importantes: sais minerais, contendo nutrientes indispensáveis para as raízes das plantas, e húmus, um componente necessário para desenvolver as propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo (KIEHL, 1998, p.g.2).

Para PEREIRA NETO (1995) a compostagem é o processo de transformação de materiais grosseiros como palhas e estrume, em materiais orgânicos utilizáveis na agricultura. Este processo envolve transformações extremamente complexas de natureza bioquímica promovidas por milhões de organismos do solo que tem na matéria orgânica *in natura*, sua fonte de energia, de nutrientes minerais e carbono.

De modo semelhante, LINDENBERG (1992) considera a compostagem como um processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal, tendo como resultado final um composto orgânico que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente e sendo um método natural por meio do qual os materiais normalmente considerados como lixo orgânico é transformado em material humificado, de cor escura e cheiro agradável, isento de sementes de ervas daninhas ou de microrganismos causadores de doenças em plantas.

A compostagem é considerada também, um processo de reciclagem, pois se trata de um processo biológico aeróbio e controlado de tratamento e transformação da matéria orgânica em húmus pela ação de microorganismos já presentes no próprio resíduo ou por meio de inoculantes (LINDENBERG, 1994, pg.13).

Segundo KIEHL (1985), a palavra composto veio do inglês “compost”, indicando fertilizante e aos termos compostar e compostagem para indicar a ação ou ato de preparar o adubo. Pessoas que trabalham ou comercializam o composto vêm empregando a denominação composto orgânico para este fertilizante, a expressão apesar de redundante, vem se popularizando por ser uma técnica idealizada para se obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica. Na natureza, essa estabilização ou humificação se dá em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que ela se encontra. A obtenção da compostagem consiste, em linhas gerais, no seguinte:

- a) utilizar matérias-primas que contenham um balanço em relação carbono/nitrogênio favorável ao metabolismo dos microorganismos;
- b) facilitar a digestão dessa matéria-prima dispondo-a em local adequado, de acordo com o tipo de fermentação desejada, se aeróbia

ou anaeróbia, controlando a umidade, a aeração, a temperatura e os demais fatores, conforme cada caso requer.

Em termos científicos, segundo Koepf (1976) a compostagem pode ser definida como sendo uma decomposição aeróbica de substratos orgânicos em condições que permitam atingir temperaturas suficientemente elevadas. O aumento de temperatura surge como resultado da liberação de calor na degradação biológica dos resíduos orgânicos. O resultado deste processo é um produto final suficientemente estabilizado que pode ser aplicado no solo com várias vantagens sobre os fertilizantes químicos de síntese, chamado de composto.

Vale ressaltar, que alguns autores chamam de **compostagem natural** o método, em que, a matéria orgânica do lixo domiciliar, antes de ser compostada, é submetida a um tratamento prévio, sem passar por aparelhos digestores. Consiste primeiro na separação por catação dos componentes (materiais recicláveis) que não possuem função no processo da compostagem. Em seguida passa por um tratamento mecânico dos resíduos, como peneiramento, seguido da moagem do lixo. No final deste tratamento prévio, o resíduo passará por uma leve trituração, peneiramento e disposição no pátio de compostagem, onde se dará a maturação da matéria orgânica (KIEHL, 1985, pg. 322).

De acordo com METCALF & EDDY (1991), a compostagem também constitui alternativa econômica e ambientalmente correta para a estabilização de resíduos orgânicos industriais e de estações de tratamento, com possibilidade de aproveitamento agrônomico de tais resíduos.

Também ao nível de informação, uma derivação do processo de compostagem é a **Compostagem seca anaeróbia** que consiste na coleta seletiva de resíduo orgânico urbano, com posterior decomposição em biodigestores industriais na ausência de oxigênio, evita a existência de aterros sanitários. Sendo o resíduo orgânico separado do resíduo inorgânico, pode ser processado em plantas industriais que promovem a decomposição da biomassa em gás metano e adubo. O gás metano (CH_4) é utilizado como combustíveis em motores de combustão interna, gerando eletricidade que pode ser vendida para a concessionária e o adubo pode ser comercializado para uso em áreas urbanas e de periferia. Existe também a possibilidade do biogás ser adicionado à rede urbana de gás natural.

Lembra-se porém, que a presente pesquisa trata da Compostagem Natural cujos resíduos a serem utilizados serão os agroextrativistas e não os domiciliares, bem como não haverá necessidade triagem porque os resíduos serão coletados na fonte, sem contaminação. O termo aplica-se somente ao fato de não ser adicionado nenhum tipo de produto químico ou biocatalizador.

Ao nível técnico de classificação, vale ressaltar que os **tratamentos passivos**, tais como, por exemplo, envelhecimento natural, não devem ser confundidos com tratamentos ativamente administrados, como a compostagem. Os **tratamentos passivos** se baseiam principalmente na passagem de tempo, além de fatores ambientais, por exemplo, a temperatura natural e flutuações de umidade e irradiação de raios ultravioletas (UV), para reduzir patógenos. Para minimizar os riscos microbianos, os produtores que dependerem de tratamentos passivos devem certificar-se de que o esterco está devidamente envelhecido e decomposto antes de aplicá-lo nos campos.

O tempo de retenção para tratamentos passivos dependerá de fatores climáticos regionais e sazonais e dos tipos e fontes do esterco. Os tratamentos ativos geralmente envolvem um grau maior de manuseio intencional e maior utilização de recursos, em comparação com os tratamentos passivos. Os tratamentos ativos incluem a pasteurização, secagem a calor, digestão anaeróbica, estabilização alcalina, digestão aeróbica ou uma combinação desses processos. (CFSAN, 1998).

4.2. Fatores de influência e controle

a) Umidade: O controle da umidade é um fator necessário e importantíssimo ao processo, por evitar a anaerobiose. A presença de água na massa de compostagem é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos microorganismos. Se a umidade da massa de compostagem estiver abaixo de 40%, a decomposição será lenta, por causa da baixa atividade das bactérias, assim, predominando a ação dos fungos. Se a umidade estiver acima de 60%, o substrato orgânico, é considerado encharcado, com isso, a água preenche os espaços vazios de ar e parte da decomposição será anaeróbia, podendo ocorrer maus odores. Portanto, a umidade deve sempre estar acima de 40% e abaixo de 60%, sendo o valor ótimo de 55%. O excesso de umidade pode ser reduzido por meio de revolvimentos periódicos, pela formação de leiras de menor altura e pelo método de aeração forçada.

A perda de água pode ser dada na forma de vapor devido ao calor gerado no interior das leiras e também pela ação dos ventos, que remove a camada saturada de vapor que se forma em volta da massa de compostagem, ressecando-a. Além disso, o calor do sol também contribui para o ressecamento da camada externa. A reposição de água do material compostado deve ser feita juntamente com o processo de revolvimento da leira, através de um chuveiro fino de modo uniforme por todo o material. Isso, para que a água não caminhe por canais preferenciais, escorrendo pela base da pilha formando chorume e mantendo a maior parte do composto seco. Com isso, é necessário que se entenda que a umidade não deve ser controlada isoladamente, pois ela interage diretamente com a temperatura (KIEHL, 1998).

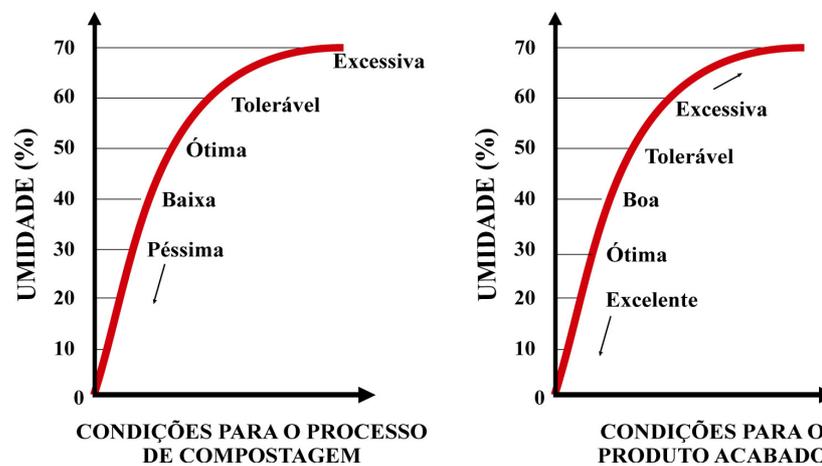


Figura 25. A umidade no processo de compostagem e no produto acabado (composto)

Fonte: IPT/CEMPRE, 2000

Do ponto de vista teórico, o teor de umidade ideal para propiciar a degradação é 100%. Entretanto, devido à necessidade de se obter uma configuração geométrica definida, bem como de manter uma porosidade adequada à passagem livre do ar para oxigenação do material, a umidade fica restringida a um valor máximo, situado no entrono de 60%. Sabe-se que alguns materiais como, por exemplo, os vegetais secos, vão requerer índices de 5 a 10 pontos percentuais maiores. O controle do excesso de umidade, muitas vezes negligenciado na maioria dos sistemas em operação do país, é um fator necessário e importantíssimo ao processo, para evitar a anaerobiose, a qual ocorre quando o excesso de água ocupa os espaços vazios (porosidade) do material. Por outro lado, baixa umidade, menores que 40% restringem a atividade microbiana de degradação dos resíduos orgânicos. Sendo assim, teores de 55% são considerados satisfatórios para todos os processos (PEREIRA NETO, 1996, p.g.21).

b) Taxa de Oxigenação (Aeração): Como a compostagem é um processo aeróbio, a aeração tem como objetivo suprir a demanda de oxigênio necessária para a atividade microbológica, além de atuar como um agente controlador da temperatura. Entretanto, há necessidade de promover a aeração na leira. Esta aeração pode ser por processos artificial (mecânicos) ou natural (reviramentos), em média, o reviramento dos resíduos orgânicos urbanos é de dois reviramentos por semana. O calor proveniente da oxidação biológica da matéria orgânica fica retido na leira de compostagem devido às características isolante-térmicas da matéria orgânica. Durante o reviramento, o calor é liberado ao meio ambiente em forma de vapor de água. A partir deste momento, há necessidade de repor esta perda de água para corrigir o teor de umidade da massa compostada (PEREIRA NETO, 1996, pg.22).

Para fins de dimensionamento dos equipamentos mecânicos de aeração, a demanda de oxigênio situa-se de 0,3 a 0,6 m³ de ar por quilo grama de sólidos voláteis por dia. Neste caso, tem-se como ideal que a oxigenação atinja toda a massa de resíduos em compostagem por 2 minutos em cada 18 minutos de intervalo. Quando da compostagem artesanal, na fase de oxidação - primeiros 30 dias da compostagem haverá necessidade de reviramento diário da pilha de resíduos. A renovação do ar no interior das leiras é muito importante, pois o teor de gás carbônico presente no interior das leiras pode chegar a concentrações cem vezes maiores que seu conteúdo normal na atmosfera. O revolvimento das leiras, ao mesmo tempo em que introduz ares novos, ricos em oxigênio, libera o ar contido na leira, saturado de gás carbônico gerado pela respiração das bactérias (PEREIRA NETO, 1996, pg.22).

De acordo com KIEHL (1998) a concentração de oxigênio pode ser alta, cerca de 18% na camada mais externada leira, na profundidade de até 30 a 40 centímetros, entre 40 e 70 centímetros o teor é bem menor, de 5 a 10%, enquanto na base da pilha o teor é de 0 a 2%.

Com isso, o revolvimento das leiras tem por finalidade, remover o excesso de gás carbônico da leira, homogeneizar a massa de compostagem e efetuar o controle sanitário da leira. Além disso, o revolvimento assegura a homogeneização, da massa, pois, ao esfregar as partículas uma contra a outra, provoca um processo de abrasão que resulta em uma redução do tamanho das partículas moles, material orgânico, e um aumento da superfície exposta, de forma a facilitar a atividade dos microorganismos (FUZARO,1994, pg.26).

c) **Temperatura:** Boa parte dos microorganismos presentes na compostagem possuem metabolismo exotérmico, ou seja, no processo de decomposição da matéria orgânica, os microorganismos geram calor elevando a temperatura das leiras. O primeiro indício de que a matéria orgânica começou a decomposição, é a presença de calor no substrato. Se dentro de alguns dias não ocorrer à elevação da temperatura, provavelmente, é por causa do excesso de umidade presente na massa de compostagem. É necessário, fazer uma coleta da amostra para que haja a confirmação do teor de água presente no composto (KIEHL, 1998, pg.46).

A temperatura **é o fator mais indicativo da eficiência do processo**, acelerando a degradação, além disso, tornar-se uma grande “ferramenta” de eliminação de patógenos (larvas de insetos, ovos de parasitas, sementes de ervas daninhas, etc.), para isso, deve manter-se preferencialmente entre 55°C a 65°C (PEREIRA NETO, 1999, pg. 42).

As leiras, após sua montagem, no período de 12 a 24 horas devem começar a apresentar temperaturas termofílicas (45-65°C). Essas devem permanecer durante toda a primeira fase do processo, ou seja, fase de degradação ativa. A segunda fase do processo, ou seja, a fase da maturação ou cura é indicada pelo registro de temperaturas mesofílicas (30-45°C).

As leiras de compostagem necessitam de alguns fatores para favorecer o bom desenvolvimento da temperatura, tais como: As características da matéria-prima, O tipo de sistema utilizado e o controle operacional (teor de umidade, ciclo de reviramento, temperatura). De acordo com a configuração geométrica das leiras triangulares, a Figura 26 a seguir demonstra as diferentes temperaturas na área da leira ou pilha de compostagem (PEREIRA NETO, 1996).

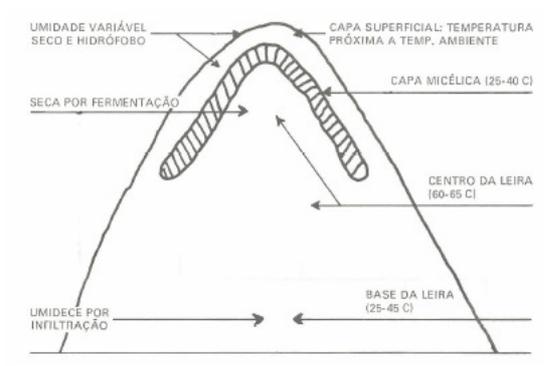


Figura 26. Distribuição da temperatura na massa de compostagem.

Fonte: AISSÉ; OBLADEN (1981, pg. 31)

A compostagem desenvolvida sem o controle da temperatura pode atingir 65 a 80 °C. Nestas condições a atividade microbiológica de degradação é significativamente comprometida. Da mesma forma altas temperaturas (> 65 °C), associadas a meios alcalinos (pH > 7,5), propiciam a perda de nitrogênio do sistema pela volatilização da amônia. Tão logo a fonte de carbono mais disponível tenha sido exaurida, a temperatura da pilha cai para valores baixos (30 a 35°), indicando o fim da primeira fase do processo. Em seguida, o material dever ser posto para maturação, a fim de que continue seu processo de estabilização, permitindo que o carbono remanescente (ligando as estruturas mais resistentes como as ligninas e celulosas) seja mineralizado (PEREIRA NETO, 1996).



Figura 27. Fase Ativa do Processo – Na esquerda, as faixas de temperatura a serem registradas nos pontos de medição;

No meio, a distribuição típica de temperaturas controladas na pilha. Pereira Neto, 1996.

Na direita, perfil da temperatura, na fase ativa de uma leira de compostagem. Pereira Neto, 1993

Geralmente ocorrem quedas de temperatura ainda na fase termofílica, resultado do colapso físico (compactação) da leira, que estanca a atividade microbiológica ao impedir a difusão do oxigênio para o seu interior. Por isso, as pilhas sofrem pelo menos um revolvimento que objetiva o arejamento e reestruturação do material.

d) Concentração de nutrientes: Os microorganismos necessitam de dois nutrientes de extrema importância para sua atividade metabólica: o carbono e o nitrogênio. A função do

carbono é atuar como fonte básica para as atividades vitais dos microorganismos. Já a função do nitrogênio, é fonte básica para reprodução protoplasmática dos microorganismos. O excesso de carbono pode também propiciar condições ácidas na massa de compostagem, visto que o CO_2 liberado é altamente solúvel. Por outro lado, a compostagem com baixo teor de carbono, ou seja, rica em nitrogênio, com lodos de esgotos, etc, elimina o excesso de nitrogênio pela volatilização da amônia, como uma tendência natural de restabelecer o balanço entre os dois elementos. Segundo as literaturas especializadas consultadas, a relação carbono/nitrogênio (C/N) satisfatória para obtenção de uma alta eficiência no processo de tratamento biológico de resíduos sólidos orgânicos deve situar-se entorno de 30:1, essa relação deve ser criteriosamente balanceada. Quando houver excesso de carbono o período de compostagem será aumentado, neste caso, o nitrogênio necessário é obtido das células mortas dos microorganismos. Quando apresentar maior concentração de nitrogênio em relação à concentração de carbono, haverá perda de nitrogênio por meio da liberação da amônia até que a relação carbono/nitrogênio seja satisfatória ao processo (PEREIRA NETO, 1996, pg.25).

A relação carbono nitrogênio ao final do processo, ou seja, o produto humificado, deve estar entre 8/1 e 12/1. Ela indica ainda que o composto com relação 18/1 ou um pouco menor já pode ser utilizado nas plantas como fertilizante orgânico sem causar danos. Mesmo sendo um parâmetro confiável, deve-se verificar outros dois ou mais parâmetros para a confirmação da decomposição final da matéria orgânica, por exemplo, o índice de pH e a ausência de nitrogênio amoniacal (KIEHL, 1998, pg.47). A Figura 28 a seguir demonstra como ocorrem as fases de decomposição da matéria orgânica, conforme a relação carbono/nitrogênio.



Figura 28. Fases de decomposição conforme relação C/N. Fonte: KIEHL (1985, pg. 257)

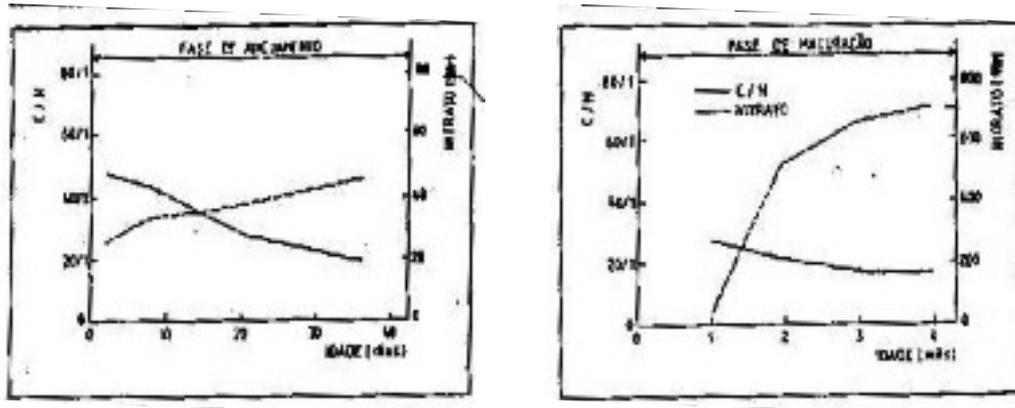


Figura 29. Decréscimo da relação C/N e Aumento do teor de Nitrogênio, num sistema de pilhas estáticas aeradas; Na esquerda: Fase de Aeração – Na direita: Fase de maturação.

Fonte: Pereira Neto, 1993

e) Tamanho (granulometria) das partículas: Segundo KIEHL (1998) o tamanho das partículas é de fundamental importância para o bom desempenho da compostagem. A decomposição da matéria orgânica está diretamente ligada com a área de exposição ou superfície específica apresentada pelo material, ou seja, quanto menor a partícula, maior é a superfície que pode ser atacada e digerida pelos microorganismos, conseqüentemente a decomposição da matéria orgânica será mais rápida. Entretanto, teoricamente, a partículas menores teriam rápida decomposição, mas na prática, a granulometria muito fina trás sérios problemas de aeração, compactação e encharcamento, entre outros. Na prática o tamanho das partículas deve situar-se entre 8 a 50 mm. No entanto, antes da montagem das leiras, os resíduos devem passar por um processo de correção tamanho do tamanho das partículas, o que favorece a homogeneização da massa de compostagem, melhora na porosidade, menor compactação e maior capacidade de aeração. (PEREIRA NETO, 1996, pg.27).

f) pH: A reação da matéria orgânica, seja ela vegetal ou animal, geralmente é ácida, pois o sulco celular dos vegetais, o sangue, as fezes, a urina dos animais, são de natureza ácida. No decorrer do processo de decomposição da matéria orgânica o pH se eleva, passando pelo pH 7,0 (neutro) e alcançando o pH superior a 8,0 (KIEHL, 1998, pg.09). Segundo alguns trabalhos, registram que a faixa ótima para a compostagem deve situar-se entre 6,5 a 8,0. Entretanto, em experiências realizadas pelo Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental (LESA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), indicam que a compostagem se

desenvolve com uma faixa mais ampla de pH, entre 4,5 a 9,5. Um fato que é visto como um grande benefício do sistema, é que, o produto final da compostagem (composto orgânico), tem um pH entre 7,5 a 9,0, o que permite a aplicação do composto orgânico na correção de solos ácidos (PEREIRA NETO, 1996, pg.27).

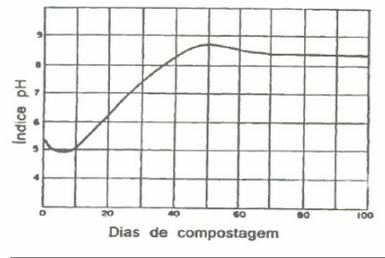


Figura 30. Variação de pH do composto de acordo com o tempo de compostagem. Fonte: KIEHL (1985)

Como complemento, relacionando dois fatores (pH e Temperatura). A seguir a Figura 31 mostra as mudanças ocorrentes nos principais parâmetros de controle durante as fases de compostagem, principalmente em relação à temperatura e pH (PEREIRA NETO, 1996):

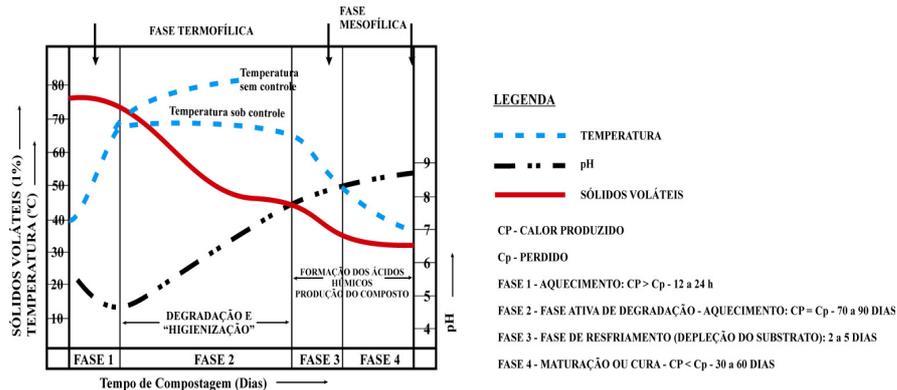


Figura 31. Mudanças ocorrentes no pH, Temperatura e Sólidos Voláteis durante as fases

Os gráficos padrões de controle dos fatores que influenciam na compostagem, podem ser vistos conforme a Figura 32 a seguir:

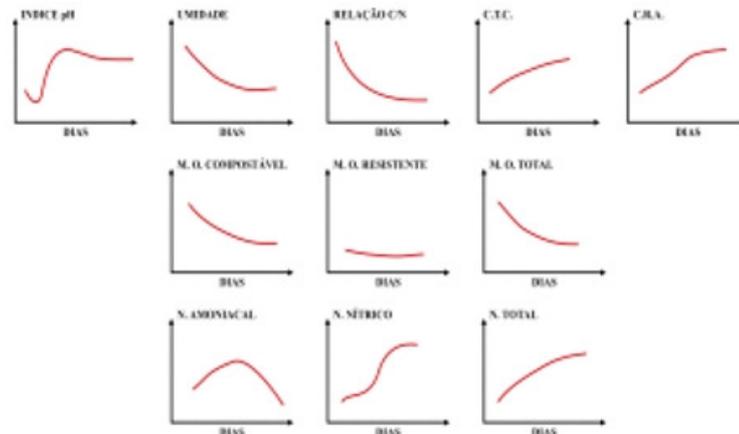


Figura 32. Gráficos padrão para controle e monitoramento das pilhas de compostagem (IPT-CEMPRE, 2000)

g) Os Microorganismos: Uma população diversificada de bactérias, fungos e actinomicetos, conduzem à uma determinada decomposição ou estabilização da matéria orgânica durante o processo de compostagem. Com isso, é necessário oferecer condições ambientais ótimas aos microorganismos para garantir uma satisfatória eficiência no processo.

No processo da compostagem os microorganismos que prevalecem são os aeróbios, facultativos, os mesófilos e os termófilos. As *bactérias* são responsáveis pela degradação da matéria orgânica, gerando calor. Os *fungos* são bastante eficientes na faixa termolífica e na degradação de compostos carbonáceos. Os *actinomicetos* apresentam uma função muito importante, pois, degradam substâncias normalmente não decompostas por bactérias e fungos.

Os microorganismos apresentam características fisiológicas com relação ao oxigênio e a temperatura. Com respeito ao oxigênio, podem ser aeróbios, aqueles que requerem oxigênio; anaeróbios, aqueles que não necessitam de oxigênio livre; e facultativos, aqueles que podem crescer na ausência ou presença de oxigênio livre. Em relação à variação da temperatura, podem ser classificados como psicrófilos, aqueles que são ativos a temperaturas de 10 a 20°C; mesófilos, ativos a temperaturas de 20 a 45°C; e termófilos, aqueles que são ativos a temperaturas de 45 a 65°C. (PEREIRA NETO, 1996, pg.29).

De acordo com trabalhos de pesquisa semelhantes nas universidades: de Leeds (Europa) e Federal de Viçosa (Minas Gerais), são necessários, no mínimo, 20 dias sob temperatura

termófila, para que se obtenha índices satisfatórios de eliminação de microrganismos patogênicos em todo o processo de compostagem. A Figura 33 mostra os resultados:

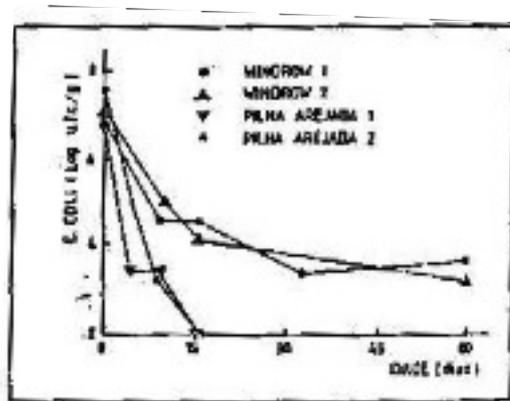


Figura 33. Gráfico da eficiência na eliminação de patógenos, monitorados por bactérias indicadora, *Escherichia Coli*, em processo de compostagem. Fonte: Pereira Neto, 1993.

4.3. Informações históricas e Considerações relevantes sobre o processo

O uso de resíduos orgânicos como adubo para as plantas se perde no tempo. Já no ano 43 da era Cristã, o filósofo Virgílio relatava em seu livro "As Geórgicas", como restos de culturas e esterco animais amontoados se transformavam em material para ser aplicado nas terras de cultura e aumentar as colheitas. Na China e na Índia, a compostagem é uma prática "agro-sanitária" milenar (CEMPRE, 2004).

Segundo LINDENBERG (1992) os primeiros relatos sobre compostagem datam da antiguidade. Os índios Maias, na América, por exemplo, ao plantar milho, colocavam um ou mais peixes no fundo da cova oferecendo-os aos deuses e com isso realizavam, sem saber, uma adubação orgânica com matéria prima de fácil decomposição e rica em nutrientes. Já no Oriente, a compostagem se dava pela restituição ao solo dos restos de cultura e pela incorporação de esterco de animais.

Segundo diversos autores citados por ALVES (1996) sobre o desenvolvimento do processo de compostagem poderia ser apresentado da seguinte forma:

- **1843:** AMÉRICA - George Bommer desenvolveu um processo para decomposição de resíduos agrícolas que fazia a recirculação de

chorume e ficou conhecido como “Bommer method of making manure”;

- **1888:** BRASIL - Dafert, o primeiro diretor do IAC8 incentivou pela primeira vez os agricultores a produzirem adubos classificados como “estrumes nacionais”, uma vez que os adubos eram importados;

- **1920:** INDIA - Albert Howard, na cidade de INDORE criou o método que levou esse nome, o qual utilizava-se de estrumes animais e resíduos vegetais em pilhas que atingiam elevadas temperaturas. O processo durava 06 meses e eram feitos apenas 02 revolvimentos;

- **1953:** E.U.A. - Universidade da Califórnia. Experimentos com compostagem de lixo confirmaram a influência de fatores como microrganismos, umidade, aeração e temperatura no processo;

- **1954:** DINAMARCA - Dano Corporation desenvolveu o primeiro processo Dano (Compreende as fases de recepção, triagem manual, seleção eletromagnética, bioestabilização, peneiramento e cura do composto. O controle da umidade e aeração se dá com jatos de ar ao longo do cilindro e em sentido contrário ao caminhamento da massa. A desintegração dos resíduos é obtida pela abrasão entre as partículas em rotação e por atividade microbiológica.

Existem diferentes tipos de processos e sistemas de compostagem que foram desenvolvidos ao longo dos anos, e patenteados por algumas empresas. É válido ressaltar que na proposta não utilizará as respectivas tecnologias, presentes na maioria das usinas de compostagem do Brasil, uma vez que se trata do aproveitamento da matéria orgânica proveniente da coleta regular dos resíduos urbanos domiciliares. As respectivas tecnologias estão listadas a seguir somente em caráter informativo:

Sistema TRIGA-BECCARI: O resíduo orgânico proveniente do lixo doméstico é decomposto por bactérias anaeróbias em compartimentos fechados. Posteriormente é estimulada a degradação aeróbia da matéria orgânica através de fluxo de ar. A relação carbono/nitrogênio e outros fatores determinarão o tempo necessário para decomposição da matéria orgânica. Após esse processo, há o peneiramento para ser utilizado na agricultura.

Sistema SANECON: Esse sistema é extremamente simples sendo constituído basicamente de uma esteira de triagem. Onde os materiais recicláveis são retirados manualmente. Após a esteira, o material orgânico é triturado seguindo para o pátio de compostagem para a realização do processo de compostagem. Posteriormente o composto produzido é peneirado para remoção do material inertes.

Sistema FAIRFIELD-HARDY: Após separação dos materiais recicláveis em esteira de triagem e seleção eletromagnética dos metais ferrosos, os resíduos orgânicos são homogeneizados e umedecidos seguindo para processamento aeróbio em digestor vertical onde os parâmetros temperatura, pH e umidade são mantidos sob controle. Após um período que varia de cinco a oito dias, a matéria orgânica segue para o pátio de compostagem onde permanece de 3 a 4 meses até completar o processo de maturação.

Sistema DANO: Após a triagem manual em esteira e seleção eletromagnética de metais ferrosos, o resíduo segue para um triturador/digestor onde é triturado e digerido por microorganismos aeróbios. Após um período de 2 a 3 dias, a matéria orgânica é peneirada e as partículas inertes, tais como vidro, pedras e cascalho são retirados com auxílio de um separador balístico, seguindo para o pátio de compostagem onde deverá permanecer em leiras por um período de 60 a 120 dias para completar o processo de bioestabilização. O biodigestor no processo Dano, reduz o tempo de permanência da matéria orgânica no pátio de compostagem reduzindo a área necessária para o processamento do lixo. Hoje, o processo evoluiu à um digestor mecânico conhecido como bioestabilizador (cilindro metálico rotativo ~ 30 m de comprimento com 3,5 m de diâmetro).

Como o processo de compostagem é a decomposição da matéria orgânica que ocorre principalmente por ação de agentes biológicos microbianos aeróbios, ele precisa de condições físicas e químicas adequadas para levar à formação de um produto de boa qualidade.

4.4. Evolução da Cura do Composto

De acordo com a teoria do manual do IPT/CEMPRE (2000) o grau de decomposição ou de degradação do material submetido ao processo de compostagem é indicativo do estágio de maturação do composto orgânico. O aspecto do material – cor, odor e umidade – dá indicações. Assim, a cor final é preta; o odor, inicialmente acre, passa para o “terra mofada” e a umidade é reduzida. Para fins práticos, dois são os principais graus de decomposição do material submetido ao processo de compostagem:

- **Semicurado ou Tecnicamente bioestabilizado:** Indica que o composto já pode ser empregado como fertilizante sem causar danos às plantas;
- **Curado ou Humificado:** Indica que está completamente degradado e estabilizado, com qualidade apropriada para ser utilizado.

A evolução da cura do composto pode ser vista pela na Figura 34 a seguir. No início da decomposição do material orgânico (fase mesófila), desenvolvem-se microorganismos que apresentam uma fermentação ácida e o pH torna-se mais baixo, que é favorável à retenção de amônia. Na fase seguinte (fase termófila) os ácidos são consumidos por outros agentes biológicos, elevando o pH. O composto deve ter um pH de no mínimo 6,0. Geralmente, o composto curado humificado apresenta valores entre 7,0 e 8,0. Em laboratórios pode-se avaliar o grau de maturidade do produto, através de determinações de carbono (C) total e oxidável, nitrogênio (N) total e amoniacal, e cálculo da relação C/N. Relação C/N igual ou inferior a 18/1 indica composto semicurado, e inferior a 12/1, curado (IPT/CEMPRE, 2000).

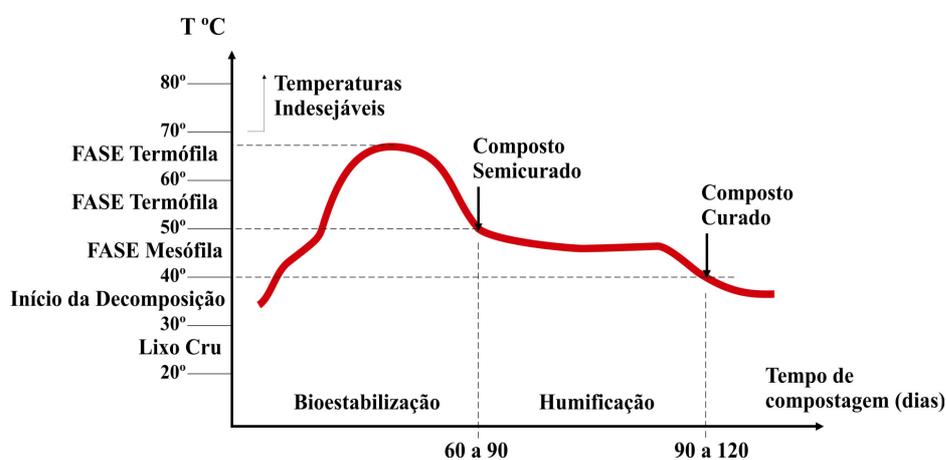


Figura 34. Evolução da cura do composto – Temperatura x Tempo de compostagem

Fonte: IPT/CEMPRE, 2000. Adaptada pelo autor.

O tempo necessário para a compostagem de resíduo orgânico está associado aos vários fatores que influem no processo: Umidade, Aeração, Temperatura, Concentração de Nutrientes, Tamanho das partículas, pH e os Microorganismos presentes, ao método empregado e às técnicas operacionais e de controle. A compostagem natural leva em média de 60 a 90 dias para atingir a bioestabilização e de 90 a 120 dias para a humificação. A compostagem acelerada leva de 45 a 60 dias para a semicura e 60 a 90 dias para a cura completa. Esta diferença deve-se basicamente à duração da fase termófila no processo acelerado, que é reduzido de algumas semanas para dois a quatro dias (IPT/CEMPRE, 2000).

4.4.1. Considerações sobre o Composto

O constante crescimento populacional, associado a um aumento significativo de resíduos sólidos, tem sido um grande desafio da sociedade moderna. As dificuldades administrativas, técnicas e financeiras dos órgãos municipais de limpeza urbana, impedem que este serviço seja executado de forma correta, resultado em uma ameaça a saúde pública e ao meio ambiente. Com base na problemática dos resíduos sólidos, uma das soluções está na compostagem, cujo principal objetivo é estabilizar e humificar a matéria orgânica com alto grau de contaminação biológica por organismos de origem humana, animal e vegetal.

A compostagem, por sua vez, tem uma função de grande relevância, que é absorver mais da metade dos resíduos gerados, além de fornecer um tratamento seguro capaz de propiciar vários benefícios à sociedade e ao meio ambiente, tais como (ZULAUF, 1998):

- Produção de um composto orgânico estabilizado, seguro, podendo ser comercializado para uso agrícola, trazendo melhorias da qualidade do solo, conseqüentemente, aumento da produtividade;
- Melhoria da saúde pública, devido à eliminação das doenças relacionadas ao lixo e a conseqüente melhoria da qualidade ambiental, com a eliminação da poluição associada aos resíduos;
- Economia de energia e de recursos naturais; Aumento da vida útil dos aterros; Aumento da flexibilidade do sistema de limpeza urbana;
- Os rejeito podem ser lançados nos aterros, sem causar problemas com relação a formação de gases e de chorume, sendo que a instalação

e a operação da usina de compostagem não causam nenhuma poluição atmosférica ou hídrica.

Os nutrientes do composto, ao contrário do que ocorre com os adubos sintéticos, são liberados lentamente, realizando a tão desejada "adubação de disponibilidade controlada". Assim, fornecer composto às plantas, além de melhorar a "saúde" do solo, é permitir que elas retirem os nutrientes de que precisam de acordo com as suas necessidades ao longo de um tempo maior do que teriam para aproveitar os adubos sintéticos que são facilmente dissolvidos e arrastados pelas águas das chuvas. A matéria orgânica "compostada" se liga às partículas (areia, limo e argila), formando pequenos grânulos que ajudam na retenção e drenagem da água e melhoram a aeração. A presença de matéria orgânica no solo aumenta o número de minhocas, insetos e microorganismos desejáveis, reduzindo incidências de doenças de plantas. Na agricultura, a compostagem também tem como objetivo transformar a matéria vegetal muito fibrosa, em dois tipos de composto: um para ser incorporado nos primeiros centímetros de solo e outro para ser lançado sobre o solo, como cobertura (ZULAUF, 1998).

A compostagem tem como objetivo transformar matéria vegetal muito fibrosa como palhada de cereais, capim já "passado", sabugo de milho, casca de café e arroz; em dois tipos de compostos: incorporação e cobertura de solo (mulche). A fermentação bacteriana que ocorre na compostagem tem como resultado como afirma PEREIRA NETO (1995) a:

- Diminuição do teor de fibra, o que, no caso do composto "de incorporação", permite sua introdução no solo sem a indesejável fixação de nitrogênio;
- Destruição de sementes de ervas daninhas e patógenos;
- Degradação de substâncias inibidoras do crescimento vegetal existente na palha e *in natura*.

Segundo FIGUEIREDO (2001) a agricultura está dando ênfase ao aproveitamento e a preservação dos recursos naturais provenientes da sua atividade ou seja, utilizando melhor os recursos próprios principalmente os resíduos orgânicos provenientes das atividades agropecuárias e agroindustriais.

Para JAHNEL (1997) uma das funções da compostagem é transformar os restos de podas de parques e jardins num excelente composto para ser utilizado em hortas, na produção de mudas, ou para ser comercializado como adubo para plantas ornamentais.

Segundo VAILATI (1998) as questões positivas e negativas dos impactos decorrentes da compostagem dos resíduos sólidos urbanos são importantes para o conhecimento dos executores de qualquer projeto para que seja assegurada a preservação do meio ambiente, melhoria nas condições de saneamento e benefícios a população envolvida com o processo.

De acordo com SILVA (2000) a compostagem tem como função eliminar metade do problema dos resíduos sólidos urbanos, dando um destino útil aos resíduos orgânicos, evitando a sua acumulação em aterro e melhorando a estrutura do solo, devolvendo a terra os nutrientes de que necessita, aumentando a sua capacidade de retenção de água, permitindo o controle da erosão e evitando o uso de fertilizantes sintéticos. Este processo permite tratar os resíduos orgânicos domésticos (restos de comida e resíduos de jardim) bem como os resíduos provenientes da limpeza de jardins e parques públicos. CAMPBELL (1999) chama a atenção para o fato de não ser aconselhável juntar carne, peixe, ossos, laticínios e gorduras aos materiais orgânicos do lixo porque podem atrair animais indesejáveis. Restos de animais também não devem ser compostados, porque podem conter microrganismos patogênicos que podem sobreviver ao processo de compostagem. Os resíduos de jardim tratados com pesticidas não devem ser compostados, tal como plantas doentes.

Para Grossi (1993), *apud* Alves (1996), os diversos componentes da matéria orgânica apresentam diferenças quanto a suscetibilidade à degradação, sendo que componentes como açúcares e proteínas são rapidamente degradados, enquanto outros como celulose e lignina necessitam de períodos longos para que os microrganismos consigam degradá-los. O manejo do esterco e de outros materiais orgânicos e, onde coloca-los pode ser tão importante quanto à quantidade utilizada, em função do composto orgânico fornecer nutrientes aos fungos e bactérias, que os armazenam em seus próprios organismos, evitando que a chuva e os processos que ocorrem no solo liberem essas substâncias para a atmosfera (D'Almeida, 2000).

Quando o composto é usado em torno das raízes, os nutrientes são liberados lentamente, de acordo com as necessidades das plantas. Quando os ingredientes para o composto são mal utilizados desperdiça-se um precioso poder de fertilização. De acordo com estudos feitos pela

US-EPA (1985) aproximadamente, metade do valor fertilizante do esterco pode se perder em quatro dias se, por exemplo, for deixado numa fina camada sobre o solo (WEID, 1987).

Para PEREIRA NETO (1999) o composto orgânico não tem e dificilmente terá problema de mercado no Brasil, pois, são várias as opções de uso para este produto. É importante destacar que segundo ele, a prefeitura, no caso de sistemas municipais, deverá ser o primeiro usuário do composto. Os usos mais comuns para o composto orgânico apontando impactos positivos são hortas, hortos e viveiros, agricultura em geral, fruticultura, floricultura, programas de paisagismo, parques, jardins, programas de reflorestamento, controle de erosão, recuperação de áreas degradadas, recuperação vegetal dos solos exauridos, controle de doenças e pragas agrícolas, cobertura e vegetação de aterros e produção de fertilizantes.

4.5. A Relevância do Composto Orgânico para o Meio Ambiente

Uma das soluções para Gestão e Tratamento de resíduos está na compostagem, cujo principal objetivo é estabilizar e humificar a matéria orgânica. A compostagem, por sua vez, tem uma função de grande relevância, que é absorver mais da metade dos resíduos urbanos gerados, além de fornecer um tratamento seguro capaz de propiciar vários benefícios à sociedade e ao meio ambiente, tais como (ZULAUF, 1998):

- Produção de um composto orgânico estabilizado, seguro, podendo ser comercializado para uso agrícola, trazendo melhorias da qualidade do solo, conseqüentemente, aumento da produtividade;
- Melhoria da saúde pública, devido à eliminação das doenças relacionadas ao lixo e a conseqüente melhoria da qualidade ambiental, com a eliminação da poluição associada aos resíduos;
- Economia de energia e de recursos naturais; Aumento da vida útil dos aterros; Aumento da flexibilidade do sistema de limpeza urbana;
- Os rejeito podem ser lançados nos aterros, sem causar problemas com relação a formação de gases e de chorume, sendo que a instalação e a operação da usina de compostagem não causam nenhuma poluição atmosférica ou hídrica.

As principais vantagens da compostagem, para produção do composto orgânico no âmbito econômico são as reduções nos investimentos para a instalação dos aterros sanitários

causados pela diminuição da quantidade de resíduos sólidos, o aproveitamento agrícola da matéria orgânica, a reciclagem de nutrientes para o solo reduzindo os custos da produção agrícola, a economia de tratamento de efluentes. A busca por uma alternativa de vida saudável tem provocado uma maior procura pelos alimentos produzidos sem o uso de agrotóxicos e/ou sem fertilizantes químicos, produzidos somente com composto orgânico.

Os nutrientes do composto, ao contrário do que ocorre com os adubos sintéticos, são liberados lentamente, realizando a tão desejada "adubação de disponibilidade controlada". Assim, fornecer composto às plantas, além de melhorar a "saúde" do solo, é permitir que elas retirem os nutrientes de que precisam de acordo com as suas necessidades ao longo de um tempo maior do que teriam para aproveitar os adubos sintéticos que são facilmente dissolvidos e arrastados pelas águas das chuvas. A matéria orgânica "compostada" se liga às partículas (areia, limo e argila), formando pequenos grânulos que ajudam na retenção e drenagem da água e melhoram a aeração.

Além disso, a presença de matéria orgânica no solo aumenta o número de minhocas, insetos e microorganismos desejáveis, o que reduz a incidência de doenças de plantas. Na agricultura, a compostagem também tem como objetivo transformar a matéria vegetal muito fibrosa, em dois tipos de composto: um para ser incorporado nos primeiros centímetros de solo e outro para ser lançado sobre o solo, como uma cobertura (ZULAUF, 1998).

Para JAHNEL (1997), inúmeras são as vantagens da aplicação do composto no solo:

- O composto possui nutrientes minerais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre que são assimilados em maior quantidade pelas raízes além de ferro, zinco, cobre, manganês, boro e outros que são absorvidos em quantidades menores e por isto, denominados de micro nutrientes.
- Quanto mais diversificados os materiais com os quais o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que poderá suprir. Os nutrientes do composto, ao contrário do que ocorre com os adubos minerais são liberados lentamente, realizando a tão desejada "adubação de disponibilidade controlada".
- O composto melhora também a saúde do solo. A matéria orgânica compostada se liga às partículas (areia, limo e argila), formando

pequenos grânulos que ajudam na retenção e drenagem da água e melhoram a aeração. Além disso, a presença de matéria orgânica no solo aumenta o número de minhocas, insetos e microrganismos desejáveis, o que reduz a incidência de doenças de plantas.

- A matéria orgânica (MO) neutraliza ainda várias toxinas e imobiliza metais pesados, tais como cádmio e chumbo, diminuindo a absorção destes metais prejudiciais às plantas. A MO do composto funciona como uma solução tampão ou seja, impede que o solo sofra mudanças bruscas de acidez ou alcalinidade.

O composto orgânico (camada de húmus do solo) favorece também a interação das raízes das plantas com os microrganismos de seu entorno, além de restabelecer a fertilidade orgânica do solo. Também contribui para a defesa e proteção do solo contra a degradação e intempéries; para o fomento à recuperação e uso sustentável do solo; para a fixação de carbono no solo pelas “substâncias húmicas” (ligninas modificadas, quinonas, aminas, ácidos: húmicos e fúlvicos, entre outros) que servem de alimentos aos microrganismos (fungos, bactérias e actinomicetos), que por sua vez crescem em torno da raiz produzindo enzimas que favorecem e estimulam o crescimento vegetal e a formação de antibióticos controladores de patógenos no solo (organismos que causam doenças nas plantas). Outro aspecto importante sobre a presença da matéria orgânica no solo é que o ciclo de nutrientes é *aberto* em vez de *fechado*. A camada de matéria orgânica favorece a presença dos micronutrientes no solo.

Existem também dificuldades para se manter um ecossistema imaturo (em formação), onde a produtividade primária (captura de energia solar pelas plantas e conseqüente produção de biomassa) é maior. Isso significa que os minerais essenciais e outros nutrientes não permanecem disponíveis no sistema, mas se *filtram* para fora, algumas vezes em altas taxas. Em locais desmatados sem matéria orgânica no solo, por exemplo, os níveis de nutrientes minerais presentes na lixiviação superficial são de 3 a 15 vezes maiores que em áreas onde ainda existem florestas e camadas de húmus. À medida que o ecossistema amadurece, a reciclagem de elementos como o nitrogênio e o cálcio, vai ficando mais *fechada*, o que faz com que o sistema melhore sua capacidade para capturar e conservar os nutrientes e passá-los lentamente de um organismo a outro (ODUM, 1988).

Com a presença de matéria orgânica (húmus) no solo, o fluxo de energia em diferentes tipos de ecossistemas pode ser especialmente significativo também para o planejamento de

futuros sistemas agrícolas ou agroflorestais. Há um melhor controle da dinâmica da população microbiana e de pequenos seres, insetos, que constituem base da cadeia alimentar (em muitos casos), favorecendo e estabilizando as relações intraespecíficas (homotípicas) e interespecíficas (heterotípicas). Vale ressaltar que, quando um ecossistema é explorado economicamente, deve-se ter em mente que as forças naturais que ajudam a estabilizar o ecossistema e as comunidades são normalmente características mais comuns nos ecossistemas maduros do que nos imaturos. As flutuações populacionais são mais pronunciadas, enquanto que os mecanismos que controlam o tamanho da população nos estados prematuros do desenvolvimento do ecossistema parecem ser mais físicos (clima, por exemplo) que biológicos (tais como predadores ou abastecimento de alimentos). Os controles finamente sincronizados do tamanho da população se tomam mais factíveis através de forças biológicas, mais favorecidas pelo húmus no solo do que através de limitantes físicos ou químicos (ODUM, 1988).

4.6. Levantamento da legislação específica aplicável

As autorizações para a gestão dos resíduos está sujeita ao licenciamento da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Amapá (SEMA) Regional Sul. Também deverão ser adotadas as diretrizes para caracterização da Resolução COEMA-AP 0001/99 quanto ao licenciamento ou simplesmente a autorização da atividade, bem como a legislação estadual inerente. Para o licenciamento da implantação da atividade de produção de composto orgânico (compostagem) deverá ser observado o disposto na Resolução CONAMA 237/1997.

De acordo com o levantamento da legislação local, no município de Laranjal do Jari, não há restrições em relação à atividade proposta, no que diz respeito à legislação vigente. No entanto, vale ressaltar o Capítulo VII da Lei Orgânica Municipal, que constituem a sustentação legal da atividade proposta, nos Artigos 241 e 247 que norteiam os deveres do Poder Público respectivamente quanto ao uso da ciência e tecnologia em prol da política agrícola e melhoramento do solo, para alcance de um desenvolvimento sustentável:

“Art. 241 – A política agropecuária utilizará de recursos da ciência e da tecnologia e propiciará a infra-estrutura necessária a promoção do desenvolvimento econômico e à preservação da natureza,...”

“Art. 247 – É assegurada a participação dos setores da sociedade civil organizada na elaboração de planos e projetos relacionados à política agrícola no Município, na forma da lei”.

O Código Municipal de Posturas de Laranjal do Jari, no Capítulo IX, instituído em 1991, trata da questão dos resíduos de forma isolada e ultrapassada. Considera a inserção de elementos de tratamento que o Município nunca adquiriu. Por isso não pode representar um entrave à atividade e por ter sido elaborado quando o lixo ainda não era um grande problema para a cidade, mesmo porque, não especifica ou distingue o tipo de lixo que é vetado à utilização, como pode-se verificar:

“Artigo 159 – A ninguém é permitido utilizar o lixo como adubo ou para alimentação de animais...”

Neste caso, a proposta não possui restrição normativa porque trata-se de um projeto de pesquisa, ou mesmo pode-se propor uma emenda para correção ou inserção da atividade bem como a a Lei Municipal nº 240 de 14-11-2003 que é o Regulamento de Limpeza Urbana também não faz qualquer restrição à atividade proposta. Vale ressaltar que este trabalho se enquadra e atende à esta legislação que regulamenta as atividades inerentes ao sistema de limpeza urbana, destacando-se:

“Art. 23 – Lixo do Mercado Municipal e Feiras-livres: É obrigatória colocação de recipientes de recolhimento do lixo orgânico, em local visível e acessível ao público em geral em quantidade mínima de um recipiente por banca ou boxe”.

Segundo Vasconcelos (2003, 78-81p) embora a compostagem seja utilizado desde a década de 70, quando foram instaladas as primeiras usinas no país, até hoje não existe uma legislação específica que estabeleça normas para aplicação agrícola desse produto.

No entanto, quanto a utilização dessa legislação específica, a atividade deverá atender e obedecer às especificações do seguinte aparato normativo:

- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas:**
 - NBR 10.004 de 31 de maio de 2004 – Resíduos Sólidos - Classificação;

- NBR 13.591 de 29 de abril de 1996 – Define os termos empregados exclusivamente em relação à Compostagem de Resíduos Sólidos Domiciliares.

- ***Presidência da República – Casa Civil:***

- Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova, na forma de Anexo o regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências.

- Portaria nº 49/2005, que submete à consulta pública o Projeto de Instrução Normativa que aprova os limites máximos de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidos nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes.

- ***Ministério da Agricultura:***

- Instrução Normativa nº 23, de 31 de agosto de 2005, que trata das definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura, conforme anexos a esta Instrução Normativa.

- Instrução Normativa nº. 10 de 6 de maio de 2004, que aprova as disposições sobre a classificação e os registros de estabelecimentos e produtos, as exigências e critérios, para embalagem, rotulagem, propaganda e para prestação de serviço, os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes destinados à agricultura.

- Portaria nº 353, de 13/09/85, altera a redação do Art. 2º da Portaria nº 84, de 29/03/82;

- Portaria MA 84 de 29-03-82 - Disposições sobre exigências, critérios e procedimentos a serem utilizados pela Inspeção e Fiscalização da Produção e do Comércio de Fertilizantes, Corretivos, Inoculantes, Estimulantes ou Biofertilizantes;

- Portaria nº 01 da Secretaria de Fiscalização Agropecuária do M. A. de 04-03-83 que dispõem sobre a inspeção e a fiscalização da produção e comércio de fertilizantes e corretivos agrícolas e aprovam normas sobre especificações, garantias e tolerâncias.

- Apesar de estar revogada pela Portaria nº 276, de 29 de setembro de 1998, ainda vale como base de comparação e parâmetros das características químicas (com relação à produção de composto de resíduos agroextrativistas), a legislação determina que o fertilizante orgânico para ser comercializado, deve apresentar as seguintes garantias:

Quadro 05. Principais características do fertilizante orgânico para ser comercializado, 1983

Item	Valor	Tolerância
Matéria orgânica total	Mínimo de 40 %	Menos 10%
Teor de Nitrogênio total	Mínimo de 1 %	Menos 10%
Índice pH	Mínimo de 6,0	Menos 10%
Umidade	Mínimo de 40%	Mais 10%
Relação C/N	Máximo de 18/1	12/1
Microorganismos	Não deve conter patogênicos	
Metais pesados	Não acima dos limites toleráveis	

Fonte: Portaria nº 01 de 04-03-83 do Ministério da Agricultura

4.7. O consumo de fertilizantes e a Compostagem, no Brasil e na Amazônia

Com relação ao consumo de fertilizantes (adubos químicos) por Estados, Regiões, principalmente a Região Norte, que representa apenas **0,85 % do consumo nacional de adubos** – conforme pode-se observar na Tabela 03, e no Brasil pode-se detectar além do percentual de contribuição e utilização, as necessidade de mercado e demanda por composto orgânico para a Região Norte, em função também da baixa produção agrícola. Com isso, pode-se também aumentar as justificativas para propor os investimento na instalação de unidades de compostagem para os municípios.

Tabela 03. Consumo e entrega de fertilizantes, por Região, no Brasil, 2002-2004

Região e Estado	2002 (a)	2003 (b)	2004 (c)	Variação (%) (b/a)	Variação (%) (c/b)
Região Sul	5.894.986	6.620.200	6.931.962	+12,30	+4,70
Região Centro-sul	14.286.265	17.184.830	16.848.843	+20,29	-2,00
Região Nordeste	1.759.362	2.132.141	2.260.342	+21,18	+6,00

Região	121.148	169.161	192.323	+39,63	+13,70
Norte					
Brasil	22.061.761	26.106.332	26.233.470	+18,33	+0,48

Fonte: Associação dos Misturadores de Adubos do Brasil (AMA-BRASIL), ANDA, SIACESP, Sindicato da Indústria de Adubos do Rio Grande do Sul (SIARGS) e Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos do Nordeste (SIACAN).

Os dados anteriores mostraram que a região Norte obteve o maior crescimento quanto ao consumo de fertilizantes para a agricultura em relação ao país e às demais regiões do Brasil, o que se reflete em um bom indicativo do aumento da produção agrícola, no entanto representa apenas 0,85% do consumo de fertilizantes (adubos químicos) a nível nacional.

Isto pode justificar uma provável e possível tendência, além de uma demanda crescente de mercado pela utilização de insumos agrícolas, de preferência de baixo custo. Vale lembrar que o composto orgânico possui baixo custo, bem como não representa um concorrente direto aos fertilizantes químicos (NPK's). Por vez, para se obter o composto orgânico atualmente utiliza-se como forma de tratamento/destinação e aproveitamento da fração orgânica (restos) do lixo urbano, ambientalmente adequadas, a compostagem.

Uma pesquisa de mercado dos insumos agrícolas realizada em 03-02-2007 foi realizada para verificar a concorrência do produto (composto orgânico) quanto aos fertilizantes (adubos químicos) e os compostos orgânicos comercializados nas proximidades do município e nos grandes centros mais próximos, para verificação da viabilidade econômico-financeira:

Quadro 06. Síntese da pesquisa de preços médios praticados para os Fertilizantes (adubos químicos)

Produtor ou Revendedor	Endereço - Local	Procedência (local)	Composição do Produto	Preço - Venda R\$	Preço unitário R\$ / kg
-------------------------------	-------------------------	----------------------------	------------------------------	--------------------------	--------------------------------

				(saco)	
ABC DO SÍTIO Prod. Agropec.	Av. Pe Júlio Maria Lombaerd, nº 1976 – Santa Rita. Tel.: 3224-1416	Belém -PA	NPK 10-10-10	44,00 (50 kg)	0,88
			NPK 18-18-18	61,50 (50 kg)	1,23
			NPK 10-28-20	63,00 (50 kg)	1,26
Casa do Criador	Rua Guanabara, nº 959 – Pacoval Telefone: 32236564 ou 3223-3186	Belém - PA	NPK 10-10-10	45,00 (50 kg)	1,30
			NPK 18-18-18	65,00 (50 kg)	1,70
			NPK 10-28-20	65,00 (50 kg)	1,70
AVICAP	Av. Mendonça Jr., nº 450 - Centro Telefone: 3222- 1118	Belém - PA	NPK 10-10-10	50,00 (50 kg)	1,00
			NPK 18-18-18	68,00 (50 kg)	1,36
			NPK 10-28-20	69,00 (50 kg)	1,38
PROPEC Agropecuária	Rua Guanabara, nº 358 – Pacoval Telefone: 3223- 7522 ou 3222-5564	Belém - PA	NPK 10-10-10	2,40 (2 kg)	1,20
			NPK 10-28-20	3,30 (2 kg)	1,65
Shopping Rural Ltda	Rua Guanabara, nº 358 – Pacoval Telefone: 3223- 0995 ou 3223-8616	Belém - PA	Ouro Verde (NPK 4-14-8)	6,50 (1 kg)	6,50
Aluvião do Jari	Rua Municipalista, nº 26 – Centro Comercial – Laranjal do Jari	Belém - PA	NPK 10-10-10	3,50 (1 kg)	3,50

Fonte: OLIVEIRA, D.F., 2007

Quadro 07. Síntese da pesquisa de preços médios praticados para os Adubos vegetais
(composto orgânico)

Produtor ou Revendedor	Endereço - Local	Procedência (local)	Composição do Produto	Preço - Venda R\$ (saco)	Preço unitário R\$ / kg
Sr. Alberico	Estrada da Fazendinha km 7 - Macapá	Macapá - AP	“terra” + Calcário + Esterco de frango e de gado	4,00 (20 kg)	0,20
Sr. Augusto	Rodovia JK s/n - Macapá	Macapá - AP	“terra” + Esterco de gado	4,00 (20 kg)	0,20
Sr. Sergio (AGROVIVA)	Rua Eliezer Levy, nº 536 - Lagunho Telefone: 3223-3624 ou 9903-8942	Macapá - AP	“terra” + Esterco de gado	5,00 (20 kg)	0,25
Sr. Léo	Rodovia AP 20, s/n - Macapá Telefone: 9128-9040	Macapá - AP	“terra” + Moinha (madeira) + Esterco de gado	6,00 (20 kg)	0,30
Sra Elenice	Rodovia AP 20, nº 1221 - Macapá	Macapá - AP	“terra” + Casca de Arroz + Esterco de frango	6,50 (20 kg)	0,33
Viveiro Santa Clara	Rodovia AP 20, nº 1861 - Macapá	Santa Isabel Pará	“terra” + Esterco de frango	6,50 (20 kg)	0,33
Sra Zenaide	BR 153, km 11 - Macapá	Belém - PA	“terra” + Moinha (madeira) + Esterco de frango	7,00 (20 kg)	0,35
Sr. Miguel	Rodovia AP 20, s/n - Macapá	Macapá - AP	“terra” + Casca de Arroz	7,00 (10 kg)	0,70

			+ Esterco de frango		
Casa do Criador	Rua Guanabara, n° 959 – Pacoval Telefone: 32236564 ou 3223-3186	Belém - PA	“terra” + matéria orgânica (*) (*) não declarou ou não soube informar	3,50 (3,5 kg)	1,00

Fonte: OLIVEIRA, D.F., 2007

Como se pode observar e constatar pelos dados pesquisados o custo para aquisição de composto orgânico é menor que a dos fertilizantes (adubos químicos). Ambos são insumos agrícolas e não são considerados produtos concorrentes de mercado. A compostagem no Brasil, como forma de tratamento e reaproveitamento da fração orgânica dos resíduos domiciliares produzidos, em média no Brasil, representa apenas 0,9% das medidas adotadas nos centros urbanos, conforme a Figura 35 a seguir:

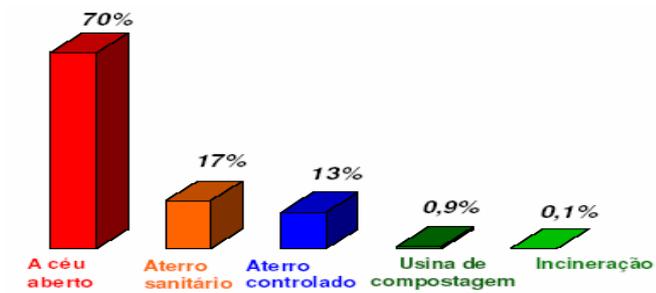


Figura 35. Formas de Disposição Final dos resíduos Sólidos no Brasil, 2002

Fonte: IPT/CEMPRE (2002) – citado no CD-ROM do Programa Desperdício Zero.

Com relação às formas de destinação, um dado contrastante e crítico, do mesmo ano, observado na bibliografia consultada, deve ser citado.

De acordo com o relatório do IBAM, sobre os dados do PNSB, em 2000, estimou-se que são gerados no país perto de 157 mil toneladas de resíduos domiciliares e comercial por dia (PNSB-IBGE, 2000), entretanto, somente 20% da população brasileira ainda não contam

com serviços regulares de coleta de lixo. Do total de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados no Brasil tem-se a seguinte destinação, de acordo com a Figura 36.

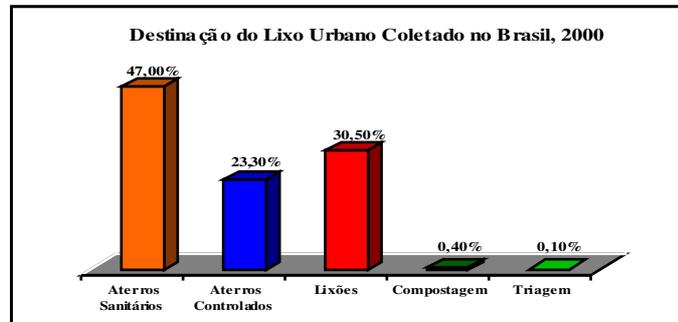


Figura 36. Destinação do Lixo Urbano Coletado no Brasil (IBGE, 2000)

Segundo o IBGE os percentuais apresentados anteriormente referem-se apenas ao **lixo coletado**. Se forma observadas relativamente ao número de municípios verifica-se que a principal forma de destinação são os lixões, desperdiçando materiais e energia. Os principais percentuais indicados na pesquisa estão dispostos na Figura 37 mostrando que 59% do lixo coletado vai parar nos lixões e que apenas 0,4% vai para a compostagem:

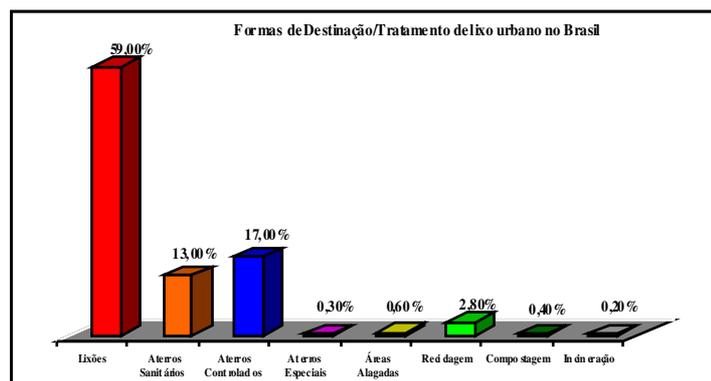


Figura 37. Porcentagens relativas ao número de municípios brasileiros e suas formas de destinação e tratamento de lixo urbano (IBGE, 2000).

Quanto a utilização da matéria orgânica do lixo domiciliar, os resultados de estudos de composição gravimétrica realizados em nove (9) cidades da Amazônia Legal contempladas

em um projeto do MMA e de composição média de variadas cidades brasileiras, permite uma verificação da quantidade de resíduos orgânicos que poderiam ser aproveitadas na compostagem para produção de um insumo agrícola. As diferenças percebidas na Tabela 04 a seguir têm estreita relação com aspectos sócio-econômicos da região, ou seja, hábitos de consumo e o próprio descarte de resíduos domiciliares:

Tabela 04. Composição gravimétrica física média do lixo domiciliar, nas cidades da Amazônia contempladas pelo projeto do Ministério do Meio Ambiente, 2004

Estado	Município	Componentes (%)					
		Papel	Vidro	Plástico	Metal	Orgânica	Outros
Pará	Breu Branco	8,30	3,50	10,87	8,15	37,63	31,55
Roraima	Caracarai	13,00	3,00	19,00	8,00	47,00	10,00
Maranhão	Cururupu	5,82	0,23	12,01	1,47	76,23	4,24
Rondônia	Guajará	10,00	1,30	16,10	5,50	57,10	10,00
	Mirim						
Mato Grosso	Juina	10,82	3,55	17,37	3,39	55,99	8,88
Amapá	Laranjal do Jari	10,45	10,70	8,04	7,98	53,45	9,38
Amazonas	Manicoré	17,00	2,00	20,00	4,00	52,00	5,00
Tocantins	Porto Nacional	20,00	1,80	25,20	5,20	40,10	7,70
Acre	Xapuri	14,53	2,27	12,71	3,64	56,51	10,34
Média das 9 cidades		12,20	3,10	15,70	5,30	52,90	10,0
Média das cidades brasileiras		21,60	2,40	7,40	3,80	64,70	0,10

Fonte: Projeto MMA-IBAM, 2004 (Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Amazônia) – Adaptado pelo autor.

OBS: Dados do relatório – A metodologia e os resultados de sua aplicação. Os trabalhos foram desenvolvidos sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), por intermédio da Secretaria de Coordenação da Amazônia – SCA e da Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos – SQA, no período entre novembro de 2001 e janeiro

de 2004, contando com o apoio técnico do Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM e com recursos do Orçamento Geral da União em parceria com o Governo Holandês. A partir de 2003, o projeto Gestão Urbana e Ambiental da Amazônia – GUAIA passou a ser coordenado pelo Programa de Ecoturismo da Amazônia – PROECOTUR, integrante da própria SCA.

Nesse sentido, haverá sempre propostas diferenciadas de produção de alimentos, que mesmo utilizando o composto orgânico como insumo devem ser encaradas como um incentivo à ampliação dos dados ora apresentados, reforçando ainda mais a importância que deve ser dada à análise das peculiaridades e condições regionais, dada a vastidão, a ampla diversidade sócio-cultural e econômica da Amazônia. Em especial para Laranjal do Jari verificou-se a grande quantidade de materiais orgânicos que são desperdiçados e não são aproveitados na compostagem, bem como são destinados de maneira inadequada em lixões.

Outros dados e informações pertinentes à questão da coleta, destinação e tratamento dos resíduos puderam ser extraídos da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) mostram mais diferenças entre os indicadores no não aproveitamento da fração orgânica do lixo gerado, agora em relação ao Brasil, bem como à região Norte. Os dados estão dispostos a seguir na Tabela 05 que mostra a quantidade de municípios com coleta regular de resíduos.

Tabela 05. Quantidade de lixo coletado, por região brasileira, por tipo de destinação, 2002

Região	Total de Lixo (Ton./dia)	Formas de destinação (%)				
		Lixão	Vazadouro em áreas alagadas	Aterro Controlado	Aterro Sanitário	Outros
Norte	11.067,10	56,70	0,50	28,40	13,40	1,00
Nordeste	41.557,80	48,20	0,10	14,60	36,20	0,90
Sudeste	141.616,80	9,70	0,06	46,50	37,10	6,64
Sul	19.874,80	25,70	1,80	24,30	40,50	7,70
Centro-Oeste	14.296,50	21,90	0,06	32,81	38,80	6,43

Brasil	228.413,00	21,16	0,10	37,03	36,10	5,61
---------------	-------------------	--------------	-------------	--------------	--------------	-------------

Fonte: Fundação IBGE, PNSB realizada em 2000 e publicada em 2002

Pode-se apreender desta análise uma necessidade urgente de aprimorar o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos principalmente na região Norte, visando melhorar os indicadores para, pelo menos, aproximá-los das demais regiões brasileiras. Outra observação importante é o fato do não relacionamento da compostagem como forma de destinação ou tratamento dos resíduos, observado pela Tabela 05 anterior. No entanto, seja qual for a região brasileira ou mesmo o município envolvido, de acordo com as informações anteriores pode-se verificar que a compostagem é uma atividade ainda muito pouco utilizada ou mesmo sendo difundida, em função de problemas operacionais e principalmente pela qualidade do composto produzido, bem como há um desperdício enorme de materiais recicláveis, e resíduos orgânicos.

Os problemas relacionados aos resíduos sólidos urbanos gerados nas cidades amazônicas não são muito diferentes daquelas que ocorrem nas cidades das demais regiões brasileiras, pois, ao contrário do que se pensa normalmente, os resíduos sólidos urbanos gerados na região amazônica não têm diferenças significativas aos das outras regiões do país. Vale ressaltar que a compostagem proposta neste trabalho utilizará materiais orgânicos que não serão misturados ou “contaminados” com o lixo domiciliar ou qualquer outro tipo de resíduo. Conforme visto anteriormente no Capítulo II existe a possibilidade de segregação na fonte e a implantação de uma coleta separada da domiciliar ou seletiva.

Segundo HOMMA (2000) da EMBRAPA, por meio de seus técnicos, recomenda o uso do composto orgânico nos solos da região amazônica, devido as suas propriedades de compactação e nutrição; sendo que colocar o adubo solúvel ou qualquer outro fertilizante de origem físico-química, o mesmo some com as primeiras chuvas de inverno, arrastado pelas águas que ocorrem ou então é fixado ao solo sob forma de hidróxidos insolúveis que a planta normalmente não absorve. Ainda segundo o mesmo pesquisador, um grande percentual da produção agrícola da Amazônia transforma-se em lixo orgânico sob diversas modalidades, e é necessário dar novo sentido de limpeza dos núcleos populacionais na Amazônia visando ao seu aproveitamento para a fabricação de compostagem, reduzindo a poluição nos mananciais de água, formação de lixões, etc. e seu aproveitamento na recuperação de áreas degradadas. O

rio Amazonas, por exemplo, está se transformando num grande esgoto das cidades ao longo da sua calha, tais como: Manaus, Porto Velho, Santarém, Macapá etc.

Por outro lado, estudos realizados pela EMBRAPA (1981) demonstraram a viabilidade da constituição de pastagens permanentes na Amazônia, mediante a adição ao solo de grandes quantidades de fosfato. O problema é que havia, à época, uma impossibilidade física (grandes distâncias), associada a uma impossibilidade econômica (altos custos de produção e transporte). Ou seja, feitas as contas, a produção agrônômica convencional esperada não compensaria, sequer, o investimento inicial. Esses estudos indicaram, também, duas possibilidades de transformar os solos amazônicos em áreas propícias à agricultura e pecuária:

Primeira: viabilizar o fosfato na escala necessária, mediante o emprego de tecnologias apropriadas de produção; e

Segunda: introduzir a adubação orgânica nos processos de produção agrícola.

CAPÍTULO V - METODOLOGIA DA PESQUISA

5.1. Disposições gerais

A pesquisa envolvida neste trabalho dissertativo, de acordo com as formas clássicas de classificação, está caracterizada a seguir:

- Do ponto de vista da forma de abordagem do problema é uma **Pesquisa Qualitativa** segundo Gil (1999) porque considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. **É descritiva** também, pois os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais da abordagem.
- Do ponto de vista de seus objetivos (GIL, 1999) é uma **Pesquisa Exploratória** porque visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso.
- Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, segundo GIL (1999), é uma **Pesquisa Bibliográfica** porque também foi elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet.

A coleta de dados, no Estudo de Caso, normalmente é feita com a aplicação de vários procedimentos, os mais usuais são: a observação direta, a análise de documentação, a entrevista e a história de vida (GIL, 1999). Nesse caso, não é necessário limitar-se a uma única fonte de evidência, baseou-se em amplas e variadas fontes, ou seja, evidências provenientes de duas ou mais fontes que convergem em relação ao mesmo fato (YIN, 2001).

As seis principais fontes de evidências nessa pesquisa foram: documentação, recortes de jornais, artigos, documentos administrativos, relatórios, entre outros; a observação direta, visita de campo ao local escolhido para o estudo de caso; a observação participante, (em que o observador passa de estado de observação passiva para atuante dentro da área do estudo de caso); os registros em arquivos, dados oriundos dos censos demográficos, mapas e tabelas, listas de nomes, entre outros; as entrevistas; e, por último, os artefatos físicos, que são aparelhos de alta tecnologia, ferramentas ou instrumentos utilizados na coleta de dados. Na

pesquisa em questão, foram utilizados os procedimentos de observação direta, com visitas sistemáticas às localidades e à sede do município de Laranjal do Jari, com registros fotográficos, a fim de verificar *in loco* a realidade apresentada no que se refere à gestão dos resíduos sólidos urbanos de Laranjal do Jari e ainda, foram efetuados vários percursos para se obter um panorama geral da área estudada. Adotou-se também a pesquisa documental em fontes secundárias e disponíveis publicamente, como EMBRAPA, INPA, IEPA, GEA, etc.

Na segunda etapa, em relação ao sistema de coleta, transporte, tratamento, disposição final dos resíduos sólidos, os dados foram adquiridos junto a prefeitura municipal. Os dados sobre as características físicas percentuais do lixo agroextrativista, apresentou o fator de maior dificuldade durante todo o desenvolvimento do trabalho, pois se pretendia realizar um processo de amostragem no aterro local, entretanto, devido a dificuldades particulares, não foi possível realizar esta atividade com grande êxito. E finalmente, a composição física e percentual dos resíduos agroextrativistas, foi obtida através de um trabalho realizado pelo próprio autor em parceria com os próprios produtores dos resíduos, através de medição direta e cálculos de estimativa, bem como de diversas pesquisas em fontes bibliográficas.

Após a análise dos dados, foi realizada uma pesquisa em bibliografias especializadas que permitisse desenvolver a fundamentação teórica sobre o processo mais indicado para a reciclagem da fração orgânica dos resíduos sólidos, isso, de acordo com as características do local de estudo. Segundo GIL (1999), a análise e interpretação dos dados coletados no estudo de caso diferem das etapas seguidas nos outros métodos de pesquisa, a análise irá depender sobretudo da qualidade da amostra. Na análise dos dados primários coletados nesta pesquisa, constituídos pelas transcrições das entrevistas, depoimentos, observações e medições diretas e registros fotográficos, predominantemente qualitativos e através de uma análise descritiva, bem como de levantamentos quali-quantitativos do composto orgânico produzido experimentalmente, procurou-se ao máximo realizá-la de maneira imparcial, buscando a fundamentação teórica e o processo proposto de gestão dos resíduos sólidos como parâmetros.

A fase de pesquisa de campo foi considerada de grande importância para o desenvolvimento da pesquisa, pois, através dos dados, foi realizado o Diagnóstico da situação atual dos resíduos do município, abordando os aspectos mais relevantes em relação ao método mais indicado para o tratamento da fração orgânica do lixo específico denominado “agroextrativista” de acordo com as características do município. A busca por estas informações foi dividida em duas etapas: levantamento de dados sobre o município (histórico,

aspectos sócio-econômicos, localização, etc.) e levantamento sobre o sistema de coleta, transporte, tratamento, disposição final e as características físicas percentuais.

Primeiramente foram identificados os pontos de maior concentração desses resíduos (ver item 2.5 anterior), e em seguida, coletadas amostras (cerca de 50 litros) dos resíduos, dos principais locais de disposição dos mesmos, de forma manual em bolsas de couro e baldes metálicos e em seguida misturados. Esses volumes de resíduos foram coletados em quatro (4) situações diferentes, ao longo do tempo disponível, coincidentemente, em função das viagens ao local, nas datas especificadas, bem como justificadas a seguir:

- Dia 05-07-2006: Primeira coleta de resíduos, no período de início da Estiagem (ocorrência de menos chuvas na região);
- Dia 26-10-2007: Segunda coleta de resíduos, no período de eleições e auge do período de Estiagem (ocorrência de menos e de menores intensidades de chuvas na região);
- Dia 07-02-2007: Terceira coleta de resíduos, no período de férias e início do período de ocorrência de mais e maiores intensidades de chuvas na região;
- Dia 22-07-2007: Quarta e última coleta de resíduos, no período de início da Estiagem (ocorrência de menos chuvas na região), no entanto ocorreram chuvas no período;

Em seguida, logo após a coleta e armazenamento temporário dos resíduos, providenciou-se uma bancada artesanal, montada para determinação dos respectivos pesos específicos dos resíduos, através da medição direta do peso, volume e conseqüente divisão dos resultados numéricos, os quais serão necessários para futuros dimensionamentos do sistema de gestão proposto, dos tipos de acondicionamento, coleta e transporte dos mesmos. Em seguida foram calculados as médias e os desvios-padrão. Os materiais utilizados para tal procedimento foram: Becker de vidro, capacidade de 1 litro; Balança digital da marca TOLEDO; Triturador manual com peneira de 8 mm; Recipiente de plástico para coletar as amostras e Pincel, bem como os respectivos registros fotográficos e os procedimentos adotados estão mostradas a seguir, na seqüência fotográfica, da Figura 38 a Figura 55:



Figura 38. Foto dos materiais utilizados no procedimento da determinação do peso específico dos resíduos.



Figura 39. Foto e vista de parte das amostras utilizadas na medição e determinação do peso específico dos resíduos agroextrativistas. Na esquerda, as cascas de castanha e a direita os caroços de açai.



Figura 40. Foto da montagem e vista da bancada para o procedimento da determinação do peso específico dos resíduos.



Figura 41. Foto do Detalhe do peso de Becker utilizado para pesagem e medição volumétrica das amostras de resíduos utilizados na determinação do peso específico



Figura 42. Início do procedimento da



Figura 43. Transferência dos caroços de

determinação do peso específico dos resíduos. Coleta de quantidade de caroços de açaí para medição.

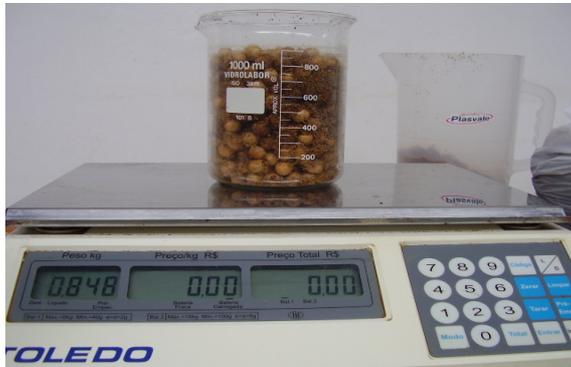


Figura 44. Detalhe da medição do peso e da quantidade volumétrica de caroços de açaí no Becker de 1 litro (a medida é visual, na marcação, por acomodação normal, sem compactação no Becker).

açaí para o Becker através do Recipiente plástico.



Figura 45. Após a anotação da pesagem e verificação do volume de 1 litro de resíduo, a transferência dos caroços de açaí para o triturador manual.



Figura 46. Trituração dos caroços de açaí. Processo muito difícil pelas características compactas dos caroços.



Figura 47. Ao término da trituração, a desmontagem e a limpeza do triturador para não perder os resquícios de resíduo que ficaram no interior do mesmo.



Figura 48. Vista dos caroços de açaí triturados



Figura 50. Transferência das cascas de castanha para o Becker através do Recipiente plástico.



Figura 52. Após a anotação da pesagem e verificação do volume de 1 litro de resíduo, a transferência das cascas de castanha para o triturador manual.

Figura 49. Retorno dos caroços de açaí ao Becker de medição volumétrica (1 litro) para verificação da redução ou o crescimento volumétrico dos caroços de açaí triturados



Figura 51. Detalhe da medição do peso e da quantidade volumétrica de cascas de castanha no Becker de 1 litro (a medida é visual, na marcação, por acomodação normal, sem compactação no Becker).



Figura 53. Trituração das cascas de castanha. Processo mais fácil pelas características das cascas e do grande volume de vazios.



Figura 54. Ao término da trituração, a desmontagem e a limpeza do triturador para não perder os resquícios de cascas de castanha que ficaram no interior do mesmo.



Figura 55. Vista de 1 litro de cascas de castanha trituradas. Também houve o retorno das cascas de castanha ao Becker de medição volumétrica (1 litro) para verificação da redução ou o crescimento volumétrico das cascas de castanha trituradas

Vale ressaltar que o procedimento descrito e visualizado acima foi repetido e realizado em Laranjal do Jari, nas datas especificadas anteriormente, tanto para os caroços de açaí quanto para as cascas de castanha, bem como os resultados das medições realizadas no procedimento para determinação do peso específico estão dispostos no item 5.2 a seguir, bem como podem ser verificados através das **Tabelas 06 a 09, no ANEXO A** do presente trabalho.

A proposta de compostagem consiste em variar os percentuais constituintes dos resíduos agroextrativistas em cada pilha de composto para posterior análise do melhor composto ou o mais adequado. Para a montagem das pilhas de composto no pátio experimental, os resíduos foram triturados com peneira mínima (8 mm) para facilitar a montagem das pilhas e acelerar o processo de compostagem dos materiais triturados (PMT's). Assim, de acordo com a Tabela 10, para a produção experimental de composto orgânico foram distribuídas as seguintes quantidades de resíduos:

Tabela 10. Distribuição experimental dos percentuais de resíduos para formação das pilhas de compostagem

Identificação das Pilhas	Composição Percentual	Volume Total das Pilhas (litros)	Quantidades Volumétricas (litros)	
			Caroço de Açaí	Casca de Castanha
PMT 01	100% Caroços de Açaí	2	2	--
PMT 02	50% Caroços de açaí e 50% Cascas de castanha	2	1	1
PMT 03	100% Cascas de Castanha	2	--	2
PMT 04	75% Caroços de açaí e 25% Cascas de castanha	2	1,50	0,50
PMT 05	90% Caroços de açaí e 10% Cascas de castanha	2	1,80	0,20
PMT 06	25% Caroços de açaí e 75% Cascas de castanha	2	0,50	1,50
PMT 07	10% Caroços de açaí e 90% Cascas de castanha	2	0,20	1,80
TOTAL		14	7	7

Fonte: OLIVEIRA, D.F., 2007

Foram montadas as pilhas cônicas com um volume de 2 litros cada, bem como uma altura máxima operacional estimada em 10 cm sendo as mesmas misturadas e revolvidas com auxílio de uma colher, no respectivo pátio experimental, “como se estivesse fazendo uma argamassa para construção”. Além da aeração, do controle de temperatura e umidade das pilhas foi considerado ainda, uma distância mínima entre leiras em torno de 15 cm, em virtude de uma boa separação e como um fator de segurança para não haver contato ou misturas entre as pilhas durante as operações de mistura ou revolvimento.

Para uma boa utilização da área nesta operação, em função da acomodação (sedimentação) dos resíduos, admitiu-se ainda um aumento de aproximadamente 10 cm do perímetro da área da base (aumento da área da base). Logo, o diâmetro máximo de cada base das pilhas experimentais, bem como as áreas ocupadas pelas mesmas, para fins de dimensionamento dos pátios de compostagem deverá ser:

$V = 1/3 \times \pi \times r^2 \times h \therefore 2 \cdot 10^{-3} = 1/3 \times \pi \times r^2 \times 0,10 \therefore r^2 = 6 \cdot 10^{-3} / (\pi \times 0,10) \therefore r \cong 14 \text{ cm} \therefore d \cong 28 \text{ cm}$.

Área_{máxima} da base de cada pilha experimental = $(\pi \times d^2) / 4 \therefore \pi \times (0,28 + 0,10)^2 / 4 \therefore A_{\text{Base}} \cong 0,12 \text{ m}^2$

Área do pátio de compostagem experimental > $(0,12 \text{ m}^2 \times 7 \text{ pilhas}) + \text{Segurança} + \text{Acréscimo}_{\text{operacional}}$

Logo, conforme as considerações e estimativas adotadas anteriormente, as medidas do pátio experimental de compostagem construído estão de acordo com a Figura 56 a seguir:

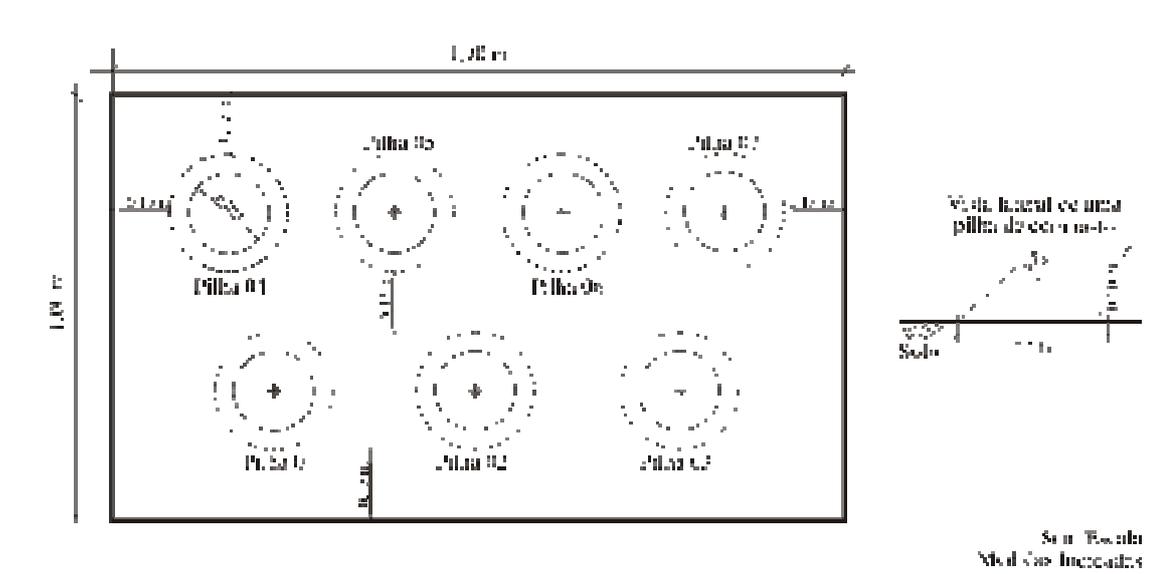


Figura 56. Planta esquemática e medidas do pátio experimental de compostagem e vista lateral de uma pilha

Quanto a montagem do pequeno pátio de compostagem dimensionado para a realização do experimento e produção do composto orgânico, foram utilizados os seguintes materiais:

- Para trituração da quantidade de resíduos necessária: Becker de vidro, com capacidade de 1 litro; Triturador manual com peneira de 8 mm; 1 Recipiente de plástico maior (para os caroços de aço) e 1 Recipiente metálico menor (para as cascas de castanha) para coletar e reservar os volumes das amostras de resíduos trituradas, e Pincel;

- Para a montagem e monitoramento do pátio experimental de compostagem: 14 litros de resíduos triturados; Taliscas de madeira, para delimitação do pátio experimental (1,00 x 1,90 m); Termômetro digital, da marca Termo Med Brasil; Prancheta com as planilhas de controle e anotação da medição da temperatura; Colher grande; Mangueira com água e Formicida, da marca Pik gran Pikapau 40.

Os respectivos registros fotográficos e os procedimentos adotados estão dispostos a seguir, nas Figuras 57 a 76:



Figura 57. Vista dos materiais utilizados para triturar os resíduos para montagem do pátio experimental



Figura 58. Vista dos materiais utilizados e do pátio experimental preparado para o início do experimento



Figura 59. Detalhe e vista dos caroços de açaí triturados



Figura 60. Detalhe e vista da casca de castanha triturada



Figura 61. Início da montagem das pilhas experimentais. Vistas dos materiais utilizados para a construção.



Figura 62. Medição volumétrica da quantidade de resíduos com o Becker. Montagem da Pilha 01, conforme a Tabela 10.



Figura 63. Montagem da Pilha 03. Vista das pilhas 01 e 02 montadas e já misturadas, conforme a composição da Tabela 10.



Figura 64. Montagem e mistura da Pilha 04. Vista das pilhas 01 e 02 montadas e já misturadas, conforme a Tabela 10.



Figura 65. Montagem da Pilha 06. Vista das pilhas 01 e 02 montadas e já misturadas, conforme a composição da Tabela 10.



Figura 66. Montagem e mistura da Pilha 04. Vista das pilhas 01 e 02 montadas e já misturadas, conforme a composição da Tabela 10.



Figura 67. Pátio experimental de compostagem finalizado, com as sete (7) pilhas montadas, conforme a Tabela 09. da esquerda para a direita, embaixo: Pilhas: 01, 02 e 03. Na parte superior, no mesmo sentido, as Pilhas: 04, 05, 06 e 07.



Figura 68. Pátio montado para o início do processo de compostagem experimental, conforme a Figura 56.



Figura 69. Detalhe da vista da Pilha 01. 100% Caroços de Açáí



Figura 70. Detalhe da vista da Pilha 02. 50% Caroços de açáí e 50% Cascas de castanha



Figura 71. Detalhe da vista da Pilha 03. 100% Cascas de Castanha



Figura 72. Detalhe da vista da Pilha 04. 75% Caroços de açáí e 25% Cascas de castanha



Figura 73. Detalhe da vista da Pilha 05. 90% Caroços de açai e 10% Cascas de castanha



Figura 74. Detalhe da vista da Pilha 06. 25% Caroços de açai e 75% Cascas de castanha



Figura 75. Detalhe da vista da Pilha 06. 10% Caroços de açai e 90% Cascas de castanha



Figura 76. Pilhas experimentais umedecidas. Detalhe para o formicida colocado ao redor do pátio de compostagem. Vale ressaltar que após 3 minutos da montagem das pilhas surgiram muitas formigas.



Figura 77. Detalhe da medição e controle da temperatura das pilhas durante todo o processo de compostagem.



Figura 78. Detalhe da cobertura que foi construída para proteção contra fortes chuvas incidentes.

A quantidade de resíduos utilizada em cada pilha, no experimento foi definida em dois (2) litros ou cerca de 1 kg de cada amostra (pilha de composto), o que é mais que suficiente (como amostras) para análise das características químicas. Também influenciou na quantidade a dificuldade em triturar manualmente as quantidades de resíduos, em especial os caroços de açaí, bem como a falta de recursos tecnológicos e de espaço físico para construção do pátio experimental e realização da pesquisa. A trituração dos resíduos também serviu para favorecer a degradação pelos microorganismos, utilizando-se o menor tamanho de partículas (8 mm).

5.2. Resultados obtidos

Os resultados da determinação do peso específico dos resíduos podem ser verificados através das **Tabelas 06 a 09, no ANEXO A** do presente trabalho. Após os cálculos, como resultados médios dessa medição, obteve-se:

- Peso específico do caroço de açaí = 512 kg/m^3 e desvio padrão de $46,20 \text{ kg/m}^3$
- Peso específico da casca de castanha = 285 kg/m^3 e desvio padrão de $66,53 \text{ kg/m}^3$

Vale informar que até a presente data não havia publicação ou divulgação com tais informações (parâmetro físico) que são relevantes para o dimensionamento de um possível e futura implantação de um sistema de coleta e destinação desses resíduos. Também através da trituração dos resíduos e da verificação do peso específico (através da aferição das medições volumétricas) ocorreram percentuais médios, tanto de crescimento volumétrico de 30% para o caroço de açaí (sofre inchamento volumétrico após trituração) quanto de redução volumétrica de 60% para a casca de castanha (sofre redução volumétrica após trituração).

O processo de compostagem do pátio experimental que iniciou-se no dia 25-07-2007 encerrou-se no dia 25-10-2007. Verificou-se que após 95 dias de processo de compostagem, considerando-se a fase de degradação ativa (mais importante) e o início da fase de maturação, realmente obteve-se um material humificado, de coloração mais escura que a do início do processo, e com umidade ótima (após espremer na mão, ficou consistente). Os registros fotográficos e os procedimentos adotados estão dispostos a seguir:



Figura 79. Vista do composto orgânico no pátio experimental, após 95 dias de processo.



Figura 80. Retirada das pilhas e acondicionamento em sacos plásticos de fechamento hermético.

A temperatura (parâmetro mais importante, segundo PEREIRA NETO) do processo foi monitorada de três (3) em três (3) dias, conforme a sugestão do mesmo autor, quando propõe o reviramento das pilhas no mesmo período. Os resultados do monitoramento da temperatura estão dispostos nos gráficos das **Figuras 81 a 87 no ANEXO B** do presente trabalho. A variação média da temperatura, bem como a sua tendência ao longo do período de degradação ativa não obedeceu as curvas padrão e as faixas de variação da temperatura, conforme mostradas no Capítulo IV (item 4.2) do presente trabalho.

A verificação da umidade ótima foi feita de acordo com o teste da bolota e o teste da mão, ambos recomendados pelo IPT/CEMPRE (2000). O composto orgânico foi retirado do pátio através de uma colher de metal e prontamente acondicionados em sacos plásticos com fechamento hermético. As sete (7) amostras (pilhas) foram encaminhadas, dando a respectiva entrada no laboratório da EMBRAPA em Macapá no dia 29-10-2007 para determinação das características (composição) química dos compostos orgânicos produzidos, bem como para verificação da fertilidade e qualidade dos mesmos. Vale ressaltar que a metodologia adotada foi a padrão para fertilidade de solos desenvolvida pela EMBRAPA. Os resultados das características químicas dos compostos produzidos estão apresentados na Tabela 11:

Tabela 11. Resultados das análises das características químicas do composto orgânico produzido

Descrição do	Unidade	Resultados do Composto Orgânico produzido por Pilhas (PMT's)
--------------	---------	--

Parâmetro		Pilha						
		01	02	03	04	05	06	07
Nitrogênio	g/kg	10,6	14,0	12,7	13,4	12,9	15,9	10,8
P ₂ O ₅	mol/dm ³	21,0	9,0	17,0	10	15	17	15
K ₂ O	mol/dm ³	1,13	0,69	2,56	3,34	3,13	0,90	3,89
Cálcio	mol/dm ³	3,55	4,35	5,20	3,80	3,85	5,80	4,90
Ca+Mg	mol/dm ³	4,35	6,65	7,65	5,30	5,00	7,10	6,90
H+Al (acidez pot.)	mol/dm ³	7,42	11,8	16,6	9,50	9,50	16,3	17,2
SB (soma de bases)	mol/dm ³	5,48	7,34	10,21	8,64	8,13	8,00	10,79
V (saturação de alumínio)	%	42	38	38	48	46	33	39
M (saturação de bases)	%	2	1	1	1	1	1	1
Matéria orgânica	g/kg	289,92	340,61	317,29	329,46	352,77	354,80	296,00
pH	ad	6,20	6,50	6,50	6,50	6,30	6,50	6,30
CTC	mol/dm ³	12,90	19,14	26,79	18,14	17,63	24,33	27,95
Relação C/N	ad	27,35/1	24,33/1	24,98/1	24,59/1	27,35/1	22,31/1	27,41/1

Fonte: EMBRAPA-Macapá, 2007. Resultados dos Protocolos nº 459 a 465.

De acordo com os parâmetros expostos nos Capítulos II e IV sobre a qualidade e as características químicas dos compostos produzidos, obteve-se a **Tabela 12**, comparativa de vários resultados, disposta no **ANEXO C** do presente trabalho.

CAPÍTULO VI - A TÉCNICA DE COMPOSTAGEM PROPOSTA

6.1. Concepção do Projeto

Conforme as avaliações preliminares que visam conceber uma estruturação técnica e uma metodologia conceitual, principalmente para apoiar o projeto de uma futura unidade de compostagem para o distrito sede de Laranjal do Jari e desenvolver um composto orgânico com credibilidade e aceitação, com intuito de melhorar e incrementar a Limpeza Urbana ficou definido o seguinte modelo gestor: *Projeto de Compostagem através do método natural, aeração e disposição em pilhas cônicas, sem adição de catalisadores ou produtos químicos, formado pela mistura de resíduos triturados, oriundos da própria atividade extrativista para introdução de um composto orgânico a fim de potencializar o mercado de condicionantes de solo, com um produto de boa qualidade.* Para o processo de compostagem proposto serão utilizadas pilhas cônicas pois envolve compostagem de baixo custo e processo simplificado, conforme definição de PEREIRA NETO (1996).

A metodologia de produção do composto orgânico consistirá em variar os percentuais quantitativos dos resíduos agroextrativistas, desenvolvidos em pilhas cônicas a fim de encontrar a composição ideal, bem como o composto adequado ao tipo de solo e plantas, em processo de compostagem natural. Este projeto pretende ser uma solução sem fins lucrativos na fase experimental, através de um serviço de coleta e tratamento diferenciado, para o problema dos resíduos orgânicos administrado pelo setor público, melhorando os serviços de

infra-estrutura, em particular introduzindo a coleta de resíduo agroextrativista bem como seu destino e tratamento ambientalmente adequado.

6.1.1. Análise social, ambiental e econômica da atividade proposta

Espera-se com a implantação de uma unidade de compostagem maior, uma redução progressiva do desperdício, da poluição do solo e visual principalmente com melhorias no panorama da limpeza urbana da cidade. Também se espera contribuir para redução dos custos com insumos, por parte dos produtores agrícolas, com melhoras nas práticas agrícolas e na produtividade local, e a “saúde” dos solos.

A perspectiva futura da compostagem é o aumento da produção de composto orgânico e das vendas de um produto natural, “made in Amazônia” bem como a possível formalização de contratos e convênios para fornecimento, para o Governo do Amapá fomentar seus empreendimentos rurais, para a empresa JARI Celulose S.A. que precisa desse produto e que atualmente importa grande parte de “adubos NPK’s” e até cascas de arroz oriundas do Maranhão, onerando seus custos. A atividade implantada deverá contribuir para gerar emprego e renda com sustentabilidade para o segmento agrícola fomentando a agroecologia local, melhorando tecnicamente os trabalhos do campo, e as condições do solo para a produção agrícola local.

Quanto ao produto final, o composto orgânico deverá possuir nutrientes minerais tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, que são assimilados em maior quantidade pelas raízes além de ferro, zinco, cobre, manganês, boro e outros que são absorvidos em quantidades menores e, por isso, denominados de micronutrientes. Quanto mais diversificados os materiais com o qual o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que poderá suprir ao solo e às plantas. Os nutrientes do composto, ao contrário do que ocorre com os adubos minerais, são liberados lentamente, pois formam hidróxidos ou substâncias insolúveis em água, realizando a tão desejada “adubação natural” e de disponibilidade de nutrientes de forma controlada necessária para o tipo de solo e as práticas agrícolas locais, minimizando ou até evitando a lixiviação dos nutrientes e a posterior eutrofização dos corpos hídricos.

Segundo informações do CEMPRE (2004) a matéria orgânica “compostada” se liga às partículas do solo (areia, limo, silte e argila), formando pequenos grânulos que ajudam tanto na retenção quanto na drenagem de água, melhorando também sua aeração. Além disso, a presença de matéria orgânica no solo aumenta o número de minhocas, insetos e microorganismos desejáveis, o que reduz a incidência de doenças nas plantas. O composto orgânico também funciona como uma solução tampão, ou seja, impede que o solo sofra mudanças bruscas de acidez ou alcalinidade, melhorando a “saúde do solo” onde é aplicado, o que constitui-se em uma necessidade e uma solução para melhorar a produtividade em função do tipo de solo natural do município de Laranjal do Jari. A matéria orgânica do composto pode neutralizar ainda várias toxinas e imobilizar metais pesados no solo, tais como: cádmio e chumbo, diminuindo a absorção destes metais prejudiciais às plantas.

6.2. Sistema proposto para Coleta dos Resíduos

Em virtude da falta de coleta por parte da Prefeitura, bem como da inexistência de uma coleta seletiva para os resíduos agroextrativistas fez-se necessário um dimensionamento do sistema de acondicionamento, coleta e transporte desses resíduos. Boa parte do sucesso na realização da compostagem virá da coleta regular dos resíduos. Conforme levantamentos realizadas, estimou-se as seguintes quantidades produzidas de resíduos agroextrativistas:

- **Caroço de Açaí:** $470 \text{ litros / dia} \times 0,840 \text{ kg / litro} = 395 \text{ kg / dia} = 8.700 \text{ kg / mês}$
- **Cascas de Castanha:** $240 \text{ litros / dia} \times 0,550 \text{ kg / litro} = 132 \text{ kg / dia} = 2.900 \text{ kg / mês}$

Com isso, o sistema de coleta deverá contar com um veículo coletor de carroceria baixa e com laterais basculantes com capacidade de 1.500 kg, visando maior conforto ergométrico aos operadores e de pequeno porte para facilitar manobras nas vias. Inicialmente, após o recebimento da autorização para coleta e transporte dos resíduos em questão, serão colocados recipientes padronizados nos locais, de comum acordo com os proprietários, os quais ficarão com a responsabilidade sobre a guarda dos mesmos.

Os proprietários deverão assinar um termo de responsabilidade e doação dos resíduos para fins experimentais, bem como manter contato com a Unidade de Compostagem. Será adotado um sistema de rodízio, com troca de recipientes cheios por recipientes limpos, a ser definido pela gerência, durante a coleta diária. Caberá ao estabelecimento produtor fazer a

separação do lixo, utilizando os recipientes padronizados (contentores), sem misturar com outros tipos de resíduos para não haver contaminação e/ou tempo gasto com segregação posterior. Portanto, admitindo-se uma segregação dos resíduos na fonte, para reduzir os riscos de contaminação. A quantidade de contentores considerando-se os volumes necessários está apresentado no Quadro 08:

Quadro 08. Resumo demonstrativo da coleta de resíduos para dimensionamento de contentores

Tipo de Resíduo	Volume Diário (Litros)	Nº de Pontos de Coltea	Quantidade de Contentores de 120 Litros
Caroço de Açaí	470	6	12
Casca de Castanha	240	2	4

Contudo, deve-se observar a variação da produção dos resíduos, a quantidade de pontos de coleta (produtores de resíduos), bem como outros fatores que possam influenciar negativamente no bom funcionamento do sistema de coleta, bem como o fator econômico (baixo custo) para aquisição dos recipientes padronizados, sem perder a operacionalidade. Conforme visto anteriormente deverão ser mantidos dezesseis (16) contentores padronizados de 120 litros, considerando-se a coleta regular diária, bem como observando-se o peso máximo de cada recipiente cheio de caroços de açaí, que pode chegar a 100 kg. No entanto, pode-se fazer a transferência de contentores para determinado resíduos durante o período ocioso, aumentando a capacidade de coleta e reduzindo o número de viagens, bem como os custos para implantação e operação.



120 L
passageiros e carga de 1,5 tonelada

Caminhão pequeno para três

Figura 88. Modelos Ilustrativos de Recipientes Padronizados e do tipo de Veículo a serem utilizados

Foram sugeridos os contentores padronizados (modelo americano) com rodas para facilitar o deslocamento, tampa e engate para facilitar o transporte e o levantamento dos resíduos para embarque no caminhão, uma vez que os resíduos não possuem um peso específico que inviabilize tal procedimento. Também poderão ser utilizados em substituição, tambores de 200 litros, tanto para volume padrão para formação das leiras como na coleta. Contudo, antes de serem locados deverão ser re-verificadas as quantidades necessárias e devidamente identificados, fixados os logotipos.

Quanto à frequência, é preferível que seja diária, no entanto ficará a critério da gerência e da disponibilidade do motorista, e em função também da produção (safra) dos produtos. Os horários deverão ser os comerciais: das 8:00 as 12:00 e das 14:00 as 18:00 horas. A coleta deverá ser realizada preferencialmente à tarde, bem como os trabalhos nas leiras, pela manhã. As Tabelas 13 e 14 mostram os roteiros descritivos para coleta dos resíduos:

Tabela 13. Roteiro 01 - Descritivo da Coleta dos Resíduos – Caroços de Açaí

Ordem	Operação	Logradouro	Trecho		Extensão (m)
			De	Até	
INÍCIO: Área da Compostagem					
1	Deslocamento	Av. Bom Pastor	Área da Compostagem	Rua Vitória Régia	330
2	Deslocamento	Rua Vitória Régia	Av. Bom Pastor	Av Tancredo Neves	230
3	Deslocamento	Av Tancredo Neves	Rua Vitória Régia	Batedeira do Dico	1800
4	Coleta	Batedeira do Dico (Sentido A greste/Beira – Lado Direito)			10
5	Deslocamento	Av Tancredo	Batedeira do Dico	Batedeira do	350

	o	Neves		Marinho	
6	Coleta	Batedeira do Marinho (Sentido Agreste/Beira – Lado Direito)			10
7	Deslocamento	Av Tancredo Neves	Batedeira do Marinho	Batedeira da Darlene	490
8	Coleta	Batedeira da Darlene (Sentido Agreste/Beira – Lado Direito)			10
9	Deslocamento	Av Tancredo Neves	Batedeira da Darlene	Rua da Usina	85
10	Deslocamento	Rua da Usina	Av Tancredo Neves	Avenida Brasil	130
11	Deslocamento	Avenida Brasil	Rua da Usina	Rua Goiás	140
12	Deslocamento	Rua Goiás	Avenida Brasil	Av Tancredo Neves	125
13	Deslocamento	Av Tancredo Neves	Rua Goiás	Batedeira do Nivaldo	210
14	Coleta	Batedeira do Nivaldo (Sentido Beira/ Agreste – Lado Direito)			10
15	Deslocamento	Av Tancredo Neves	Batedeira do Nivaldo	Batedeira do Guilherme	1520
16	Coleta	Batedeira do Nivaldo (Sentido Beira/ Agreste – Lado Direito)			10
17	Deslocamento	Av Tancredo Neves	Batedeira do Guilherme	Rua Vitória Régia	1150
18	Deslocamento	Rua Vitória Régia	Av Tancredo Neves	Av. Bom Pastor	230
19	Deslocamento	Av. Bom Pastor	Rua Vitória Régia	Área da Compostagem	330
20	Descarga	Área da Compostagem	Início	Fim	25

ROTEIRO 01 – EXTENSÃO TOTAL 7195

(*) Caso haja necessidade ou falta deste resíduo, as fontes poderão ser facilmente substituídas

As informações se basearam em levantamento no local e da limpeza pública do Município de Laranjal do Jari em 2007

Tabela 14. Roteiro 02 - Descritivo da Coleta dos Resíduos – Casca de Castanha

Ordem	Operação	Logradouro	Trecho		Extensão (m)
			De	Até	
INÍCIO: Área da Compostagem					
1	Deslocamento	Av. Bom Pastor	Área da Compostagem	Rua Vitória Régia	330
2	Deslocamento	Rua Vitória Régia	Av. Bom Pastor	Av. Tancredo Neves	230
3	Coleta	Fábrica da COMAJA (Sentido Macapá/Jari - Lado Direito)			20
4	Deslocamento	Av. Tancredo Neves	Fábrica da COMAJA	Rua Vitória Régia	220
5	Deslocamento	Rua Vitória Régia	Av. Tancredo Neves	Av. Bom Pastor	230
6	Deslocamento	Av. Bom Pastor	Rua Vitória Régia	Área da Compostagem	330
ROTEIRO 04 – EXTENSÃO TOTAL					1360

As informações se basearam em levantamento no local e da limpeza pública do Município de Laranjal do Jari em 2007

Em relação à coleta dos caroços de açaí terão preferência os caroços batidos mais recentes, e em virtude do grande consumo, as fontes poderão ser substituídas sem maiores problemas. Na coleta das cascas de castanha, vale ressaltar que serão trituradas apenas as cascas mais grossas. As películas com lascas das amêndoas serão misturadas após a trituração das cascas mais grossas. A Tabela 15 mostra o resumo do sistema de coleta proposto:

Tabela 15. Resumo Descritivo do Sistema de Coleta Proposto, 2007

Resíduo	Produção Diária		Coleta total (litros) mensal	Coleta total (kg) mensal	Nº de Viagens (ida e volta)	Extensão média (km) Percorrida/viagem	Nº de dias de coleta no mês
	Kg	Litros					
Caroços de Açaí	395	470	10.340	8.700	6	14,4	4
Cascas de Castanha	132	240	5.280	2.900	2	2,72	1

A extensão em km percorrida por dia de coleta de resíduos é a extensão total linear x 2, (considerando-se ida e volta) coletando a produção diária, com as respectivas quantidades de contentores de 120 litros. Considerando-se a coleta de todos os resíduos diariamente, a extensão máxima a ser percorrida é de 98.178 metros ou cerca de 98 km por dia.

A Figura 89 a seguir mostra a visualização dos roteiros de coleta dos resíduos propostos descritos anteriormente. Foram considerados: menor percurso e condições de acesso das vias, bem como as medidas forma tomadas em planta baixa.

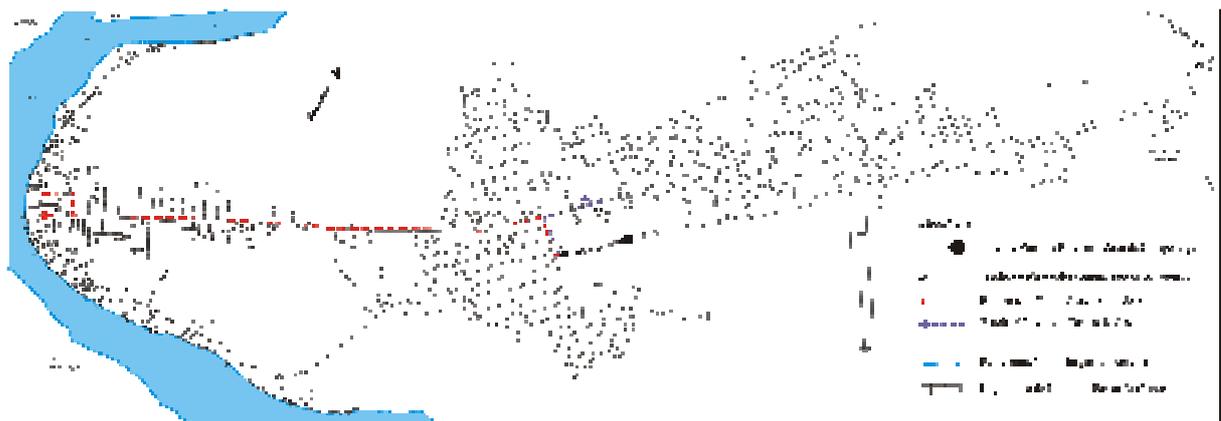


Figura 89. Representação gráfica dos roteiros de coleta dos resíduos, conforme descrito nas tabelas: 13 e 14

6.3. Dimensionamento das Pilhas, Pátios e Unidades constituintes

a) DIMENSIONAMENTO DAS PILHAS: Partindo-se do princípio que as pilhas deverão ter formato cônico, próximo ao formato de um cone circular reto, e que, a favor da segurança, da ergonomia dos serventes, da facilidade na operação de reviramento e controle tecnológico, as mesmas deverão ter volume suficiente e exato na condição ideal. Para isso convencionou-se uma capacidade volumétrica equivalente a um tambor (latão) de 200 litros comumente utilizado como recipiente de acondicionamento de resíduos.

Essa escolha pode ser justificada em termos das boas práticas operacionais e pelas dimensões médias apresentadas nas literaturas consultadas. Logo, considerando-se que $1 \text{ m}^3 = 1000$ litros e a pilha cônica com dimensões em torno de: 0,70 m de altura x 1,00 m de diâmetro e que deverá ser utilizado um coeficiente $K = 1,10$ devido ao fator de adensamento em função da mistura, granulometria e do revolvimento da massa de resíduos, tem-se que:

$$\rightarrow V_{\text{LEIRA}} = 1/3 \times \pi \times R^2 \times H \therefore 1/3 \times \pi \times (0,50)^2 \times 0,70 \therefore V_{\text{LEIRA}} \cong 0,183 \text{ m}^3 \text{ ou } 183 \text{ litros}$$

Logo: Volume de cada leira $\cong 183 \times 1,10 = 200$ litros.

O procedimento de reviramento da pilha cônica está representado na Figura 90:

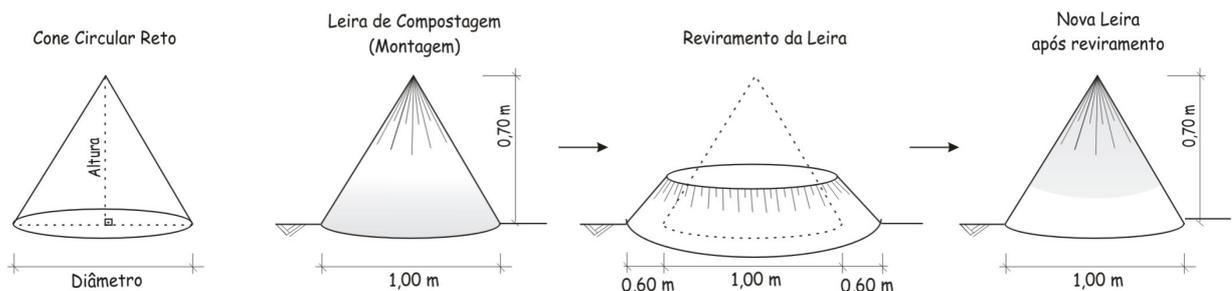


Figura 90. Representação Esquemática da Pilha de Compostagem e do procedimento de Reviramento

Admitindo-se em termos operacionais que as pilhas cônicas serão misturadas e revolvidas com auxílio da enxada e de uma pá, nos respectivos pátios, “como se estivesse

fazendo uma argamassa para construção”, em função da aeração, do controle de temperatura e umidade das pilhas. Será considerado uma distância mínima entre leiras em torno de 1,50 m, em virtude de uma boa circulação e como um fator de segurança para não haver contato ou misturas entre as pilhas durante as operações de mistura ou revolvimento. Ainda para utilização de área nesta operação, em função da acomodação (sedimentação) dos resíduos, admitiu-se ainda um aumento de 0,15 m ao redor do perímetro da área da base (aumento da área da base). Logo, o diâmetro máximo de cada base das pilhas, bem como as áreas ocupadas pelas mesmas, para fins de dimensionamento dos pátios de compostagem deverá ser:

$$D = \text{diâmetro adotado (1,00 m)} + \text{Acréscimo Operacional (1,20 m)} + \text{Segurança (0,30 m)} = 2,50 \text{ m}$$

$$\text{Área da base de cada leira} = \pi \times r^2 \therefore \pi \times (0,50)^2 \therefore A_{\text{Base de cada leira}} \cong 0,78 \text{ m}^2$$

$$\text{Área máxima da base de cada leira} = \pi \times R^2 \therefore \pi \times (1,25)^2 \therefore A_{\text{Base máxima de cada leira}} \cong 4,91 \text{ m}^2$$

b) **DIMENSIONAMENTO DO PÁTIO DE ESTOCAGEM:** Anterior ao processo de trituração e montagem das leiras, deverá ser destinada uma área mais próxima possível à unidade de apoio, para estocagem temporária dos resíduos coletados, no intuito de facilitar o transporte e o manuseio dos resíduos. Esta área deverá auxiliar na descarga dos resíduos coletados e possuirá um total de três (3) baias retangulares em madeira para separação e armazenamento temporário, facilitando a identificação visual dos mesmos.

Como haverá alternância na coleta dos resíduos, bem como nem todas as leiras serão montadas ao mesmo tempo, será admitido um tempo máximo de permanência dos resíduos nas baias de dez (10) dias. Por se tratar de uma área de uso temporário relativamente curto, não será necessário piso de concreto. Para o dimensionamento deste pátio será considerado o volume máximo diário de coleta de cada resíduos, bem como um comprimento mínima fixo das baias em torno de 2,5 metros, e altura de 1,00 m, além de um fator de segurança, para o caso de acúmulo de determinado resíduo em detrimento da falta de outro, de 30%, então:

$$\text{Caroço de Açaí.....} \quad [(0,47 \times 10) + 30\%] / (2,5 \times 1,00) = 2,45 \text{ m de largura}$$

$$\text{Casca de Castanha.....} \quad [(0,24 \times 10) + 30\%] / (2,5 \times 1,00) = 1,25 \text{ m de largura}$$

$$\text{Portanto, a área ocupada pelas baias será: } 2,5 \times [2,45 + (2 \times 1,25)] = 12,38 \text{ m}^2.$$

Como no pátio estarão previstas áreas de circulação dos trabalhadores, possíveis visitantes e estacionamento rápido do veículo coletor, logo, tem-se que: $A_{PE} = 42,50 \text{ m}^2 + 20\%$ (circulação) $\therefore A_{PE} = 56,10 \text{ m}^2$. Com isso, as dimensões mínimas para a construção das baias serão: 3,00 m (largura) x 5,95 m (comprimento).

c) DIMENSIONAMENTO DOS PÁTIOS DE COMPOSTAGEM: De acordo com o dimensionamento das leiras, em termos operacionais e para facilitar o controle e a produção, convencionou-se que o ideal seria uma área retangular plana com capacidade para montagem e reviramento de cerca 20 leiras cônicas, ou a capacidade para comportar cerca de 4 m^3 de resíduos, distribuídos em quatro (4) fileiras de cinco (5) leiras (pilhas) cônicas, ou vice-versa. Logo, a área do pátio de compostagem deverá comportar no sentido da largura, quatro leiras alinhadas lado a lado, assim como, cinco leiras no sentido do comprimento. Admitindo-se um fator de segurança para instalação de drenagem e circulação operacional, de 20% e utilizando-se o diâmetro máximo, a área mínima para instalação de um (1) pátio de compostagem (20 leiras) será: $A_{PC} = (20 \times 4,91) + 20\%$ $\therefore A_{PC} = 117,84 \cong 118 \text{ m}^2$. Erro – porque não irá permitir o reviramento ou a montagem de 2 ou mais leiras simultaneamente.

Para uma melhor operacionalização e garantindo que, no momento do reviramento ou montagem de 2 ou mais leiras, não haja mistura ou contato entre as mesmas, mantendo-se um vão de cerca de 1,00 m de distância entre elas: para boa visitação dos operadores com o carrinho-de-mão, mantendo boa ventilação em uma área retangular, admitindo-se também a relação 1:2, tem-se que:

$$A'_{PC} = (\text{Largura}_{MÁX} \times \text{Comprimento}_{MÁX})$$

$$A'_{PC} = \{ [(5 \times 1,00) + (4 \times 2,50)] \times [(6 \times 1,00) + (5 \times 2,50)] \} = 277,50 \text{ m}^2$$

Com isso, as medidas mínimas serão: 15 m (Largura) e 18,50 m (Comprimento)

$$\text{Portanto: } A''_{PC} = 2B^2 = 277,50 \therefore B \cong 11,70 \text{ m} \therefore L = 2 \times 11,70 \therefore L \cong 23,40 \text{ m.}$$

$$A''_{PC} = 11,60 \times 23,00 = 274,95 \text{ m}^2 < 277,50 \text{ m}^2, \text{ por isso o novo fator de segurança será:}$$

$$f = [(A'_{PC} - A''_{PC}) / A''_{PC}] \times 100 \therefore [(277,50 - 274,95) / 274,95] \times 100 = 0,927 \cong 1\%$$

A Figura 21 ilustra os detalhes construtivos e a disposição espacial, com as medidas.

d) DIMENSIONAMENTO DO PÁTIO DE MUDAS: Uma das destinações para o composto produzido é para o pátio de mudas, ou viveiro que deverá utilizar espécies de

culturas regionais, os quais serão descritos nos itens adiante. Para isso, as mudas deverão ser confeccionadas em casos plásticos ou garrafas PET cortadas, ambas com cerca de 12 cm de diâmetro e todas devidamente identificadas. Vale ressaltar que, como medida de segurança para tal finalidade, poderão ser comprados e utilizados copos plásticos de 200 ml descartáveis. Considerando-se que o número de mudas estará em função também da quantidade de experimentos da ordem de 800 vasos para cada pátio de 20 leiras, logo, tem-se que:

$$\text{Área ocupada por cada vaso de muda} = (\pi \times d^2) / 4 \therefore (\pi \times 0,12^2) / 4 \therefore A_{\text{Base de cada vaso}} \cong 0,011 \text{ m}^2$$

$$\text{Logo: Área } A_{\text{PM}} = 0,011 \times 800 \text{ (nº de vasos para cada pátio de compostagem)} = 8,80 \text{ m}^2$$

Portanto, considerando que as mudas terão apenas uma cobertura em tela plástica, para proteção contra fortes chuvas e luminosidade excessiva, e relação 1:3, tem-se as seguintes dimensões: $A_{\text{PM}} = 3B^2 = 8,80 \therefore B \cong 1,70 \text{ m}$ (largura) $\therefore L = 3 \times 1,70 \therefore L \cong 5,10 \text{ m}$ (comprimento). Em termos operacionais, esta largura deverá proporcionar cerca de 14 mudas dispostas lado a lado, o que complicaria a vistoria e a análise de campo. No entanto, será admitida a metade desta medida obtida (logo, dobra-se o comprimento proporcionalmente) para facilitar a operação e o manuseio das mudas. Estará previsto também um acréscimo no comprimento para manter uma distância de cerca de 20 cm entre cada conjunto de mudas (de cada leira), dispostas conforme a **Figura 91 no ANEXO D** então:

$$A_{\text{PM}} = (1,70 / 2) \times [(0,12 \times 7 \times 20) + (21 \times 0,20)] \therefore 0,85 \times 21,00 = 17,85 \text{ m}^2$$

As dimensões de cada pátio de mudas será: 0,85 m largura e 21,00 m de comprimento.

e) DIMENSIONAMENTO DA UNIDADE DE APOIO: Será um galpão com estrutura em Madeira, telhado em fibrocimento com piso em concreto, conforme mostra o modelo na Figura 21 a seguir, que servirá para armazenamento temporário de composto, dos contentores, dos materiais e locação do triturador.

Estão previstos: um escritório de 3,00 x 4,00 m, fechado com porta e tranca para guarda das documentações, dois (2) compartimentos de 2,00 x 3,00 m: um para guarda das ferramentas e acessórios utilizados pelos serventes e almoxarifado e o outro para armazenamento de composto (reserva técnica), uma área para o triturador e um banheiro com 1,50 x 3,00 m, sendo observado os seguintes parâmetros:

- Ventilação com abertura de no mínimo 1/20 da área do piso e não inferior a 0,20 m²;
- Caimento do piso superior a 2% (0,02 m/m) em direção oposta à parte frontal para facilitar a limpeza e a remoção dos resíduos triturados (em todo o piso).

Quanto à questão da organização e identificação das salas, bem como das leiras e amostras, deverão ser adquiridos e colocados em seus respectivos lugares pela Gerência, e pela Coordenação, os seguintes itens, que não entrarão no orçamento do projeto, ou seja, será responsabilidade da Coordenação e da Gerência, a aquisição, bem como o acordo em comum (os modelos ainda serão definidos durante a possível execução):

- Identificação para as portas: Placas em madeira, fixadas por parafusos;
- Identificação para as leiras e pátios: Placas, com haste (cabo) em madeira;
- Identificação dos pátios de mudas: Placas em madeira, fixadas por prego;

As mudas, bem como as amostras de composto deverão conter etiquetas adesivas resistentes à prova d'água, bem como deverão ser adquiridos pastas e classificadores para anotações de campo, guarda de documentação, arquivo da documentação do pessoal, notas fiscais, autorizações, licenças, etc. Com relação a guarda do caminhão, que deverá ser alugado, de acordo com a definição da gerência e desde que solicitação negociada com o motorista, poderá ficar em garagem já construída em outro local conhecido, não havendo necessidade de construção de garagem.

No empreendimento (unidade de Compostagem) também deverá ter uma área suficiente para o trânsito de veículos e principalmente do caminhão de coleta bem como estacionamento para veículos de passeio ou pick-up's. Poderá destinada futuramente uma área para um centro de Educação Ambiental, Bosque Ecológico e até um Viveiro de Orquídeas (sugestões). A Tabela 16 a seguir mostra o resumo e as considerações sobre o Dimensionamento da área total necessária para implantação. Os detalhes construtivos do dimensionamento dos componentes da Unidade de Compostagem na **Figura 91 no ANEXO D:**

Tabela 16. Resumo do Dimensionamento com as áreas necessárias para as construções previstas

Nº	Construção	Dimensões (m)	Área (m ²)	Nº de Unidades	Área Total (m ²)
1	Área Prevista para o Pátio de Compostagem (20 leiras)	15,00 x 18,50	277,50	4	1.110,00
2	Área Prevista para a Unidade de Apoio	5,00 x 13,50	67,50	1	67,50
3	Área Prevista para o Pátio de Estocagem de Resíduos	3,30 x 17,00	56,10	1	56,10
4	Área Prevista para o Pátio de Mudanças	0,85 x 21,00	17,85	4	71,40
5	Área para Circulação	--	5.505,30	--	5.505,30
Subtotal (Unidade de Compostagem)					6.810,30
6	Centro de Educação Ambiental	A ser definida	300,00	1	300,00
7	Bosque Ecológico	A ser definida	5.000,00	1	5.000,00
8	Viveiro de Orquídeas	A ser definida	150,00	1	150,00
ÁREA TOTAL A SER UTILIZADA (Futuramente)					12.210,30

(*) Na soma das áreas não foram incluídos, estacionamento, segurança e cinturão verde

f) LOCAL E A INFRA-ESTRUTURA NECESSÁRIA: Para a possível implantação da Unidade de Compostagem o terreno deverá possuir pouca declividade, via de acesso com energia elétrica e água encanada. A região onde será instalada a unidade piloto ou experimental deverá possuir área suficiente para implantação do projeto, ou seja, no máximo até 13.000 m². ou 1,3 hectares. O local deverá estar disponível, no momento para implantação da Unidade de Compostagem, em local estratégico para a divulgação e ampliação do projeto, bem como facilitar a coleta e o transporte. A locação, bem como o layout da distribuição e a organização espacial das construções previstas na área do projeto será em função da operacionalidade ótima das atividades, melhor aproveitamento da área e acesso de veículos, dos ventos predominantes e posicionamento solar. Como se pode observar, a Unidade de Compostagem (piloto) ocupará uma área total mínima de 6.810,30 m², bem como conterà

quatro (4) unidades menores de apoio, conforme descrito e dimensionado anteriormente. Futuramente, ainda foram lançadas mais três (3) possibilidades para ampliação da Unidade de Compostagem, com utilização de 12.210,30 m².

6.4. Formação de cada Pilha e Composição Percentual

Em determinados lugares da região amazônica, segundo moradores, essa prática de mistura dos resíduos para utilização na agricultura. Partiu-se de uma prática comum e empírica da região amazônica a fim de fomentar e aprofundar o conhecimento científico e promover uma pesquisa para determinação do “adubo ideal” para ser utilizado na agricultura local e até mesmo para determinados tipos de espécies vegetais nativas. O experimento das leiras consiste em variar o percentual de resíduos, em uma produção de composto aplicável na agricultura, sem adição de produtos químicos. Quantitativamente o número de possibilidades ou de arranjos possíveis na montagem das leiras está expresso pelos cálculos de análise combinatória e diferem entre si, pela ordem de colocação dos elementos ou seja, neste caso o que importa e difere é o percentual dos elementos que constituirão a pilha, na formação e constituição do composto orgânico. Por isso, pilhas com dois (2) tipos de resíduos possuem 28 possibilidades (combinações, variando-se o percentual constituinte) de mistura para cada arranjo entre dois (2) resíduos diferentes ($k = 2$), ou seja:

$$C_{8,2} \times A_{8,2} = \{8!/[2!(8-2)!]\} \times [8! / (8-2)!] \therefore 28 \times 54 = 1512 \text{ pilhas com 2 resíduos.}$$

As quantidades mínimas dos resíduos, com exceção do caroço de açaí, em cada pilha e/ou leira deverão oscilar de 10 em 10%. As variações dos percentuais das próximas pilhas ficará a critério dos resultados obtidos anteriores e da avaliação de campo.

6.5. Organograma do Gerenciamento e Quadro Funcional (Mão-de-obra empregada)

Em relação à organização para a boa operação do sistema de coleta, manutenção e funcionamento do projeto experimental de compostagem deverá ser adotado, o organograma funcional hierárquico da Figura 92 a seguir:

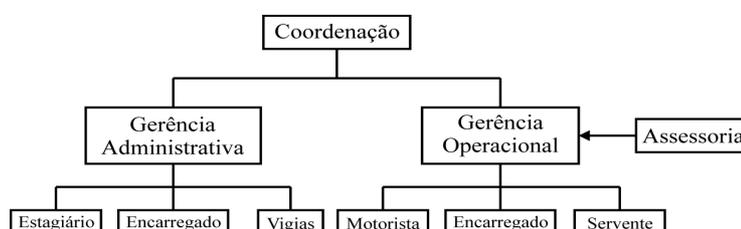


Figura 92. Organograma funcional para gerenciamento da atividade proposta

A definição da escolaridade mínima exigida para exercer a função hierárquica, a descrição resumida da função, bem como a quantidade de mão-de-obra está a seguir:

Tabela 17. Resumo da Mão-de-Obra e Quadro Funcional Proposto, conforme Organograma

Função	Escolaridade de Mínima	Descrição Resumida da Função (Implantação da Atividade)	Vagas
Serventes	Ensino Fundamental 1	Coleta dos Resíduos (Carga e Descarga) e trabalhar na trituração, formação das Leiras e na limpeza/manutenção dos pátios.	8
Estagiário	Ensino Médio	Auxiliar diretamente o gerente administrativo	1
Vigias	Curso de Segurança	Em dois (2) turnos, deverá zelar e vigiar a área, controlando também o acesso de pessoas e veículos à área do empreendimento	2
Motorista	Ensino Fundamental 1	Dirigir o veículo no transporte dos resíduos e auxiliar na operação de carga e descarregamento dos resíduos quando necessário (terceirizado).	1
Encarregado	Ensino Médio	Participará e auxiliará na coleta dos resíduos, a formação e o controle das leiras. Fará o controle e o zelo dos recipientes de coleta.	2
Gerente	Técnico Agrícola ou Agropecuária	Acompanhar a Formação e Composição das Leiras bem como controlar a coleta e a entrada dos resíduos e materiais. Fazer a identificação, o controle e o monitoramento das leiras.	2
Coordenador	Superior	Responsável tecnicamente e fará a aquisição dos materiais, marketing, divulgação do projeto, contatos institucionais, palestras,....	1
TOTAL (DIRETOS)			17

Assessoria ou Consultoria Ad Hoc (Acompanhamento Técnico)	Auxiliar e Orientar na Implementação, Melhorias e Resolução de eventuais problemas na Operação e Produção do composto.	3
TOTAL DE TRABALHADORES (Diretos +Indiretos)		20

Os serventes serão contratados por um período determinado e previamente farão parte de um curso de treinamento antes de se iniciarem efetivamente às atividades, bem como obedecerão à uma carga horária de 8 horas diárias (das 8:00 as 12:00 e de 14:00 as 18:00), em dois turnos de quatro serventes cada equipe, de Segunda à Sexta, sendo responsáveis também pela limpeza e conservação dos pátios e subordinados diretamente ao gerente operacional, no entanto o gerente administrativo fará o controle de ponto. O motorista fará apenas a direção do transporte dos resíduos de acordo com os roteiros de coleta, juntamente com 2 serventes, num período a ser definido com o gerente. A limpeza do veículo bem como sua manutenção ficará sob responsabilidade do motorista, porque o serviço de transporte poderá ser terceirizado. Serão dois (2) gerentes: um que terá a responsabilidade operacional pelo sistema de gestão dos resíduos (coleta, equipamentos, armazenamento, etc) e o outro administrativo, de controle operacional interno, mais administrativo e gerencial sobre o monitoramento da atividade além de elaborar relatórios mensais com o acompanhamento da equipe técnica.

Os encarregados terão responsabilidades sobre orientação das gerências, como a coleta dos resíduos, o controle sobre os recipientes de coleta e o administrativo fará também diariamente a limpeza/conservação dos pátios bem como a área de entorno. A Assessoria proposta fará “acompanhamento técnico” e deverá ser composta por três (3) pessoas sendo: 1 do RURAP, 1 do IEPA e 1 da SEMA. Deverão apenas orientar e auxiliar tecnicamente o trabalho do gerente, para o bom andamento da atividade. Não estão inseridos no organograma funcional, bem como deverá ser solicitado um adicional ou gratificação pela participação no projeto. A Coordenação do Projeto ficará com o próprio autor da proposta que terá toda a responsabilidade técnica do empreendimento além da pesquisa de novos implementos e o desenvolvimento de melhoria do processo, auxiliado e juntamente com a gerência e a assessoria técnica, além dos contatos institucionais e da divulgação. Deverá fazer a aquisição

dos materiais, marketing, divulgação do projeto, contatos institucionais, palestras, bem como a contratação e o treinamento de toda e equipe de campo.

6.6. Equipamentos, Ferramentas e Materiais a serem utilizados

De acordo com a quantidade de trabalhadores estimada em 20 pessoas, bem como de suas respectivas funções no item anterior, realizou-se a contagem e a correlação das necessidades dos equipamentos, ferramentas e acessórios para a execução e manutenção do trabalho da compostagem proposta. Levou-se também em consideração o tempo de reposição dos materiais e as boas práticas de segurança do trabalho, conforme as Tabelas 18 e 19:.

Tabela 18. Equipamentos e Ferramentas a serem utilizadas pela Mão-de-obra para operar a unidade

Equipamentos e Ferramentas	Quantidade e	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
<i>Operação dos pátios e da unidade de compostagem</i>			
Pá quadrada com cabo	16 unidades	15,00	240,00
Carrinho de mão	6 unidades	97,00	582,00
Rastelo com cabo	16 unidades	11,00	176,00
Enxada larga com cabo	16 unidades	10,00	160,00
Vassoura de piacava	16 unidades	11,50	184,00
Peneira manual (φ 0,80 m)	5 unidades	8,30	41,50
Sondas e Termômetros	20 unidades	15,00	300,00
Mangueira plástica (50 m)	3 unidades	33,00	99,00
Tambor plástico de 200 litros	3 unidades	45,00	135,00
Balde metálico de 20 litros	5 unidades	18,00	90,00
Lixeiras plásticas (35 litros)	10 unidades	15,00	150,00
<i>Equipamentos de proteção individual</i>			
Óculos de proteção	240 unidades	9,00	2.160,00
Protetor Auricular (3M 1230)	240 unidades	0,98	235,20

CA 5332)	unidades		
Máscara (3M 8023 CA 9626)	240	7,90	1.896,00
	unidades		
Pares de luvas de fio branco	240 pares	2,50	600,00
Pares de botinas de borracha	40 pares	20,00	800,00
CUSTO TOTAL DOS EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS			7.848,70

(*) Custos aproximados no mês de dezembro de 2007, do comércio de Laranjal do Jari

Tabela 19. Materiais e acessórios necessários para a serem utilizados pela mão-de-obra

Materiais e acessórios	Quantidade e	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Sacos plásticos (50 litros)	5000	0,10	500,00
	unidades		
Mangueira plástica (30 m)	2 unidade	33,00	66,00
Garrafa térmica para água (5 litros)	3 unidades	14,50	43,50
Garrafa térmica para café	2 unidades	10,00	20,00
Pranchetas	4 unidades	4,80	19,20
Trenas portáteis (10 m)	3 unidades	5,50	16,50
Calculadora portátil	3 unidades	10,00	30,00
Lona plástica (50 m ²)	20 unidades	25,00	500,00
Quadro negro ou branco	2 unidades	75,00	150,00
Placas identificadoras das pilhas	80 unidades	10,00	800,00
CUSTO TOTAL DOS MATERIAIS E ACESSÓRIOS			2.145,20

(*) Custos aproximados no mês de dezembro de 2007, do comércio de Laranjal do Jari

Pás Quadradas serão utilizadas pelos Serventes para encher os contentores e o carrinho de mão, como também no transporte e no reviramento dos resíduos e do composto. A quantidade de sacos plásticos está estimada para operação durante quatro (4) anos, bem como

os custos unitários foram pesquisados em Laranjal do Jari e adotados a média dos preços e os equipamentos de proteção individual deverão ser entregues para toda equipe, composta por dezessete (17) pessoas e mais os três (3) da assessoria ficarão guardados no almoxarifado, assim como os materiais de reserva que serão trocados a cada 3 meses.

Carrinho de mão será utilizado no transporte de resíduos para o pátio de compostagem, bem como facilitar transportes de materiais diversos. Rastelo, Enxada e Vassourão de piaçava serão utilizados na construção das leiras no pátio de compostagem, bem como para reviramentos e manutenção do formato cônico das pilhas, manutenção da limpeza do pátio de compostagem, da unidade de apoio e da área de entorno. Termômetros e Mangueira para o controle e monitoramento da temperatura das leiras. Os termômetros deverão ser adaptados em pequenos bastões para facilitar a introdução no interior de cada leira, bem como os equipamentos de Proteção Individual: Serão entregues aos serventes para utilização durante os procedimentos de coleta, manuseio dos resíduos e na formação das pilhas.

As lixeiras plásticas de 35 litros deverão ser utilizadas na coleta dos resíduos “micronutrientes” e ficarão localizadas nos restaurantes. Os sacos plásticos serão empregados na forragem interna destes recipientes bem como para armazenamento do composto. Para o transporte de resíduos será necessária a aquisição ou aluguel de veículo com carroceria suficiente para carregamento de no máximo oito (8) contentores. Para a coleta, acondicionamento e transporte dos resíduos serão utilizados contentores padronizados. Para a trituração dos resíduos será necessária à aquisição de um triturador (desintegrador).

A especificação deste equipamento (trituração) bem como de outros estarão todos relacionados no orçamento do projeto, descrito no capítulo VII deste trabalho. Para o trabalho no campo, priorizando uma padronização, uma vestimenta específica para a atividade de acordo com as normas de segurança da mesma, toda a equipe deverá usar camisas brancas padronizadas (claras) que dissipam o calor e evitam o câncer de pele, além de minimizar o risco de ferimentos, bem como calças compridas jeans azul escuro.

É importante o consumo de água constante, pois a perda de água do corpo pela transpiração proporcionada pela intensa atividade física e pelo ambiente de trabalho é significativa. Serão distribuídos apenas os EPI's (como citado anteriormente). Será exigido como uniforme duas (2) camisas e um (1) boné brancos, padronizados, bem como a calça jeans azul escuro, que ficará por conta de cada membro da equipe.

6.7. Fluxograma de Operações e Rotina de Atividades

Contribuindo para uma melhor visualização da rotina operacional da atividade de compostagem como um todo, elaborou-se o fluxograma da Figura 93:

Fluxograma de Operação (Proposta)

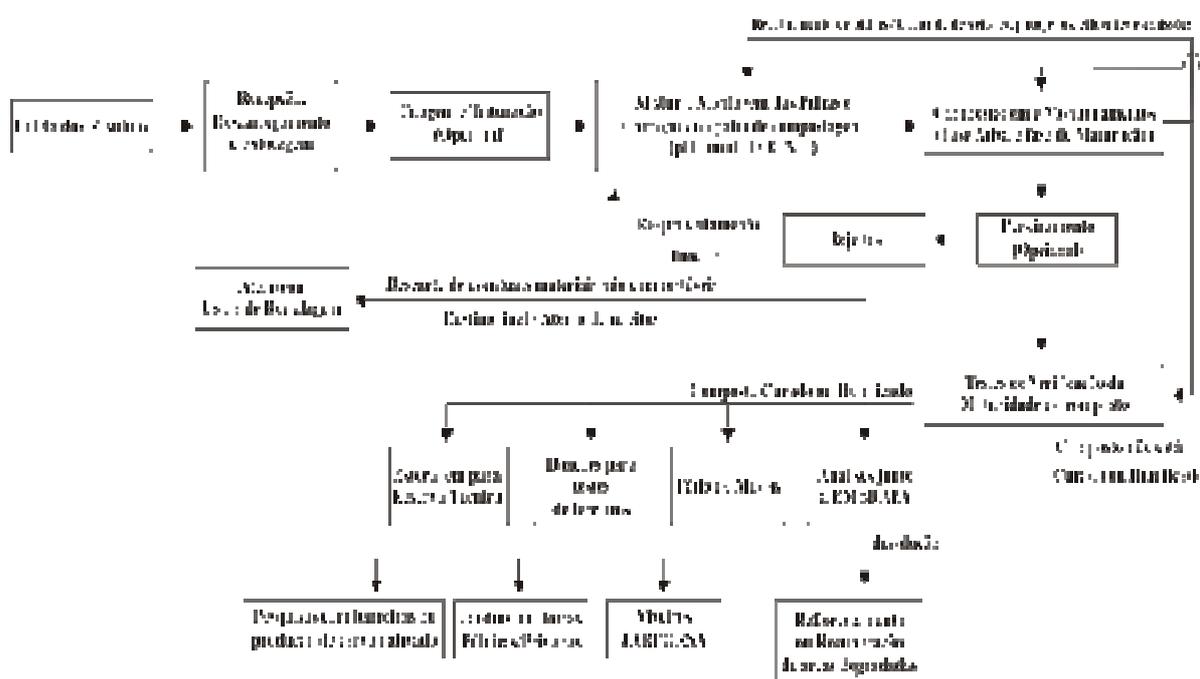


Figura 93. Fluxograma da rotina operacional da compostagem proposta

Logo após a execução dos serviços preliminares, tais como: preparo do terreno, aquisição dos materiais, contratação dos trabalhadores, coleta, transporte de resíduos, etc, a rotina operacional para produção do composto deverá seguir, impreterivelmente, os seguintes procedimentos resumidamente, conforme o Quadro 09:

Quadro 09. Procedimentos operacionais a serem adotados na compostagem proposta

Etapa do processo proposto	Descrição
Pré-seleção dos Resíduos	Os resíduos serão coletados e separados diretamente nas fontes geradoras. Os recipientes de acondicionamento padronizados e com

	tampa ficarão alocados nos respectivos locais e sob responsabilidade dos proprietários.
Recepção dos resíduos	Imediatamente após a descarga do veículo coletor, os resíduos deverão ser amontoados e/ou empilhados no pátio de estocagem (armazenamento temporário) em suas respectivas baias e conforme a necessidade e o andamento da montagem das pilhas, passar pelo triturador. Em seguida, poderá ficar reservado (temporariamente) ou ir direto para a montagem da respectiva pilha.
Montagem e Formação das Pilhas	A montagem das pilhas será feita manualmente e em camadas sendo a primeira e a última, de material fibroso ou materiais que garantam a aeração da pilha. Em seguida será despejado o material mais orgânico com micronutrientes proveniente da coleta seletiva e a última camada é feita com material fibroso ou grama. As leiras serão formadas em camadas por tipo de resíduo de acordo com os percentuais calculados nas tabelas item 6.4, utilizando-se a pá, enxada, triturador e o carrinho de mão. Deverão ser observadas as alturas e o diâmetro de cada pilha. Durante a confecção da pilha de compostagem realiza-se a umidificação do material através de mangueiras, e a inoculação (mistura) com os resíduos prontos ou em fase de maturação. Este procedimento é adotado visando a “ignição” rápida do processo pela otimização das condições de umidade e inoculação que estimulam o crescimento microbiano e a plena colonização do material, além de reduzir o tempo de compostagem.
Reviramento das Pilhas	O processo de compostagem que durará no máximo três meses, deverá ser realizado revolvimento das pilhas cônicas, segundo os critérios, no qual o ciclo de reviramento das pilhas se dará a cada 3 dias no primeiro mês do processo, seguindo-se de um reviramento a cada 6 dias até o fim da fase de degradação ativa, com finalidade de retornar a aeração no interior da pilha, alternando/renovando a atividade bacteriológica.
Monitoramento das Pilhas	É a ação determinante do processo de compostagem. Devem ser controladas: A temperatura pode variar de 45 a 65°C e não ultrapassar os 68°C. A Umidade deve permanecer entre 40 e 60%

	regando a pilha sempre que necessário e a Aeração na pilha para favorecer a atividade dos microorganismos.
Estocagem e Análises	Após o período para estabilização e a obtenção do composto, primeiramente deverão ser retiradas, acondicionadas e enviadas ao laboratório da EMBRAPA. Em seguida, serão retirados volumes para as hortas selecionadas e/ou conforme solicitação. Por último, o restante deverá ser ensacado (sacos de 50 litros) e empilhado (com no máximo 6 sacos por pilha) na área de Reserva Técnica da Unidade de Apoio (trituração).

Evidentemente alguns procedimentos poderão sofrer alterações ou adaptações de acordo com o gerenciamento realizado ou de acordo com a orientação da Coordenação ou da Assessoria técnica, mas impreterivelmente deverão ser mantidos ou melhorados os fundamentos de compostagem como Montagem, Reviramento, Monitoramento das leiras bem como a manutenção da composição percentual dos resíduos em cada pilha.

6.8. Controle Tecnológico, Monitoramentos e Ciclo de Reviramentos

Ao longo do ano, diariamente deverão ser coletadas amostras de um (1) litro de resíduo, em cada fonte, e determinado seu peso, em balança digital, sendo anotado o resultado e no final do período, deverá ser calculada a média dos resultados e gerado um gráfico para mostrar se há influências e variações ao longo das estações. Poderá ser feita a comparação bem como a medição com os mesmos resíduos triturados. O controle tecnológico da produção de um composto de qualidade satisfatória e adequado à aplicação agrícola dependerá e deverá variar em função dos seguintes parâmetros, entre outros: eficiência da coleta seletiva e adesão da população; fração orgânica dos resíduos e a fácil estabilidade desta fração bem como a baixa demanda biológica por oxigênio (DBO); trituração e controle adequado da maturação do composto no pátio; qualidade da composição dos resíduos (carboidratos, lipídeos, nitrogênio,...); tipo, época e condição de clima na coleta e no período de compostagem.

O início do controle operacional deverá ser feito através do monitoramento das pilhas e do preenchimento de tabelas, conforme mostra o modelo ilustrativo da Figura 94:

Código da Pilha:			Material(ais) Utilizado(s) e Percentual(ais):						
Data da Montagem:									
Responsável(is):									
MONITORAMENTO									
Data	Hora da Leitura	Idade da Pilha	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura das Sondas na Pilha (°C)			Reviramento		Identificação
				Topo	Meio	Base	Sim	Não	
COMENTÁRIOS GERAIS:									
Identificação das Pilhas: PMT - Pilha com material triturado					PFC - Pilha com Folhas e Capim				
PST - Pilha sem material triturado					PLB - Pilha de lixo bruto (Micronutrientes)				

Fonte: Pereira Neto, J. T., 1996. Modelo *adaptado pelo autor*

Figura 94. Modelo de Ficha de Campo a ser utilizada no controle e no monitoramento das pilhas

O monitoramento da produção de composto obedecerá alguns limites de qualidade estabelecidos pelos fatores que influenciam no processo de compostagem descritos no item 4.2 do Capítulo IV anterior, os quais estão dispostos em ordem no Quadro 10 a seguir:

Quadro 10. Parâmetros que serão adotados para monitoramento e controle no processo proposto

Parâmetros	Limites estabelecidos
a) Tamanho das Partículas	As partículas do material a compostar deverão estar entre 8 e 50 mm.
b) Taxa de oxigenação (Aeração)	Como o consumo máximo de oxigênio ocorre quando a temperatura da pilha está em torno de 55°C, tem-se como ideal que

	a oxigenação atinja toda a massa de resíduos em compostagem por 2 minutos em cada 18 minutos de intervalo.
c) Temperatura	Deve-se manter as temperaturas da pilha de compostagem entre 40 a 60 ^o C, durante a maioria do tempo da fase de oxidação. Controladas na faixa de 55 °C
d) Teor de Umidade	O padrão adotado de umidade durante o processo deverá ficar em torno de 55-60% em função do clima local (muito quente), bem como a umidade do produto final ficará em torno de 30%.
e) Relação Carbono/Nitrogênio	A relação C/N andará entre 20-25:1
f) pH	A faixa ótima de pH fica entre 6 e 7,5
g) Microorganismos	No mínimo, 20 dias sob temperatura termófila, para que se obtenha índices satisfatórios de eliminação de microrganismos patogênicos. Predominância de bactérias aeróbias, fungos e actinomicetos

Caso ocorram problemas durante o processo proposto e a produção do composto orgânico, verificar os Quadros 11 e 12 a seguir:

Quadro 11. Controle Operacional: Principais problemas, causas e soluções durante a fase de degradação ativa

Problema	Possível Causa	Medida a ser tomada
Pilha demora mais que cinco dias para esquentar (temperatura 50-65°C)	Material muito seco	Adicionar água à massa de compostagem e manter a umidade a 55%
	Material com excesso de umidade	Adicionar à massa de compostagem composto maturado seco, terra vegetal seca ou material palhoso seco
	Material rico em carbono	Adicionar material nitrogenado: grama, lodo de esgoto, esterco, frações orgânicas do lixo urbano, etc.
	Material rico em	Adicionar material carbonáceo: folhas

	nitrogênio	secas, capim seco, etc. OBS: Nunca adicionar serragem (!)
	Material muito compactado	Adicionar material que promova a porosidade da massa de compostagem: cavaco de madeira, palha de vegetais, etc.
	Baixa atividade microbológica	Adicionar uma certa quantidade de matéria orgânica de lixo ou de esterco e misturar criteriosamente esses materiais.
Queda da temperatura após curto período de aquecimento	Pilha operada sob temperatura excessivamente alta > 78°C	Revirar a massa de compostagem, corrigir a umidade e modificar a configuração geométrica da pilha. Seguir o ciclo correto de reviramento
	Material muito molhado ou muito compactado (sem porosidade)	Seguir o procedimento anterior
	Ciclo de reviramento muito longo, baixo teor de oxigênio na massa de compostagem	Seguir o procedimento anterior
Registro de temperatura excessiva da massa de compostem	Material bem-balanceado, rico em carbono, matéria orgânica e facilmente degradável	Modificar a configuração geométrica da pilha de compostem: aumentar a área da superfície da pilha
Queda gradual de temperatura na fase ativa após 30-60 dias	Exaustão do carbono disponível, fim do substrato	Verificar se a umidade, a oxigenação, porosidade, configuração geométrica, são satisfatórias. Em caso afirmativo, levar a pilha ao pátio de maturação.

Fonte: Pereira Neto, 1996

Quadro 12. Resumo dos Procedimentos, em caso de problemas, para controle, identificação e solução de problemas nas pilhas de compostagem

Problema	Causa Possível	Solução
Processo Lento	Material fibroso em demasia	Adicionar micronutrientes e revirar a leira.
A pilha não está aquecendo	Falta de nitrogênio ou de microorganismos inoculantes; Falta de umidade; A pilha não foi revolvida ou o composto pode estar pronto. Se estiver escuro, friável e tem cheiro de terra, provavelmente está pronto	Adicionar materiais ricos em nitrogênio, tais como podas de grama, esterco de frango ou farinha de sangue; Adicionar água em toda a massa ao revolvê-la; usar material forçado para levar o material situado nas bordas ao interior da pilha; Nada a fazer, verifique a maturidade do composto com os testes práticos
A pilha está úmida. Só aquece no centro	Pilha muito pequena. Aquecimento insuficiente na massa compostada.	Juntar mais material e construir uma pilha maior.
Crescimento de cogumelos sobre a pilha. O interior da pilha está esbranquiçado e quente	Porções esbranquiçadas no interior da pilha indicam maior desenvolvimento de fungos devido ao baixo teor de umidade	Nada a fazer. Os fungos também são responsáveis pela produção do composto
Cheiro a podre, desagradável ou Presença de moscas.	Umidade em excesso	Revirar a leira, adicionar materiais secos e porosos como: serragem ou palhas
	Compactação	Revirar a leira ou diminuir o seu tamanho.. Evitar colocar grandes quantidades de material oleoso ou cinzas na pilha.
	Falta de oxigênio devido à compactação; Falta de oxigênio devido a encharcamento; Se o cheiro for de amônia,	Revolver a pilha, adicionar material estruturante, como pequenos gravetos; Adicionar materiais ricos em carbono, tais como: palha de milho, folhas ou serragem de madeira, para absorver também o excesso de

	está com excesso de nitrogênio	água
Cheiro a amônia	Demasiados micronutrientes (excesso de azoto)	Adicionar materiais fibrosos (carbono), como: folhas, serragem ou palha.
Temperatura muito baixa	Pilha demasiado pequena	Aumentar o tamanho da leira ou isole-a lateralmente
	Umidade insuficiente	Adicionar água quando revirar ou cobrir a parte superior da leira
	Arejamento insuficiente	Revirar a leira.
	Falta de micronutrientes (falta de azoto)	Adicionar materiais verdes, como aparas de relva, estrume ou restos de comida.
	Clima frio	Aumentar o tamanho da leira ou isole-a com um material como, por exemplo, palha.
Temperatura muito alta	Pilha demasiado grande	Diminuir o tamanho da leira
	Arejamento insuficiente	Revirar a leira.
Pragas	Presença de restos de carne ou de restos de comida com gordura	Retirar este tipo de alimentos da leira e cobrir com uma camada de solo, folhas ou serradura, alternativamente use um composto à prova de roedores ou revire a leira para aumentar a temperatura.

Fonte: IPT-CEMPRE, 2000 e Adaptado de: manual de Compostagem para Hortas e jardins. Campbell, S.. Editora Nobel, 1995.

Quanto ao controle do ciclo de reviramento das pilhas, durante a fase ativa de degradação, pode-se utilizar o Quadro 13 a seguir:

Quadro 13. Ciclo de Reviramento das Pilhas de Compostagem

Dias de reviramento das Pilhas

Dia zero (0)	3°	6°	9°	12°	15°	18°	21°
24°	27°	30°	33°	36°	39°	42°	45°
48°	51°	54°	57°	60°	63°	69°	72°
				Temperatura deverá cair para valores < 45°C			
A partir do 60°/72° dia até o 110°/120° dia, tem-se a fase de maturação. Nessa fase, as pilhas não são reviradas.							

Fonte: Pereira Neto, 1996

6.8.1. Término do Processo, finalização das pilhas e utilização do composto

Apesar de o composto ser muitas vezes classificado como um corretor de solos e não um fertilizante, contém nutrientes e oligoelementos que são libertados para o solo a um ritmo compatível com as necessidades das plantas, ao contrário dos fertilizantes químicos que disponibilizam os nutrientes de uma forma quase instantânea e não adaptada às necessidades nutricionais das plantas. Não esquecendo também, a cobertura ou "mulch" que será produzido é um tipo de material colocado sobre o solo para evitar ervas daninhas e manter a umidade, prevenir a erosão, ou simplesmente como cobertura atraente para o solo, diminuindo a ocorrência de determinadas pragas das plantas. Ao melhorar as características do solo, o composto contribui para a vitalidade das plantas. Logo, para fins de nomenclatura e classificação do composto, na fase final de maturação, para posterior utilização, será adotado:

Quadro 14. Classificação dos Produtos que podem ser obtidos ao término do processo, com a finalização das pilhas

Classificação	Descrição
Matéria orgânica crua	É um material que pode ser danoso devido à presença de metais pesados ou microorganismos patogênicos. Não é recomendável para o uso como fertilizante, porém, serve de matéria prima para a compostagem para a transformação em composto, com isso, poderá ser utilizado como fertilizante orgânico
Composto imaturo	É a matéria orgânica que já entrou em processo de degradação parcial, mas ainda não pode ser considerada bioestabilizada, pois, a relação C/N (carbono/nitrogênio) é alta e outros

	parâmetros que identificam um composto semicurado. O composto somente pode ser utilizado para seus usos indicados após ter atingido a fase termófila por vários dias
Composto curado ou bioestabilizado	Não é considerado danoso, pois sua relação C/N é igual ou menor que 18/1, o pH está acima de 6 e permaneceu um bom período na fase termófila. Este composto pode ser aplicado no fundo do sulco de plantio juntamente com as sementes ou em contato com as raízes sem ser danoso a vida vegetal
Composto maturado ou humificado	Apresenta boas qualidades físicas, químicas e físico-químicas. Devido ao longo período de decomposição, o composto está altamente estabilizado. Pode ser usado sem restrições na agricultura, contendo húmus e sais minerais essenciais para a vida vegetal

Fonte: KIEHL, 1998

O composto pronto (maduro) tem aparência e cheiro de terra e temperatura ambiente com umidade. Os componentes iniciais não são reconhecíveis e o que sobra é uma substância com cheiro a terra semelhante a um solo rico em substâncias orgânicas. Após o período de cerca de três (3) meses, em cada leira, para saber se o composto está pronto para ser utilizado deverá ser realizado o teste da “bolota”, que consiste em pegar com a mão uma pequena quantidade de material (composto) e apertar, ilustrado na Figura 95 a seguir:

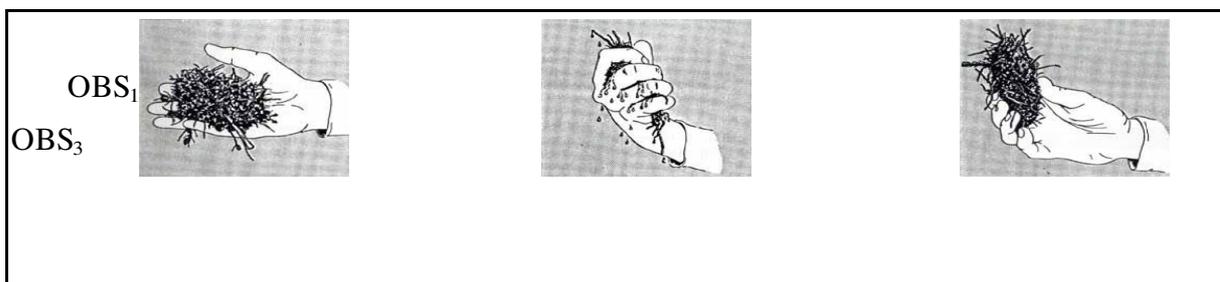


Figura 95. Finalização das Pilhas - Esquema Representativo do “teste da Bolota”. Fonte:

IPT/CEMPRE, 2000

OBS₁: Se quando abrir a mão ele esfarelar: **ESTÁ SECO DEMAIS**

OBS₂: Se quando você apertar a mão escorrer um líquido por entre seus dedos: **ESTÁ ÚMIDO DEMAIS**

OBS₃: Se quando você abrir a mão: o lixo formar uma bolota: **ESTÁ COM UMIDADE IDEAL**

Outro teste que pode ser realizado sugere que para determinação da cura do composto, também pode ser determinado em campo pelo “teste da mão”. Neste procedimento a qualidade do composto é avaliada esfregando-se um pouco do mesmo entre as palmas das mãos. Se o composto estiver com boa qualidade deve deixá-las sujas, soltando-se facilmente.

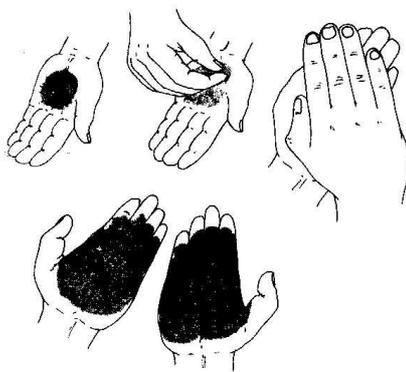


Figura 96. Ilustração do Teste da mão para verificar a umidade do composto. Fonte: IPT/CEMPRE, 2000

Outra alternativa que deverá ser usada para ter certeza se o composto está realmente maduro ou curtido (pronto para usar), destaca-se o teste da água. Consiste na mistura de uma pequena porção do composto em um copo de água (CEMPRE, 1997).

Se o líquido, após removido, ficar escuro como se fosse uma “tinta preta” e tendo partículas em suspensão, o composto está **CURADO, HUMIFICADO**.

Se não colorir a água e o material se depositar no fundo do copo, é sinal de que ainda não está pronto para o uso.

Outro teste prático e simples para avaliar o grau de maturidade do composto é o teste do Agrião que deverá ser feito após o período do processo, com o uso de cinco copos plásticos

com alguns furos na base para drenagem do excesso de água de irrigação, bem como seu procedimento está descrito na Figura 97 (CEMPRE 1997):

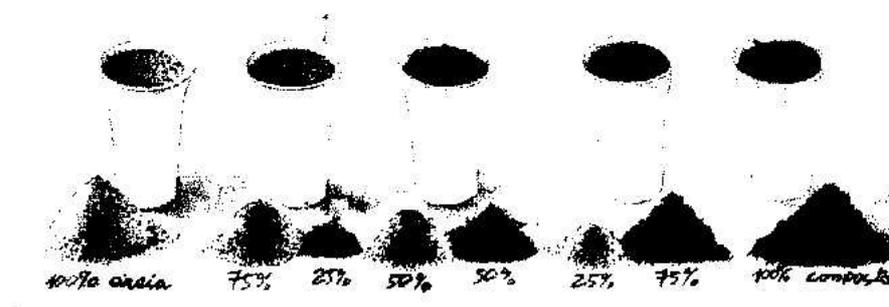


Figura 97. Procedimento para realização do teste do agrião – Verificação da maturação do composto

Esse procedimento consiste em: 1°. Encher os copos conforme a Figura 90 (1° copo: 100% areia; 2° copo: 75% areia e 25% do composto a ser testado; 3° copo: 50% de areia e 50% de composto a ser testado; 4° copo: 25% de areia e 75% de composto a ser testado; 5° copo: 100% do composto a ser testado); 2°. Após o enchimento dos copos, conforme descrito anteriormente, semeia-se agrião, alface ou tomate que germinam (crescem) rapidamente e são extremamente sensíveis, regando-se os vasos regularmente; 3°. Uma semana após a germinação, observar o crescimento das plantinhas: Se o composto estiver CURADO, pronto para ser aplicado sem nenhuma preocupação, as plantinhas estarão maiores, em ordem crescentes, do 1° para o 5° copo. Se ao contrário, quanto maior a dose do composto, menor for a germinação ou o tamanho das plantas, o composto não está curado, não devendo ser usado.

Quando o composto estiver pronto, após o período proposto e na situação da OBS₃, deve-se retirá-lo da pilha de compostagem e subtrair as alíquotas para as seguintes finalidades e procedimentos: Análises laboratoriais junto à EMBRAPA (cujos procedimentos para envio deverão ser definidos em contrato); Pátio de Mudas, com os seguintes procedimentos: Deverão ser utilizadas as culturas tradicionais locais bem como as nativas da região e ser observados e anotados o tempo de germinação e crescimento/desenvolvimento de cada muda, entre elas: *Temporárias*: Milho, Mandioca, Arroz, “Cheiro Verde” e Pimenta; e as culturas *Permanentes*: Açaí, Muruci, Caju, Cupuaçu e Castanha-do-Brasil.

Foram sugeridas as espécies mais comuns cultivadas na região, o que não quer dizer que as mesmas sejam obrigatórias. Poderão ser incluídas ou substituídas por outras espécies, a critério da gerência, juntamente com o RURAP e de sugestões também da Secretaria Municipal de Agricultura. De acordo com a literatura consultada, o meio de crescimento ideal para as plantas deverá ser 1/3 de composto com 1/3 de “terra preta” e 1/3 de areia. Por isso, convencionou-se o seguinte, para cada espécie, no Quadro 15 a seguir:

Quadro 15. Formação dos meios para crescimento das plantas e preparação dos vasos

Verificação da germinação, do crescimento e do desenvolvimento das plantas

1 vaso com 0% do composto.....	(somente areia)
1 vaso com 100% do composto.....	(somente composto)
1 vaso com 50% do composto.....	(mistura de areia + composto)
1 vaso com 50% do composto.....	(mistura de terra preta + composto)
1 vaso com 33% do composto.....	(meio ideal – conforme literatura)

Fonte: IPT-CEMPRE, 2000. Adaptado pelo autor

Logo, deverão ser disponibilizados cerca de 40 vasos de mudas (de PET ou saco plástico) em função da seguinte conta: 4 (vasos para cada espécie) x 10 espécies = 40 vasos para cada leira. Portanto, se cada pátio contém 20 leiras, logo, cada pátio de mudas deverá ter espaço para: $40 \times 20 = 800$ vasos de mudas.

Caso não haja quantidade suficiente de vasos (feitos a partir de garrafas PET) deverão ser utilizados sacos plásticos apropriados para mudas ou mesmo copos plásticos descartáveis para doação para testes em canteiros públicos, propriedades particulares e/ou hortas comunitárias, obedecendo regras (como sugestão, segundo o IPT-CEMPRE (2000)).

Deverá ser aplicada uma única vez durante os meses de Janeiro à Junho que corresponde ao inverno (mais chuvas e o solo está teoricamente frio) e outra vez durante os meses de Agosto à Dezembro que corresponde ao período de verão (pouca chuva e o solo

estão teoricamente: quente e seco). Se tiver apenas uma pequena quantidade de composto, recomenda-se espalhar por cima da terra na vala onde pretende semear. Se tiver composto em quantidade, pode espalhá-lo em camadas de 1 a 2 cm de espessura misturado com o solo, mas sem enterrar. Pode também usar o composto nas caldeiras das árvores. Nesse caso, deve-se espalhar o composto em camadas de 2 cm à volta das árvores, não misturando com o solo:

- Viveiro de mudas de eucalipto da empresa JARI Celulose S.A. (cujos procedimentos para envio deverão ser definidos em contrato);
- Estocagem do restante em sacos plásticos para reserva técnica.

O restante do composto produzido deverá ser armazenado, como reserva de estoque para qualquer eventualidade ou amostra, no local reservado da unidade de apoio, bem como para realizar o “cobrimento” de alguma pilha problemática.

Vale ressaltar que aplicações indiscriminadas e contínuas deste composto de resíduos, sem a consideração do conceito de balanço de nutrientes, poderá causar desequilíbrios nos solos, cuja gravidade dependerá: da composição deste resíduo; da quantidade aplicada; da capacidade de extração das plantas; do tipo de solo; do tempo de utilização do resíduo. Como o composto exerce profundos efeitos nas propriedades do solo, os quais, por sua vez, resultam no aumento da produtividade vegetal, esse fato confere ao composto orgânico indicação, além da agricultura local, para outras aplicações e usos em atividades como, por exemplo: Horticultura; Fruticultura; Produção de grãos; Parques, jardins e “playgrounds”; Projetos Paisagísticos; Reflorestamento, Hortos e produção de mudas; Recuperação de solos esgotados; Controle de erosão; Proteção de encostas e taludes; Cobertura de aterros, etc.

As faixas de aplicação variam de acordo com as características do próprio composto, do solo, do clima, com o tipo de cultura, a atividade agrícola, a forma de adubação, dentre outros aspectos. Por exemplo: nas atividades agrícolas, o valor médio de aplicação tem sido 15 toneladas / há, para as aplicações por lance. As aplicações por cova restringem-se a taxas de 2 a 10 litros por cultura.

6.8.2. Estocagem e análise do composto produzido

De acordo com as definições da NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos – Classificação, tanto o composto e principalmente os resíduos podem ser considerados Classe II. Não Inertes,

devido as propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, dos mesmos. Conforme o disposto na NBR 11174:1989 - Procedimentos para Armazenamento de Resíduos Classes II, serão adotados:

- que os resíduos coletados poderão ser acondicionados a granel, no pátio de recepção e triagem;
- que, em caso de estocagem, o composto produzido será acondicionado em sacos plásticos, onde deverão ser empilhados com no máximo seis (6) sacos, um sobre o outro, sob a unidade de apoio.

Como visto anteriormente, na Unidade de Apoio está prevista uma área para a estocagem do excedente de produção e reserva técnica, bem como será um local protegido contra a umidade e o sol.

A análise do composto no que diz respeito a quantificação de nutrientes e verificação da conformidade dos parâmetros com a legislação vigente será realizada nos laboratórios da EMBRAPA Amazônia Oriental, situada na cidade de Belém - Pará. De acordo com as análises a serem realizadas, serão basicamente agrupadas em três (3) categorias, conforme especificação: 1 - Fertilidade e Química; 2 - Física e 3 – Foliar.

A relação carbono/nitrogênio e estreptococos também deverão ser analisadas. Os compostos que não obtiverem resultados de campo satisfatório deverão ser encaminhados para testes de toxicidade, no próprio pátio de mudas ou conforme disponibilidade em laboratório. Vale Ressaltar que a intenção é produzir um composto estabilizado para substituir total ou parcialmente o uso de fertilizantes químicos, contribuindo para a economia de matérias importadas e para a sustentabilidade ambiental. O objetivo principal da pesquisa é equilibrar a capacidade de fornecer nutrientes de um composto estabilizado (húmus) ao solo, aonde a agricultura vai se desenvolver e as necessidades para nutrir as plantas, para se obter um resultado final com adubação coerente com a produtividade e qualidade dos produtos almejados pelos agricultores locais.

6.9. Controle Ambiental e Gestão da Segurança

6.9.1. Emissões gasosas e efluentes

Em função da degradação biológica (fermentação) simultânea, ou seja, ao processo misto na leira que alternará de aeróbico (no momento do reviramento e na superfície), com redução gradativa da oxigenação no interior da leira, passando para anaeróbico, espera-se uma produção de efluentes gasosos tais como: CO₂, CH₄, H₂S, Vapor D'água, entre outros, os quais serão diluídos na atmosfera e não oferecerão perigo de qualquer poluição do ar devido à baixa produção pontual. Não haverá procedimento para canalização e/ou aproveitamento deste “tipo de efluente”, pois a dispersão na atmosfera será suficiente e não haverá resíduos domiciliares, ou provenientes de feiras ou restaurantes (PEREIRA NETO, 1996).

A emanção de odores ocorre dada a sua característica heterogênea, isto é, formados por uma série de produtos e substâncias orgânicas (incluindo as mercaptanas e demais orgânicos voláteis), aliada aos hábitos da população e às condições climáticas do local.

As emanções fétidas serão maiores, e obviamente causar problemas à população, quando houver grande volume de matéria orgânica. Mesmo com a unidade próxima (< 500 m) ao aglomerado urbano, o odor deverá ser controlado devido à pouca quantidade de resíduos, bem como tão logo seja iniciado o processo de compostagem, o odor vai ser controlado. Durante a compostagem, só haverá emanções de odores caso o sistema utilizado não esteja sendo operado tecnicamente. Da mesma forma, emissões de odores indicam anaerobiose na massa de compostagem devido aos seguintes fatores:

Má definição do ciclo de reviramento (ciclos muito espaçados nos primeiros 20 dias); Excesso de umidade; Tamanho da partícula do material maior que 50 mm ou Configuração geométrica da pilha de compostagem inadequada. Assim, o processo de compostagem, estudado criteriosamente pela Universidade Federal de Viçosa (UFV-MG) por mais de cinco anos, garante que, principalmente para leiras de 15 toneladas, não haverá emanção de odores em níveis que provoquem incômodo numa área situada a um raio de 300 metros da unidade. (Pereira Neto, 1996).

Dada a constante polêmica em torno do tema chorume ou sumeiro, como é também denominado torna-se necessário defini-lo antes de tecer maiores considerações. Chorume ou sumeiro é o líquido resultante da decomposição (atividade enzimática) natural de resíduos orgânicos. Essa produção é pouco maior nos processos anaeróbios que nos aeróbios. Diante

dessa definição, conclui-se que a produção de chorume é uma ocorrência biológica natural na massa de compostagem durante o processo de bioestabilização ativa, em quantidade resumida (difícil de ser aferida na prática), o que por si não causa nenhum impacto ambiental.

O chorume trata-se de um líquido que pode incorporar altas concentrações de macro e micronutrientes e até mesmo toxinas orgânicas. O correto gerenciamento do pátio de compostagem evitará qualquer problema associado a essa substância. Dentre os fatores externos causadores da liberação de chorume, estão: A falta de critérios na operação do sistema e o excesso de umidade na massa de compostagem. Na fase de maturação, na qual o material já está estabilizado, encontra-se em processo de humificação, não ocorre a formação do chorume. As ações de controle consistem nas seguintes medidas (PEREIRA NETO, 1996):

- Operar as leiras de compostagem com a umidade de projeto entre 45-55%, o que impossibilita qualquer liberação de chorume da pilha de composto; Aumentar o ciclo de reviramento para as leiras ou pilhas que apresentarem umidade acima de 55%, incorporando composto maturado, seco, em quantidade necessária; Operar as pilhas no limite máximo de umidade (45%) durante o período chuvoso no local;

Outra produção de efluente poderá ser o de efluente líquido devido à manutenção de umidade nas leiras, bem como às incidências de fortes chuvas na região. Com isso, considerando que o pátio de compostagem representa uma pequena “bacia hidrográfica”, será utilizado o Método Racional para cálculo das obras de contenção dos efluentes gerados pelas chuvas de maior intensidade. Esse método calcula a descarga máxima para drenagem de uma área, considerando a intensidade da chuva constante. Considerando-se, portanto:

Chuvas que ocorrem nos meses de janeiro a julho (ou 60% do período de 1 ano = 7,2 meses);

Precipitação máxima (i) registrada no dia = 2.500 mm, logo $i \cong 104,17$ mm/dia;

Coefficiente de Run-Off (C) = 0,95 e Área máxima, calculada no item 7.5, igual a 126 m²

$Q_m = 0,278 \times C \times i \times A \therefore (0,278 \times 0,95 \times 0,10417 \times 126)/1140 \therefore Q_m = 0,0024$ m³/min.

Como essas chuvas de maior intensidade ocorrerão apenas no inverno, na metade do período proposto de realização do projeto, deverá ser previsto um reservatório de acumulação para essa vazão máxima calculada. O aproveitamento/retorno desta água para “regar” e manter a umidade nas leiras, para o período do verão e/ou segurança está prevendo uma

possível falta de água na rede de abastecimento, economizando uso de água potável, evitando a lixiviação e a eutrofização de qualquer corpo receptor do efluente líquido.

Para isso, será considerado: Reservatório de base quadrada com 1,60 metros de profundidade (h), uma declividade (I) do canal de drenagem de 0,2% e Revestimento de concreto (n = 0,012). Como o registro de chuvas indica um tempo (t) de 15 minutos para a intensidade máxima, tem-se:

$$\text{Volume máximo do reservatório} = Q_m \times t \times 45 \text{ dias} \therefore 0,0024 \times 15 \times 45 \therefore V_m = 1,62 \text{ m}^3$$

$$V = B^2 \times h \therefore 1,62 = B^2 \times 1,00 \therefore B \cong 1,27 \text{ m. A favor da segurança, será adotado } B = 1,30 \text{ m}$$

Com isso, o volume total do reservatório será de: $V' = (1,30)^2 \times 1,00 = 1,69 \text{ m}^3$, e a velocidade de escoamento no canal trapezoidal (ver Figura 21) será:

$$\text{Vel}_{\text{ESCOAMENTO}} = (1/n) \times (R_h)^{2/3} \times I^{1/2} \therefore (1/0,012) \times (6,81)^{2/3} \times (0,002)^{1/2} \therefore \text{Vel}_{\text{esc.}} = 13,39 \text{ cm/s}$$

Portanto, a vazão no canal de seção trapezoidal com 10 cm de profundidade e ângulo de inclinação de 30°, será: $0,0094 \times 0,1339 = 1,26 \text{ litros/segundo}$ no pico de “maior chuva”.

A Figura 84 mostra os detalhes construtivos do dimensionamento da drenagem, bem como do reservatório que deverá ser construído para recolher tanto o excesso de chorume, devido à umidade excessiva e drenagem pluvial, em caso de chuva torrencial.

6.9.2. Vetores e Microorganismos Patogênicos

A maioria dos vetores biológicos está associada ao lixo urbano, pelo fato da fração orgânica do lixo se constituir num “habitat” propício à proliferação desses vetores. Portanto, sempre irá ocorrer a atração de vetores a um local onde concentre resíduos orgânicos. Porém, o importante é minimizar esse fenômeno e adotar medidas para evitar sua proliferação, visto que isso representará problemas sanitários e ambientais. Dentre as principais medidas de segurança e controle citam-se (PEREIRA NETO, 1996):

- Desenvolver um programa criterioso de limpeza da unidade e da área, incluindo a lavagem dos equipamentos e ferramentas com saponáceos e detergentes específicos para a finalidade; Estabelecer um rigoroso controle do sistema de compostagem a fim de que as pilhas operem sempre na faixa termofílica de temperatura (45-60°C), que é o mecanismo mais eficiente para a eliminação não só das larvas e ovos de vetores como também dos ovos de helmintos, sementes de ervas daninhas, etc; Cobrir as pilhas com uma camada de composto maturado na primeira semana do processo, uma vez que sendo material inerte, evitando a atração dos vetores;

A atividade microbiana de decomposição termina por gerar grande calor e elevação da temperatura interna da leira. A não adoção ou monitoramento desse parâmetro resulta no aparecimento de larvas de moscas (*Musca domestica* - Mosca doméstica e *Cryomya chochiliomya* - Mosca varejeira) que se favorecem do ambiente de alta concentração de nutrientes dos restos de comida e cama. Estas larvas, uma vez desenvolvidas, produzem antibióticos que inibem a atividade microbiana, estagnando o processo de compostagem.

Segundo PEREIRA NETO (1996) pode-se fazer um “rodízio de despejos” dos materiais orgânicos que é um procedimento de controle adotado na maioria dos casos para evitar o desenvolvimento das larvas e consiste na espera de um prazo mínimo de 48 horas para se despejar uma segunda camada de lixo orgânico em uma mesma leira que esteja sendo confeccionada. Este prazo é necessário para que seja possível a identificação da estagnação do processo de compostagem por infestação de larvas.

Deve-se evitar também a entrada na unidade de animais maiores, tais como: cão e gatos, no entanto, a Quadro 16 mostra a existência de alguns pequenos seres vivos que atuam na compostagem em si, degradando a matéria orgânica e favorecendo o processo. São pequenos insetos (Artrópodes) que poderão aparecer durante a atividade, bem como vale conhecer e ressaltar a importância dos mesmos, assim como em algum momento poderão também ser possíveis hospedeiros de agentes infecciosos.

Quadro 16. Visualização dos pequenos seres vivos que atuam na compostagem, 1996

Nome vulgar	Nome Científico	Foto
Tatuzinho-de-jardim	<i>Armadillidium vulgare</i>	
Piolho-de-cobra ou Gongolo	<i>Julida ou Julidae</i>	
“Tipo de pulga”	<i>Neuroptera ou Collembola</i>	
“Tipo de Ácaro”	<i>Gamasides</i>	
“Tipo de Besourinho”	<i>Sthaphylinidae</i>	
Lacraia ou Lacrau	<i>Lithobiidae</i>	
“Tipo de Lacraia”	<i>Symphyle ou Polydesmus</i>	
“Tipo de aranha”	<i>Oribatei</i>	
“Tipo de formiga”	<i>Diplura</i>	

Fonte: KRAUSS & EIGENHEER, 1996. *Adaptado pelo autor*

Para controle dos microorganismos patogênicos (causadores de doenças) por um lado a maior parte dos dados de “grau de morte para patógenos” vem de experiências laboratoriais onde se consegue o controle exato das condições de teste. Os procedimentos práticos estão descritos no Quadro 17 a seguir. Fatores que afetam a inativação de patógenos durante a compostagem são: grupos de sólidos; distribuição irregular da temperatura; mistura incompleta de biosólidos e correção; e regressão bacteriana.

Quadro 17. Temperatura e tempo de exposição requeridos para a destruição de alguns patógenos e parasitas

ORGANISMO	OBSERVAÇÕES
<i>Salmonella typhosa</i>	Sem crescimento em torno de 46 ^o , morte em 30 min entre 55-60 ^o e em 20 min > de 60 ^o C, destruído em curto tempo no ambiente do composto
<i>Salmonella sp.</i>	Morte em 30 min entre 55-60 ^o e em 20 min acima de 60 ^o C
<i>Shigella sp.</i>	Morte em 1 hora a 55 ^o C
<i>Escherichia coli</i>	A maior parte morre em 1 hora a 55 ^o e entre 15-20 min acima de 60 ^o C
<i>Entamoeba histolytica cystis</i>	Morte em poucos minutos a 45 ^o e em poucos segundos a 55 ^o C
<i>Taenia saginata</i>	Morte em poucos minutos a 55 ^o C
<i>Trichinella spiralis larvae</i>	Rapidamente mortos a 55 ^o e instantaneamente mortos a 60 ^o C
<i>Brucella abortus/suis</i>	Morte em 1 hora a 55 ^o e em 3 min entre 62- 63 ^o C
<i>Micrococcus pyogenes var. aureus</i>	Morte em 10 min a 50 ^o C
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Morte em 10 min a 54 ^o C
<i>Mycobacterium tuberculosis var. hominis</i>	Morte entre 15-20 min a 66 ^o C e instantaneamente 67 ^o C
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Morte em 45 min a 55 ^o C
<i>Necator americanus</i>	Morte em 50 min a 45 ^o C
<i>Ovos de Ascaris lumbricoides</i>	Morte em menos de 1 hora a temperatura acima de 50 ^o C

Fonte: TCHOUBANOGLIOUS ET AL, 1979.

6.9.3. Combate à incêndios e plano emergencial

Em termos emergenciais para a produção do composto orgânico, será adotada a utilização dos materiais já mencionados no item 6.6 deste capítulo. No entanto, o manuseio desses materiais, bem como prevendo-se qualquer eventualidade em decorrência de incêndio acidental deve-se ter alguns cuidados para se evitar qualquer foco de incêndio durante a realização da atividade preventivamente, os quais estão dispostos a seguir (SENAR, 1995):

Assegurar o bom estado dos quadros da rede elétrica; Assegurar o uso adequado das tomadas conforme recomendações especificadas; As unidades deverão ser adequadas, permitindo o acesso para contenção de incêndio; Os depósitos de armazenamento de grãos devem ser bem ventilados; Os depósitos devem ser dispostos de maneira tal que ter uma boa ventilação; Não queimar restos culturais contaminados com microorganismos patogênicos; Fazer a manutenção da cerca periodicamente;

Em caso de acidente, na área da atividade proposta, principalmente na unidade de apoio deverão estar instalados os seguintes materiais e equipamentos para controlar incêndios:

Ter a disposição e em local de fácil acesso, na unidade de apoio, um extintor de gás carbônico (CO₂) que é material não condutor de energia elétrica. Ao ser acionado o extintor, o gás é liberado formando uma nuvem que abafa e resfria; O extintor deve estar dentro do prazo de validade; Ter abafadores de incêndio, que são utilizados para combate de queimadas nas pilhas; Fazer uma saída no reservatório de água, para atender casos de emergência; Acoplar as torneiras, e que permitam adaptação do sistema de irrigação, e combate de incêndio; Ter pelo menos uma pessoa treinada e responsável pelos procedimentos e fazer um treinamento com os empregados; e Ter pára-raios na unidade de apoio;

Como estão previstos cerca de vinte (20) pessoas trabalhando na unidade, em termos de organização para evitar alvoroço, a seguir estão os procedimentos em caso de incêndio:

Ao detectar um foco de incêndio, de fumaça, de cheiro de queimado verificar o que está queimando e a extensão; Se forem equipamentos elétricos ou eletrônicos, desligar o disjuntor ou a chave geral; Dar o alarme de incêndio, podendo ser um sino, uma buzina, uma sirene, desde que o sinal seja devidamente combinado e conhecido e acionar imediatamente o corpo de bombeiros; Se não souber combater o fogo

saia do local e avise as pessoas presentes no local, liberar as pessoas que estejam em área de risco; Não recolher objetos, o importante é salvar vidas; Mantenha-se vestido, pois a roupa protege o corpo contra o calor e a desidratação; Evitar inalar fumaça, pois pode causar problemas graves e até fatais.

Em caso de haver o treinamento dos funcionários para combate à incêndios, poderá ser realizado o combate, de acordo com as normas e os procedimentos adotados pelos bombeiros. Os combatentes necessitam conhecer as vias de acesso para se chegar ao local desejado, e também o depósito de água para possíveis emergências, portanto é necessário ter o mapa da propriedade, assim como um mapa de risco, visível (SENAR, 1995).

- **Ataque direto:** concentram-se diretamente contra as chamas, lançando-se água, terra, sufocando-o com ramas verdes, sacos úmidos, etc. Não pode ser adotado para incêndios de grande proporções ou naqueles que irradiam muito calor.
- **Ataque paralelo:** execução de uma faixa de controle, denominada corta-fogo, paralela às margens da área incendiada, a uma distância de segurança, fora da zona de calor e fumaça. São retirados todos os materiais combustíveis, tais como: mato, arbustos, palhas, árvores, etc., com a finalidade de isolar o incêndio;
- **Ataque indireto:** Para grandes incêndios ou naqueles em que se tornam impraticáveis os métodos anteriores. Trabalha-se a alguma distância, quando se faz com o arado uma faixa em torno do fogo (barreira natural) ou então coloca-se fogo de encontro a partir da linha construída;

6.10. Cronograma

O tempo previsto desde o início da coleta até o composto orgânico pronto, poderá variar na melhor das hipóteses, de no mínimo oito (8) e o máximo de quinze (15) meses para realização de todas as atividades necessárias e previstas do projeto, as quais serão divididas em duas fases, conforme descrição a seguir:

melhores datas para realização para início. Marketing e Divulgação para visitas: Antes da implantação e depois que estiverem formadas mais de 50% das pilhas previstas

Reuniões da Equipe Técnica: Deverão ocorrer no início, com espaçamento de 3 meses entre as seguintes e/ou disponibilidade.

CAPÍTULO VII - CUSTOS COM A IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO

Vale ressaltar que o referido projeto é experimental somente na fase inicial, estimada em três (3) anos para implantação e laboratório de campo porque não há projeto similar em execução ou em estudo, para produção de composto orgânico utilizando-se resíduos da atividade agroextrativista do município de Laranjal do Jari, no Amapá. Durante a elaboração do Projeto ocorreu a participação e o contato com representantes de entidades públicas e privadas, os quais possuem interesse em desenvolver sua concepção bem como poderão fazer parte de um consórcio financiador e/ou de cooperação técnica para implantação do projeto, no referido município. Portanto vale informar que:

- Não foram considerados custos adicionais com Consultoria, Treinamento e Viagens uma vez que o projeto já foi elaborado, bem como será absorvida mão-de-obra essencialmente local e capacitada. Será necessário uma semana de treinamento e informações dos procedimentos, elaborado pelo coordenador, aos funcionários para a implantação e o bom desenvolvimento do projeto, a ser realizada pelo coordenador;
- Também está previsto um acompanhamento técnico (orientação e auxílio na implementação, melhorias e resolução de eventuais problemas) que deverá ser realizado através de termo de cooperação ou convênio, devendo ser estabelecido um adicional de gratificação (a ser definida) para os técnicos do serviço público, selecionados para a equipe de acompanhamento (assessoria técnica) da atividade, que preferencialmente será composta da seguinte forma: 1 técnico do RURAP (Escritório de Laranjal do Jari); 1 técnico da SEMA (Regional Sul); 1 técnico do IEPA.
- O caminhão pequeno para a coleta dos resíduos da KIA Motors (Kangoo) adaptado (1,5 toneladas), no valor de R\$ 50.400,00, foi substituído pelo aluguel de um caminhão similar com motorista, com um valor em torno de R\$ 1.800,00/mês, durante

24 meses, no ano de 2007. Este custo de coleta dos resíduos foi estimado pela média dos aluguéis local, sendo o valor para pagamento do motorista, combustível e manutenção do mesmo, que ficará por conta do proprietário, pois não haverá estacionamento e guarda do mesmo, na Unidade de Compostagem proposta.

Os custos para implantação foram estimados conforme as tabelas a seguir, sendo passíveis de sofrerem atualizações e reajustes em função do período e local de aquisição:

Tabela 20. Ações e Valores previstos para implantação do empreendimento, 2007.

Item	Descrição	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Ações Preliminares				
1	Taxas (Prefeitura) e Licenciamento (SEMA)	vb	690,00	683,00
2	Confecção e Instalação da Placa do Empreendimento	vb	850,00	850,00
3	Limpeza e melhoramento das Vias de Acessos	vb	5.500,00	5.500,00
4	Limpeza e Adaptação da Área do Empreendimento	13.000 m ²	0,55/m ²	7.150,00
5	Instalações Provisórias e Ligações de água e energia	vb	3.200,00	3.200,00
6	Localização das Obras e Início das construções previstas	6.000 m ²	3,10/m ²	18.600,00
SUB-TOTAL 01				35.983,00
Infra-Estrutura e Construções Previstas				
1	Taxas e emolumentos	vb	610,00	610,00
2	Construção dos Pátios de Mudanças	4	486,00	1.944,00
3	Construção dos Pátios de Compostagem e Estocagem	4	1516,00	6.065,00
4	Construção e Equipamento da Unidade de Apoio	1	27.850,00	27.850,00
5	Drenagem e Cinturão Verde da Área do Empreendimento	vb	2.500,00	2.500,00
6	Mão-de-obra para a construção	vb	20.000,00	20.000,00

SUB-TOTAL 02 58.969,00			
Aquisição de Equipamentos, Ferramentas, materiais e Acessórios para Mão-de-Obra			
1	Equipamentos e Ferramentas	vb (Tabela 18)	7.849,00
2	Materiais e Acessórios	vb (Tabela 19)	2.146,00
3	Uniforme completo para os trabalhadores	50 62,00	3.100,00
		unidades	
4	Contentores padronizados (120 Litros)	50 260,00	13.000,00
		unidades	
5	Triturador da Marca Vencedora modelo B-670 c/ motor de 1,5 CV ou modelo similar	1 unidade 1.230,00	1.230,00
SUB-TOTAL 03 27.325,00			
Aluguel de Caminhão - Coleta seletiva dos resíduos			
1	Caminhão com capacidade mínima de 1,5 tonelada	24 meses 1.800,00/mês	43.200,00
SUB-TOTAL 04 43.200,00			
TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO – INVESTIMENTO FIXO (Soma dos Sub-totais: 01+02+03+04) 165.477,00			

OBS₁: Os custos unitários para Ações Preliminares, Infra-Estrutura e Construções previstas adotou-se a tabela do Estado (RCS-SEINF) OBS₂: Nos custos unitários para Aquisição dos Equipamentos forma pesquisados os preços de fornecedores locais, bem como consulta em sites da Internet, para o caso dos contentores padronizados.

OBS₃: O uniforme completo será composto por: camisas de algodão brancas com impresso (R\$ 16,00) + Boné com impresso (R\$ 9,00) + Calça Jeans azul escura (R\$ 37,00) = R\$ 62,00. Valores pesquisados com fornecedores e profissionais em Laranjal do Jari, 2007.

Os custos para operação foram estimados conforme os itens a seguir, sendo passíveis de sofrerem atualizações e reajustes em função do período e local de aquisição:

Tabela 21. Custos Totais para operação e manutenção (3 anos)

Tempo	Pessoal	Consultoria	Treinamento	Viagens	Consumo Administrativo	Outros Serviços	TOTAL (R\$)
1 a 12 meses	255.660,00	0	1.100,00	7.680,00	30.000,00	17.280,00	299.720,00
12 a 24 meses	255.660,00	0	1.100,00	7.680,00	30.000,00	17.280,00	299.720,00
24 a 36 meses	255.660,00	0	1.100,00	7.680,00	30.000,00	38.880,00	321.320,00
TOTAL	766.980,00	0	3.300,00	23.040,00	90.000,00	73.440,00	956.760,00

OBS₁ Treinamento: O Coordenador do projeto deverá realizar, além da seleção e contratação da equipe, um treinamento com a equipe de campo executora. Foi calculado um valor de R\$ 25,00 a hora, para quatro (4) horas diárias, sendo previsto um período máximo de dez (10) dias em cada ano, mais R\$ 100,00 (estimado) referente à aquisição de materiais para o treinamento. No treinamento está previsto, a abordagem de: *Português, Matemática básica, Noções básicas de Ecologia e Agricultura, Visão geral do Projeto para Compostagem.*

OBS₂ Viagens: Considerou-se neste item que o coordenador (autor do projeto) não esteja residindo definitivamente em Laranjal do Jari. Portanto, no valor R\$ 1.920,00 estão contabilizados: passagens aéreas Rio-Macapá-Rio (ida e volta) pela empresa GOL Linhas Aéreas, no valor de R\$ 1.870,00 (valor consultado pela Internet em 20-11-2007) + passagens de ônibus Macapá-Laranjal do Jari-Macapá pela empresa Amazontur (linha regular diária) – Considerando-se ida e volta, tem-se: R\$ 50,00, a cada 3 meses.

OBS₃ Custos com pessoal: A folha de pagamento mensal foi estimada em R\$ 21.305,00 prevendo-se todos os cargos de acordo com o organograma proposto. Os salários foram tomados pela média regional praticada pelas empresas locais; Os encargos sociais previstos estimados, para efeito de cálculo adotou-se 99,75% e estão na Tabela do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE, 2007. Considerou-se uma realização da perícia do Ministério do Trabalho e segundo as NR's 15 e 16 a atividade foi enquadrada com insalubridade de grau máximo pela atividade de coleta e transporte de resíduos além da exposição à agentes físicos (ruído acima de 85 dbA do triturador e calor), agente químico (poeiras) e microorganismos e

o Salário Mínimo adotado foi de R\$ 350,00; Considerou-se também o salário família apenas para os trabalhadores com dedicação integral, com escolaridade exigida inferior, e em função de peculiaridade local das famílias grandes onde os mesmos possuem no mínimo 3 filhos (para efeito de cálculos de custo).

OBS₄ Outros Serviços: Estão incluídos no valor total: o Aluguel definitivo de Caminhão com capacidade mínima de 1,5 tonelada com motorista no valor de R\$ 21.600,00 por ano, a partir do 3º ano, mais Análises do composto em Laboratório da EMBRAPA. Como estão previstas amostras de cada pilha, sendo 20 leiras em cada pátio, estando previsto 1 pátio por mês: R\$ 72,00 x 20 = R\$ 1.440,00 / mês

OBS₅ Consumo Administração: São os custos mensais estimados em R\$ 2.500 para manutenção da atividade interna e das despesas administrativas, tais como Material de Escritório; Fundo de Suprimentos do Escritório, Cotas para Conta de Água, luz e telefone; Cota Extra de Combustível (diesel) – 20 litros/mês; Divulgação nos meios de comunicação local (rádios e jornal).

Para o cálculo do faturamento estimado mensal, com uma possível venda do composto orgânico produzido, tem-se que a Quantidade mensal de resíduos a ser processado = 11.600 kg de resíduos + 40% umidade (ótima) \approx 16.240 kg de composto orgânico / mês. De acordo com a Tabela 21 verificou-se um custo total mensal (médio) para a atividade proposta de aproximadamente R\$ 25.577,00. Logo tem-se: R\$ 25.577,00 / 16.240 kg = R\$ 1,58 / kg. Com isso, considerando-se os custos de comercialização em torno de 38% e um lucro de 5%, tem-se o Preço de venda do composto orgânico = R\$ 1,58 / [1 – (0,38 + 0,05)] = R\$ 2,78 / kg. Logo, o faturamento médio mensal (vendendo 100% da produção) = R\$ 45.147,20 / mês

Em virtude do levantamento dos custos, tanto para implantação quanto para operação (totais) utilizou-se a metodologia do SEBRAE para o cálculo da Projeção de Capital e análise da viabilidade econômico-financeira mais simples, rápida e prática do projeto proposto (sem muitos indicadores econômico-financeiros), descrito a seguir:

- Investimento fixo = R\$ 165.477,00
- Custo total (fixos + variáveis) = R\$ 25.577,00 / mês (R\$ 24.000,00 + R\$ 1.577,00)
- Faturamento mensal ou Receita (previsão) = R\$ 45.147,20 / mês
- Lucro operacional = Receita – Custo total = R\$ 45.147,20 - R\$ 25.577,00 = R\$ 19.570,20 /

mês

- Margem de Contribuição = Receita – Custo variável = R\$ 45.147,20 - R\$ 1.577,00 = R\$ 43.570,20 / mês

- Contribuição Social = 10% x Lucro operacional = R\$ 1.957,02 / mês

- Lucro líquido = Receita – Contribuição Social = R\$ 45.147,20 - R\$ 1.957,02 = R\$ 43.190,18 / mês

- PE = (Custo Fixo / Margem de Contribuição) x Receita = (R\$ 24.000,00 / R\$ 43.570,20) x 45.147,20 = R\$ 24.868,67 / mês

- Lucratividade: percentual da atividade = (Lucro líquido / Receita) x 100 (%) = (43.190,18 / 45.147,20) x 100 = 95,66%

- Retorno = Investimento fixo / Lucro líquido = R\$ 165.477,00 / R\$ 43.190,18 = 4 meses

- Taxa de Rentabilidade = Lucro líquido / investimento fixo x 100 = (R\$ 43.190,18 / R\$ 165.477,00) x 100 = 26,10% a.m.

CAPÍTULO VIII - CONCLUSÕES

As características encontradas em Laranjal do Jari, no Estado do Amapá, associadas à produção diária dos resíduos orgânicos caracterizados como agroextrativistas fizeram da compostagem o processo com grande potencial de uso e de flexibilidade de escala operacional, conforme estabelecido nos Capítulos V, VI e VII, e para atendimento e resolução dos problemas apontados no Capítulo II, principalmente no que diz respeito à identificação da possibilidade implantar um sistema de coleta e transporte seletivo e diferenciado, uma vez que os resíduos já são segregados na fonte geradora, bem como não possuem qualquer mistura ou contaminação com outro tipo de resíduo urbano, gerando também uma alternativa de destino e tratamento de um resíduo específico.

As conclusões deste trabalho, dadas às limitações de recursos para o experimento de campo devem ser consideradas como indicadores de possibilidades de compostagem com os resíduos agroextrativistas devendo as pesquisas prosseguirem, para se estabelecer uma efetiva formulação de composição de composto, e obtenção de mais finalidades e benefícios.

A compostagem, conforme visto no Capítulo IV, do ponto de vista técnico e operacional pode ser desenvolvida no Município de Laranjal do Jari para a produção de um composto orgânico adequado à agricultura local. Após a realização do experimento e da produção do composto, variando-se a composição percentual dos resíduos constituintes (conforme a Tabela 10), após a análise na EMBRAPA, em termos de fertilidade e química de solos para a produção agrícola, todos os compostos obtiveram resultados satisfatórios para a sua utilização quanto a um condicionante (insumo agrícola) para melhoria das características do solo utilizado para agricultura. Em termos de fixação da matéria orgânica no solo e fertilidade destaca-se a pilha PMT 06 (75% casca + 25% caroço).

Em função dos resultados obtidos da Tabela 12 no ANEXO C todos os compostos (ou húmus) produzidos deverão propiciar boas práticas que visam conservar ou aumentar o teor de matéria orgânica do solo, por exemplo: combater a erosão, manter a cobertura vegetal, favorecer a rotação de culturas, descanso, etc, pelos resultados comparativos deverão proporcionar rendimentos elevados às culturas. São as propriedades coloidais do húmus, principalmente aquelas relacionadas à agregação das partículas, que conferem estabilidade

estrutural ao solo e em consequência dos agregados, formam-se macro e microporos, responsáveis pela aeração e pela capacidade de retenção de água, respectivamente. As propriedades químicas do húmus são representadas principalmente pelo fornecimento de nutrientes essenciais; pela interação com as argilas formando o complexo argilo-húmico, responsável pela majoração da capacidade de troca catiônica (CTC). Quanto a esse aspecto destacam-se como os melhores resultados as pilhas PMT's: 07, 03, 06 e 04, respectivamente.

Alguns ácidos orgânicos, liberados pelo composto, considerado fertilizante orgânico, em função dos resultados obtidos da acidez potencial ($H^+ + Al^{+++}$). Os compostos das pilhas 07, 03, 06 e 02 poderão diminuir a adsorção (imobilização) do P (fósforo). Mas isso não será problema pois também apresentaram boas concentrações de P_2O_5 o que poderá possibilitar uma compensação. Nessas condições, diminuem também as variações de pH, tornando mais raras as necessidades de calagem (aplicação de calcário no solo para elevar o pH). Todos os compostos apresentaram pH adequado para aplicação no solo, inclusive atendendo à Portaria nº 01/83 Ministério da Agricultura.

Conforme observado na literatura consultada, tendo em vista que esses microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio numa proporção de 30 partes do primeiro para uma parte do segundo, essa também será a proporção ideal nos resíduos. No entanto, consideram-se os limites de 26/1 a 35/1 como sendo as relações C/N (carbono-nitrogênio) mais recomendadas para uma rápida e eficiente compostagem. Resíduos com relação baixa perdem nitrogênio na forma amoniacal durante o processo de compostagem, prejudicando a qualidade do composto. Quando ocorre o contrário, ou seja, o composto possui relação alta, o processo torna-se demorado e o produto final apresentará baixos teores de matéria orgânica. Os melhores resultados quanto a Relação alta, com bons resultados de concentração de matéria orgânica, destacam-se as pilhas: 02, 04, 05 e 06. Vale ressaltar que o composto produzido, apesar de não atender a Portaria nº 01/83 Ministério da Agricultura passou somente pela fase de bioestabilização (ou degradação ativa) do processo de compostagem e que, segundo os autores consultados, a tendência é o decréscimo, o que trará os resultados para próximo da faixa recomendada de 18/1.

Com relação à temperatura do processo, as faixas de variação, bem como a evolução da temperatura ao longo do processo de compostagem monitorado não atenderam ou não evoluíram conforme a literatura consultada (que fala de restos de resíduos urbanos em sua

maioria). A maior temperatura registrada no período foi de 38,7°C na PMT 07 entre as pilhas monitoradas. Isso indica pouca atividade ou pouca acentuação termófila e uma predominância de atividade mesófila, conforme comprovado pelos gráficos do ANEXO B. No entanto vale ressaltar que a quantidade de resíduos se restringiu à apenas 2 litros em cada pilha, o que pode ser considerado pouco para retenção de calor ou fator restritivo para promover uma maior atividade e desenvolvimento e proliferação de microorganismos. Contudo verificou-se o tratamento dos resíduos agroextrativistas, e que gerou, com o produto final, um material estabilizado e seguro para uso agrícola.

Quanto a viabilidade econômico-financeira há a possibilidade do projeto no curto prazo (4 meses) retornar o capital investido (conforme projeto proposto), trazer uma rentabilidade muito alta (26%) e interessante se comparado à ações, fundos de investimentos e até a poupança. Trabalhando-se com o cenário realista, e também conservador, em que toda a produção deverá ser comercializada, apenas o preço obtido não foi considerado competitivo se comparado ao levantamento da concorrência mais próxima, exibido nos Quadros 06 e 07, no entanto vale ressaltar a qualidade e a comparação com os materiais (resíduos) utilizados na composição do fertilizante orgânico. É um produto diferenciado que pode e deve ser explorado comercialmente, pois não há similar no mercado pesquisado na região.

Portanto, a proposta de uma compostagem de resíduos agroextrativistas é auto-sustentável nos moldes de uma possível Usina de Compostagem, de acordo com os Capítulos VI e VII, bem como foram detectadas estratégias que aumentem a probabilidade de que este empreendimento seja cada vez mais viável, ou seja, foram identificadas estratégias que possam reduzir os custos e elevar as receitas, com o passar do tempo, ao mesmo tempo destinar e tratar uma parcela de resíduo urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LINS, Cristóvão. JARI 70 anos de História. 3ª Edição. Fundação ORSA, 2001.
- GEA-SEMA-GTZ-SEBRAE. Estudo de Viabilidade econômica, técnica e operacional de sistemas de reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos em Macapá e Santana. Projeto Gerenciamento Ambiental Urbana no Amapá, 2006.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Contagem da População e Agregados de setores do Município de Laranjal do Jari . Dados Censitários e Mapa do Estado do Amapá e sua divisão geopolítica, disponível em<<http://www.ibge.gov.br>>;
- INPA – Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia: Informações de Pesquisas diversas, disponível no site: <http://www.inpa.gov.br>. Acesso em 15-05-2004.
- EMBRAPA. Boletim de Pesquisa nº 26. Efeito do composto de lixo orgânico urbano de Barcarena na produção de matéria seca de milho em casa de vegetação. Dezembro de 2005.
- EMBRAPA. Folheto 06091. Compostagem de lixo orgânico no Município de Barcarena-PA. Outubro de 2002.
- EMBRAPA. Comunicado Técnico 71. Composição Química de Composto de Lixo Orgânico Urbano de Barcarena-PA. Setembro de 2002.
- TEIXEIRA, L. B. ; OLIVEIRA, R. F. de; FURLAN JÚNIOR, J.; CRUZ, E. de S. & GERMANO, V. L. C. Compostagem de lixo orgânico urbano no Município de Barcarena, Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 25 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 59).
- PREFEITURA MUNICIPAL DE LARANJAL DO JARI. Lei orgânica Municipal, 1992.
- IEPA-ZEE. ZONEAMENTO Ecológico-Econômico da Área Sul do Estado do Amapá. Macapá: IEPA-ZEE, 2003. 44 p.
- INSTITUTO DE TERRAS DO AMAPÁ. Dados sobre a ocupação urbana em Laranjal do Jari, Escritório regional do vale do Jari, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1004: Classificação dos resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas/CEMPRE-Compromisso Empresarial para Reciclagem. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. São Paulo: 2000.
- DIAS, G,F,D. Educação Ambiental: Princípios e práticas. 6ª edição. São Paulo: Gaia, 2000.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde: Manual de Saneamento, 2004. Internet: <www.funasa.gov.br>

- VILHENA, André. **Guia da Coleta Seletiva de Lixo**. São Paulo, CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem, 1999 – 84 p.
- PEREIRA NETO, J.T. *Manual de compostagem: processo de baixo custo*. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.
- BRAGA, Benedito et al. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São paulo: Prentice Hall, 2002.
- JARDIM, N.S et al. *Lixo Municipal: Manual de gerenciamento integrado*. 1a ed. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológica: CEMPRE, 1995.278p.
- CALDERONI, Sabetai. *Os bilhões perdidos no lixo*. 2ª ed. São Paulo, Humanitas, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419. *Apresentação de Aterros Sanitários de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro, 1992.
- D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 223p.
- CAMPBELL, STU. *Manual de compostagem para hortas e jardins. Como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico; tradução de Marcelo Jahnel*. São Paulo: Nobel. 1999. 144p.
- PEREIRA NETO, J.T. *Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Municípios de Pequeno Porte*. *Revista Ciência e Ambiente*, número 18, Santa Maria-RS, 1999.42-52p.
- KIEHL, E. J. *Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba, 1998.
- PEREIRA NETO, J.T. *Um sistema de reciclagem e compostagem, de baixo custo, de lixo urbano para países em desenvolvimento*. Viçosa: UFV, 1995. 16p. (UFV. Conselho de Extensão. Informe Técnico, 74).
- LINDENBERG, R.C. *Situações encontradas em usinas de compostagem*. *Limpeza Pública*, ABLP, nº 38, 1992.
- LINDENBERG, R.C. *Compostagem. Curso Básico para Gerenciamento de Sistemas de Resíduos Sólidos*, 1982.
- KIEHL, Edmar José. *Fertilizantes Orgânicos*. São Paulo: Ceres, 1985.
- KOEPF, H.H. *Composto. O que é - como é feito - o que faz*. Artigo “Bio - dinamica” nº 77, publicado pela Associação Beneficente Tobias. Botucatu, 1976. 22 p.
- METCALF&EDDY. *Wastewater engineering. Treatment, disposal, and reuse*. 3.ed. Singapore: McGraw-Hill, Inc. International Edition, Civil Engineering Series, 1991. 1334p.
- FUZARO, João Antonio. *Resíduos Sólidos Domésticos: Tratamento e Disposição final*. São Paulo: CETESB, 1994
- AISSE, Miguel Mansur; OBLADEN, Nicolau Leopoldo. *Aproveitamento de resíduos sólidos urbanos*. Curitiba: Instituto de Saneamento Ambiental, 1981.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Ficha técnica/composto urbano, 2004. Disponível em: www.cempre.org.br/fichas_tecnicas_composto.php. Acesso em: 25-05-2005.

ALVES, W.L. Compostagem e vermicompostagem no tratamento do lixo urbano. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 47p.

ZULAUF, Werner. "Macroreciclagem", CEMPRE Informa, n.040, Jul-Ago/1998.

FIGUEIREDO, E. A. P.; PAIVA, D. P.; ROSA, P. S.; AVILA, V. S.; TALAMINI, D. J. D. Diferentes denominações e classificação brasileira de produção alternativa de frangos. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ALTERNATIVA DE FRANGOS. CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas. Anais. Campinas: Apinco, 2001.v. 2..

JAHNEL, Marcelo C. Compostagem: A outra metade da reciclagem. São Paulo. IPT/CEMPRE, 1997. 30p.

ODUM, E.P. Ecologia. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara. 1988.

VAILATI, Jorge. Agricultura Alternativa e Comercialização de Produtos Naturais: I..B.D – Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural, Botucatu, SP. 1998. 71 p.

SILVA, E.B. e. Compostagem de lixo na Amazônia: insumos para a produção de alimentos. In: RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS, 1998,

Belém, PA. Anais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental:SECTAM:Prefeitura Municipal de Belém, 2000. p.57-64. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 30).

WEID, Jean M. Métodos de Compostagem Rápida. Projeto T. A/Fase – Textos, Rio de Janeiro, RJ, 1987, 32 p.

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente. Código Ambiental do Estado do Amapá, 1999.

KRAUSS, Peter; EIGENHEER, Emílio. Como preservar a terra sem sair de casa: Manual de compostagem. Niterói: CIRS-UFF, 1996.

VASCONCELOS, Yuri. Agricultura – O melhor do lixo. Revista Pesquisa Fapesp, edição 91, p.78-81, setembro de 2003. Disponível em <http://www.rrr.cirp.usp.br/o_melhor_do_lixo.html>. Acesso em 12 jul 2006.

TCHOUBANOGLIOUS, ET AL. Integrated Solid Waste Management. “Criteria for Classification of Solid Waste Disposal Facilities and Practices” U.S. EPA, Federal Register 44:179 (1979).

- HOMMA, Alfredo K.O. Criando um Preço Positivo para o Lixo Urbano: A Reciclagem e a Coleta Informal. In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins industriais e Agrícolas, Belém, 1998. Anais: Belém, PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.137-145.
- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 3ª edição. São Paulo: Atlas, 1999.
- YIN, Robert K. Estudo de caso: procedimentos e métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001
- PAYNE, V.W.E & DONALD, J.O (1991). Poultry waste management and environmental protection manual. Alabama Cooperative Extensive Service, Auburn University. 50p.

ANEXOS

ANEXO A - Determinação do Peso Específico dos Resíduos (Tabelas: 06 a 09)

Tabela 06. Amostras recolhidas e analisadas no dia 10-07-2006

Amostras	Volum e de Amostr a (litros)	<u>Caroço de Açaí</u>				<u>Cascas de Castanha</u>			
		Peso 1 (kg) amostra + becker	Peso do Becke r (kg)	Peso Amos tra (kg)	Volu me final* (litros)	Peso 1 (kg) amostra + becker	Peso Becke r (kg)	Peso Amostr a (kg)	Volu me final* (litros)
Amostra 01	1	0,825	0,296	0,529	1,20	0,686	0,296	0,390	0,350
Amostra 02	1	0,816	0,296	0,520	1,15	0,680	0,296	0,384	0,345
Amostra 03	1	0,810	0,296	0,514	1,10	0,686	0,296	0,390	0,350
Amostra 04	1	0,820	0,296	0,524	1,20	0,675	0,296	0,379	0,340
Amostra 05	1	0,825	0,296	0,529	1,20	0,680	0,296	0,384	0,345
Amostra 06	1	0,820	0,296	0,524	1,20	0,668	0,296	0,382	0,350
	Médias	0,819	0,296	0,523	1,18	0,679	0,296	0,385	0,347

(*) Volume final, após a trituração (retornou-se o material triturado ao Becker de medição)

Tabela 07. Amostras recolhidas e analisadas no dia 26-10-2007

Amostr as	Volum e de Amost ra (litros)	<u>Caroço de Açaí</u>				<u>Cascas de Castanha</u>			
		Peso 1 (kg) amostra + becker	Peso do Becke r (kg)	Peso Amos tra (kg)	Volu me final* (litros)	Peso 1 (kg) amostra + becker	Peso Becke r (kg)	Peso Amost ra (kg)	Volu me final* (litros)
Amostra 01	1	0,746	0,296	0,450	1,20	0,546	0,296	0,250	0,390
Amostra 02	1	0,746	0,296	0,450	1,20	0,556	0,296	0,260	0,390
Amostra 03	1	0,735	0,296	0,439	1,20	0,550	0,296	0,254	0,355
Amostra 04	1	0,746	0,296	0,450	1,20	0,548	0,296	0,252	0,450
Amostra 05	1	0,746	0,296	0,450	1,20	0,556	0,296	0,260	0,400
Amostra 06	1	0,735	0,296	0,439	1,20	0,545	0,296	0,249	0,390
Médias		0,742	0,296	0,446	1,20	0,550	0,296	0,254	0,396

(*) Volume final, após a trituração (retornou-se o material triturado ao Becker de medição)

Tabela 08. Amostras recolhidas e analisadas no dia 07-02-2007

Amostr as	Volum e de Amost ra (litros)	<u>Caroço de Açaí</u>				<u>Cascas de Castanha</u>			
		Peso 1 (kg) amostra + becker	Peso do Becke r (kg)	Peso Amos tra (kg)	Volu me final* (litros)	Peso 1 (kg) amostra + becker	Peso Becke r (kg)	Peso Amost ra (kg)	Volu me final* (litros)
Amostra 01	1	0,848	0,296	0,523	1,45	0,554	0,296	0,258	0,400
Amostra	1	0,848	0,296	0,523	1,45	0,554	0,296	0,258	0,400

02									
Amostra	1	0,876	0,296	0,580	1,50	0,471	0,296	0,175	0,355
03									
Amostra	1	0,862	0,296	0,566	1,50	0,593	0,296	0,297	0,450
04									
Amostra	1	0,876	0,296	0,580	1,50	0,560	0,296	0,264	0,400
05									
Amostra	1	0,856	0,296	0,560	1,50	0,540	0,296	0,244	0,390
06									
Médias		0,861	0,296	0,555	1,48	0,545	0,296	0,249	0,399

(*) Volume final, após a trituração (retornou-se o material triturado ao Becker de medição)

Tabela 09. Amostras recolhidas e analisadas no dia 22-07-2007

Amostr as	Volume de Amostr a (litros)	<u>Caroço de Açaí</u>				<u>Cascas de Castanha</u>			
		Peso 1 (kg) amostra + becker	Peso do Becke r (kg)	Peso Amos tra (kg)	Volu me final* (litros)	Peso 1 (kg) amostra + becker	Peso Becke r (kg)	Peso Amost ra (kg)	Volu me final* (litros)
Amostr a 01	1	0,775	0,296	0,479	1,20	0,550	0,296	0,254	0,450
Amostr a 02	1	0,825	0,296	0,529	1,20	0,550	0,296	0,254	0,425
Amostr a 03	1	0,850	0,296	0,554	1,30	0,575	0,296	0,250	0,450
Amostr a 04	1	0,900	0,296	0,604	1,40	0,550	0,296	0,254	0,450
Amostr a 05	1	0,800	0,296	0,504	1,20	0,550	0,296	0,254	0,450
Amostr a 06	1	0,750	0,296	0,454	1,20	0,550	0,296	0,254	0,450
Médias		0,817	0,296	0,521	1,25	0,554	0,296	0,253	0,446

(*) Volume final, após a trituração (retornou-se o material triturado ao Becker de medição)

ANEXO B – Resultados do Monitoramento das Pilhas de Compostagem experimentais

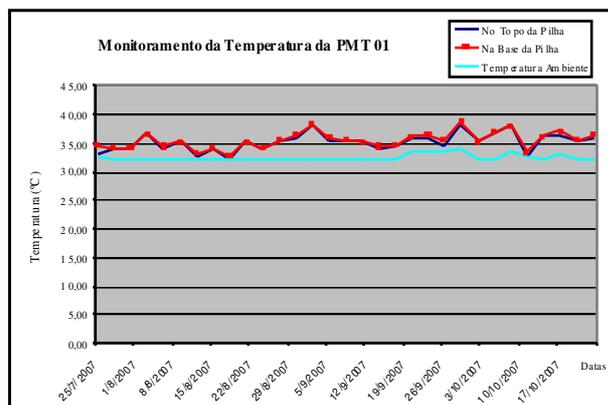


Figura 81. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 01, em 93 dias (fase de degradação ativa)

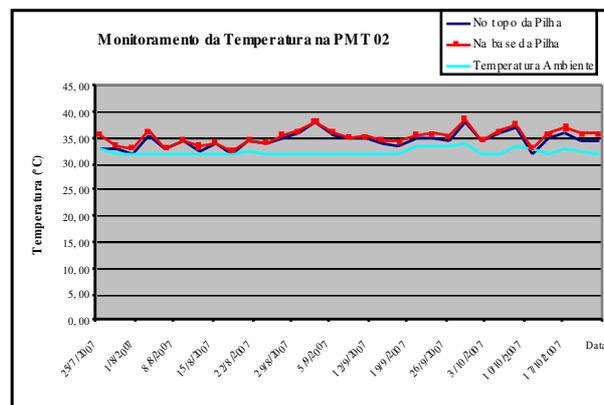


Figura 82. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 02, em 93 dias (fase de degradação ativa)

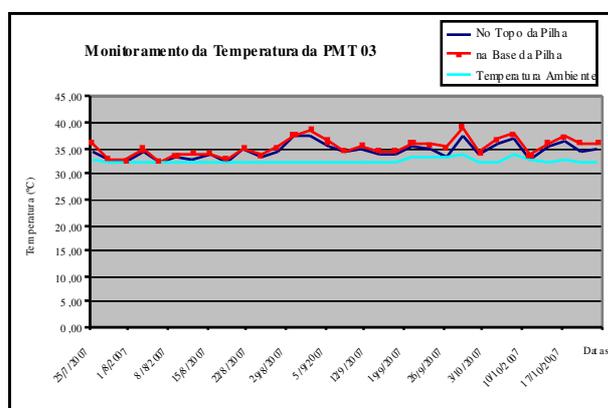


Figura 83. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 03, em 93 dias (fase de degradação ativa)

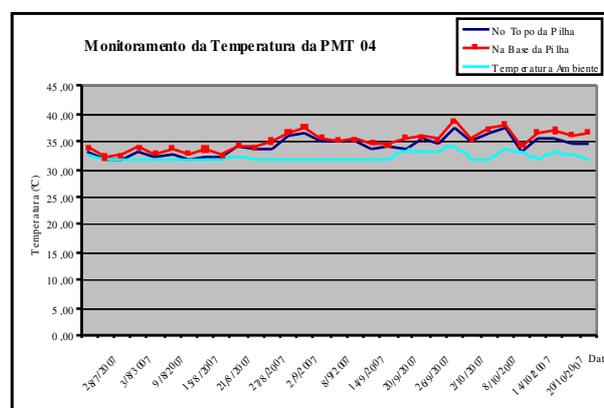


Figura 84. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 04, em 93 dias (fase de degradação ativa)

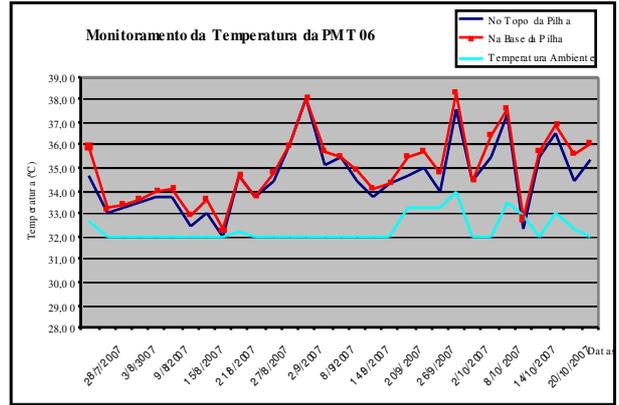
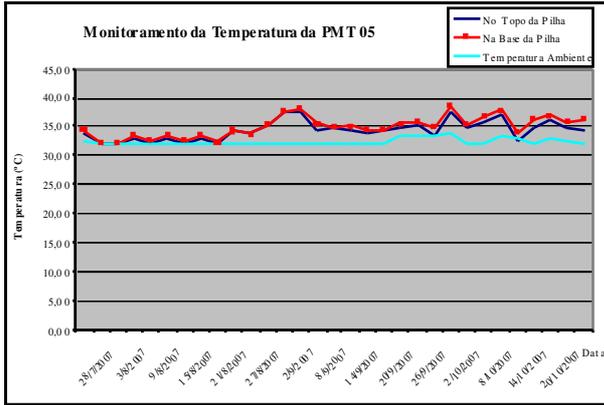


Figura 85. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 05, em 93 dias (fase de degradação ativa)

Figura 86. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 06, em 93 dias (fase de degradação ativa)

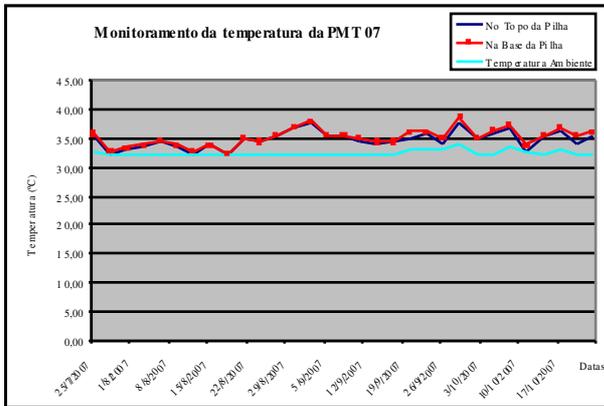


Figura 87. Gráfico do monitoramento da temperatura da PMT 07, em 93 dias (fase de degradação ativa)

ANEXO C – Tabela 12. Comparação dos Resultados da Caracterização química do Composto produzido, com os dados levantados

Parâmetros	EMBRAPA-Macapá, 2007							EMBRAPA 2004 ⁽¹⁾	EMBRAPA 2002 ⁽²⁾	Cama de Frango Payne & Donald (1991) ⁽³⁾	Portaria nº 01/83 Ministério da Agricultura (Padrão) ⁽⁴⁾
	PMT 01 100% caroço	PMT 02 50% caroço 50% casca	PMT 03 100% casca	PMT 04 75% caroço 25% casca	PMT 05 90% caroço 10% casca	PMT 06 75% casca 25% caroço	PMT 07 90% casca 10% caroço				
Nitrogênio	10,6 g/kg	14,0 g/kg	12,7 g/kg	13,4 g/kg	12,9 g/kg	15,9 g/kg	10,8 g/kg	3,55%	30,5 g/kg	2,10- 6,40 (%)	> 0,90%
P ₂ O ₅	21,0 mol/dm ³	9,0 mol/dm ³	17,0 mol/dm ³	10 mol/dm ³	15 mol/dm ³	17 mol/dm ³	15 mol/dm ³	2,43%	33,3 g/kg	0,56- 3,92 (%)	--
K ₂ O	1,13 mol/dm ³	0,69 mol/dm ³	2,56 mol/dm ³	3,34 mol/dm ³	3,13 mol/dm ³	0,90 mol/dm ³	3,89 mol/dm ³	1,18%	10,2 g/kg	0,73- 5,17 (%)	Metais não acima dos limites toleráveis
Cálcio	3,55 mol/dm ³	4,35 mol/dm ³	5,20 mol/dm ³	3,80 mol/dm ³	3,85 mol/dm ³	5,80 mol/dm ³	4,90 mol/dm ³	3,49%	53,8 g/kg	0,81- 6,13 (%)	
H+Al	7,42	11,8	16,6	9,50	9,50	16,3	17,2	--	--	--	

	mol/dm ³										
SB	5,48 mol/dm ³	7,34 mol/dm ³	10,21 mol/dm ³	8,64 mol/dm ³	8,13 mol/dm ³	8,00 mol/dm ³	10,79 mol/dm ³	--	--	--	
Matéria orgânica	289,92 g/kg	340,61 g/kg	317,29 g/kg	329,46 g/kg	352,77 g/kg	354,80 g/kg	296,00 g/kg	69,25%	401,5 g/kg	61-95 (%)	> 36%
pH	6,20	6,50	6,50	6,50	6,30	6,50	6,30	6,42	6,8	--	> 5,5
CTC	12,90 mol/dm ³	19,14 mol/dm ³	26,79 mol/dm ³	18,14 mol/dm ³	17,63 mol/dm ³	24,33 mol/dm ³	27,95 mol/dm ³	--	--	--	--
Relação C/N	27,35/1	24,33/1	24,98/1	24,59/1	27,35/1	22,31/1	27,41/1	11/1	6,5/1	--	12/1 > C/N* > 18/1

- (1) Composto Orgânico produzido com: 30% de lixo orgânico urbano (logo após a separação dos resíduos), 40% de capim e 30% de caroço de açaí triturado. Média de 4 municípios no Pará;
- (2) Resultados médios de duas amostras de composto orgânico coletado na Unidade de Compostagem e Reciclagem de Lixo Urbano da Vila dos Cabanos-PA;
- (3) Composição da cama-de-frango, em porcentagem da matéria seca (considerado na prática por muitos agricultores como o melhor adubo);
- (4) Conforme Quadro 5 do item 4.6.

