

Universidade Camilo Castelo Branco  
Campus de Fernandópolis

FRANCISCO ANTONIO PINTO

EFEITO DA TEMPERATURA E DO BIOFERTILIZANTE NA  
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE PODA URBANA

EFFECT OF TEMPERATURE AND THE BIOFERTILIZER IN THE COMPOSTING  
OF RESIDUES FROM URBAN PRUNING

Fernandópolis, SP

2015

Universidade Camilo Castelo Branco  
Campus de Fernandópolis

FRANCISCO ANTONIO PINTO

**EFEITO DA TEMPERATURA E DO BIOFERTILIZANTE NA COMPOSTAGEM DE  
RESÍDUOS DE PODA URBANA**

Orientador (a): Professor (a.). Dr.(a.) Dora Inês kozusny-Andreani

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Camilo Castelo Branco, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Fernandópolis, SP

2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

PINTO, Francisco Antonio

P728E Efeito da Temperatura e do Biofertilizante na Compostagem de Resíduos de Poda Urbana / Francisco Antonio Pinto - São José dos Campos: SP / UNICASTELO, 2015.

58f. il.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dora Inês Kozusny-Andreani

Dissertação de Mestrado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, para complementação dos créditos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

1. *Terminalia Catappa* Linn. 2. Sustentabilidade. 3. Planejamento Urbano.  
I. Título

**CDD: 574**

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura do aluno:



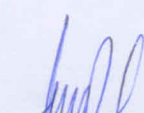
Data: 14 / 03 / 2016


**TERMO DE APROVAÇÃO**

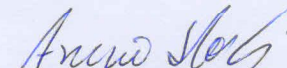
**FRANCISCO ANTÔNIO PINTO**

**EFEITO DA TEMPERATURA E DO BIOFERTILIZANTE NA  
COMPOSTAGEM DE MATERIAL VEGETAL**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, pela seguinte banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof(a). Dr(a). Dora Inés Kozusny-Andreani  
(Presidente)

  
\_\_\_\_\_  
Prof(a). Dr(a). Luiz Sergio Vanzela

  
\_\_\_\_\_  
Prof(a). Dr(a). Anisio Storti

Fernandópolis - SP, 24 de setembro de 2015.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Dora Inés Kozusny-Andreani

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à memória de José de Barros Pinto (Pai) e Irma Marques Pinto (Mãe), e minhas filhas Fernanda e Mariana, os grandes amores da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais (*in memorium*), por ter sido minha estrutura familiar por muitos anos, corações bondosos que dedicaram toda sua vida à família, eterno agradecimento.

Obrigado Aldo, Izilda, José (zezinho), Aldinho, Nádia, Sabrina, Leo, Camila, Aliex, Ana Carolina, Felix (barão), Paula, Sandro, Matheus, João Pedro, Leandro, Ian, Fred, Guilherme, pela atenção, motivação e colaboração que sempre tiveram comigo.

Aos meus parceiros de trabalho: Iracema (irmã) e Felix (cunhado), Paula (irmã) e Joaquim (cunhado), neste momento, não existem palavras para expressar a alegria, gratidão e emoção que sinto ao concluir este Mestrado. Muito obrigado de coração.

A Fabiana pela grandeza, amor, carinho e companhia neste tempo todo.

À orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dorakozusny-Andreani, pela clareza nas respostas, e pela autonomia dada no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os Professores do curso de Mestrado Ciências Ambientais que contribuíram para o crescimento do aprendizado.

A UNICASTELO – Universidade Camilo Castelo Branco.

A Prefeitura Municipal de Caraguatatuba pela realização do sonho e trabalho.

Ao Professor Mestre Amigo e Irmão Luiz Alfredo pela ajuda e colaboração nas diversas etapas deste trabalho.

A todos que de alguma forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

**ESPECIALMENTE** as minhas filhas Fernanda e Mariana, que estiveram sempre ao meu lado, amor eterno e razão da minha vida.

## **EPÍGRAFE**

“A responsabilidade social e a preservação ambiental significa um compromisso com a vida.”

João Bosco da Silva

## **EFEITO DA TEMPERATURA E DO BIOFERTILIZANTE NA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE PODA URBANA RESUMO**

Atualmente a geração e disposição final dos resíduos sólidos urbanos tornaram-se um dos maiores problemas ambientais enfrentados pelos municípios. Para enfrentar estes problemas, os governos municipal, estadual e federal, apresentam políticas voltadas na prevenção e controle da poluição. Diante disso, o processo de compostagem surge como uma opção cada vez mais obrigatória para o gerenciamento desses resíduos. Dentre os resíduos sólidos urbanos, destacam-se os produzidos pela manutenção da arborização urbana. Por isso, o estudo teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura e de biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> como acelerador de compostagem de material vegetal proveniente de poda da *Terminalia catappa Linn*, com a finalidade de reduzir o tempo do processo de decomposição. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com os seguintes tratamentos realizados em duplicata. Tratamento 1 (T1) – Apenas material da poda das árvores (testemunha); Tratamento 2 (T2) – Poda de árvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %); Tratamento 3 (T3) – Poda de árvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %) no início do experimento, aos sete dias e aos quatorze dias; Tratamento 4 (T4) – Poda de árvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %) sete, quatorze e vinte um dias do experimento. Os resultados apresentaram as temperaturas com o comportamento bastante semelhante em todos os tratamentos com o biofertilizante durante os 90 dias do processo. A massa seca dos tratamentos reduziu ao longo do processo. A coloração apresentou variações no processo. Verificou-se que os compostos tratados com biofertilizante apresentaram menor concentração de nitrogênio, e os teores de cálcio, magnésio, boro, manganês, ferro, e zinco apresentaram variações, enquanto que o enxofre e o cobre não evidenciaram variações. Pode-se concluir que a utilização do biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> favoreceu o processo de degradação do material vegetal, permitindo a obtenção de composto em menor período. Em momento algum, não houve formação de chorume no processo de compostagem.

**Palavras-chave:** *Terminalia catappa Linn*, sustentabilidade, planejamento urbano



## EFFECT OF TEMPERATURE AND THE BIOFERTILIZER IN THE COMPOSTING OF RESIDUES FROM URBAN PRUNING

### ABSTRACT

Nowadays the urban solid waste generation and final arrangement became one of biggest and most serious ambient problems faced by cities. Face these problems, the municipal, state and federal governments present preventive and pollution control policies. In this situation, the composting process of these became even a more mandatory option. Among the urban solid waste, the urban arborization maintenance's debris stand out. This work evaluated the temperature and the biofertilizer Vetor 1000® effects as a composting accelerator of vegetal material from *Terminalia catappa* Linn pruning, aiming the composting process time reduction. The experimental lineation was entirely divided into cases with the following realized treatments in duplicate. Treatment 1 (T1) – Only tree pruning material (evidence); Treatment 2 (T2) - Tree pruning + biofertilizer Vetor 1000® (1,0 %); Treatment 3 (T3) - Tree pruning + biofertilizer Vetor 1000® (1,0 %) at experiment's start, after seven and fourteen days; Treatment 4 (T4) - Tree pruning + biofertilizer Vetor 1000® (1,0 %) after seven, fourteen and twenty one days of experiment. The results presented temperatures with similar behavior at all treatments with the biofertilizer during the 90 days of the process. The dry mass for treatments were reduced in the composting process duration. Over the process the treatment's color oscillated. Was verified that the compound showed a fewer concentration of nitrogen and the contents of calcium, magnesium, boron, manganese, iron and zinc had variation, while sulfur and copper had not. It may conclude that using biofertilizer Vetor 1000® favored the vegetal composting, allowing the achievement of a compost in a smaller time period. No slurry has formed in the composting process, in any moment.

**Keywords:** *Terminalia catappa* Linn, Sustainability, Urban Planning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Terminalia catappa</i> Linn como componente da arborização de Caraguatatuba – SP.....	22
Figura 2: Principais tipos de resíduos orgânicos.....	23
Figura 3: Esquema simplificado do processo de compostagem.....	24
Figura 4: Exemplo genérico da evolução da temperatura de uma leira em compostagem.....	28
Figura 5: Localização do Município de Caraguatatuba/SP.....	37
Figura 6: Localização das Áreas experimentais 1 e 2.....	38
Figura 7: Disposição dos furos na parte basal.....	39
Figura 8: Preparação do Biofertilizante Vetor 1000®.....	40
Figura 9: Poda da <i>Terminalia catappa</i> Linn triturador, trituração do material vegetal e transporte do material triturado.....	41
Figura 10: Resíduo de Poda da <i>Terminalia catappa</i> Linn triturado.....	41
Figura 11: Locais de monitoramento da temperatura.....	42
Figura 12: Monitoramento da Areação.....	43
Figura 13: Fotos do monitoramento da Umidade.....	43
Figura 14: Características da coloração do material vegetal.....	44
Figura 15: Condições climáticas.....	46
Figura 16: Gráfico da temperatura do material vegetal e da temperatura ambiente em função do tempo, nos experimentos estudados na Área 1.....	48
Figura 17: Gráfico da temperatura do material vegetal e temperatura ambiente em função do tempo, nos experimentos estudados na Área 2.....	48
Figura 18: Decomposição do Material vegetal proveniente de poda da <i>Terminalia catappa</i> Linn e material submetido a tratamentos: T1 – Apenas material da poda das arvores (controle); T2 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000® (1,0 %); T3 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000® no inicio do experimento, aos sete dias e aos quatorze dias; T4 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000® (1,0 %) sete, quatorze e vinte um dias do experimento.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação, Categoria e Descrição dos Resíduos Sólidos.....	18
Tabela 2: Caracterização de poda da arborização urbana.....	21
Tabela 3: Bactérias, fungos e actinomicetos identificados na compostagem de diferentes substratos e em diversos sistemas.....	30
Tabela 4: Características dos principais grupos microbianos envolvidos no processo de compostagem.....	31
Tabela 6: Características Químicas de Compostos Orgânicos produzidos pelo método de leira a céu aberto utilizando resíduos urbanos misturados a outros substratos.....	34
Tabela 8: Precipitação durante o período do experimento.....	47
Tabela 9: Valores e percentual de redução de massa seca (kg) do Material vegetal proveniente de poda da <i>Terminalia catappa Linn</i> , submetido a tratamentos: T1 – Apenas material da poda das arvores (controle); T2 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000 <sup>®</sup> (1,0 %); T3 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000 <sup>®</sup> no inicio do experimento, aos sete dias e ao quatorze dias; T4 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000 <sup>®</sup> (1,0 %) sete, quatorze e vinte um dias do experimento. .	50
Tabela 10: Composição de nutrientes dos compostos obtidos de material vegetal proveniente de podas de <i>Terminalia catappa Linn</i> , submetido a tratamentos: T1 – Apenas material da poda das arvores (controle); T2 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000 <sup>®</sup> (1,0 %); T3 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000 <sup>®</sup> (1,0 %) no inicio do experimento, aos sete dias e aos quatorze dias; T4 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000 <sup>®</sup> (1,0 %) sete, quatorze e vinte um dias do experimento.....	53

## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
B	Boro
Ca	Cálcio
Co	Cobalto
Cu	Cobre
CEPAGRI	Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas
cm	Centímetro
C/N	Relação Carbono/Nitrogênio
Fe	Ferro
K	Potássio
Mg	Magnésio
MMA	Ministério do Meio Ambiente
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
NBR	Norma Brasileira de Referências
P	Fósforo
PH	Potencial hidrogeniônico
PMC	Prefeitura Municipal de Caraguatatuba
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Interna de Resíduos Sólidos
PVC	Polivinilcloride
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SESEP	Secretaria Municipal de Serviços Públicos
ton.	Tonelada
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos Gerais.....	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
2.1 Resíduos Sólidos .....	18
2.2 Resíduos Sólidos Urbanos.....	19
2.3 Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.....	19
2.4 Situação dos Resíduos Sólidos Urbanos em Caraguatatuba/SP.....	19
2.5 Resíduos Sólidos Urbanos – Poda de Árvores .....	20
2.6 <i>Terminalia catappa</i> Linn.....	21
2.7 Compostagem.....	22
2.7.1 Fatores que afetam a compostagem .....	25
2.7.1.1 Areação.....	25
2.7.1.2 Umidade.....	26
2.7.1.3 Temperatura.....	27
2.7.1.4 Potencial hidrogeniônico - pH.....	28
2.7.1.5 Granulometria.....	29
2.7.1.6 Microbiologia .....	29
2.7.1.7 Concentração de nutrientes .....	32
2.7.2 Características dos Compostos Orgânicos.....	33
2.7.3 Métodos de compostagem.....	34
2.8 Biofertilizante.....	36
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	37
3.1 Descrição da Área.....	37
3.2 Localização das áreas experimentais .....	37
3.3 Etapa de Compostagem.....	38
3.3.1 Montagem das Composteiras.....	38
3.3.2 Delineamento experimental .....	39
3.3.3 Resíduos.....	40
3.4 Monitoramento do Experimento .....	42
3.4.1 Controle de Temperatura.....	42
3.4.2 Controle de Areação.....	43

3.4.3	Controle de Umidade.....	43
3.4.4	Avaliação da coloração.....	44
3.4.5	Pesagem do composto.....	44
3.4.6	Determinação da qualidade dos compostos obtidos.....	45
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1	Condições Climáticas.....	46
4.2	Monitoramento da Temperatura.....	47
4.2	Massa Seca.....	50
4.3	Variáveis Sensoriais.....	50
4.4	Micronutrientes e macronutrientes.....	52
5.	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a geração e disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tornaram-se um dos maiores e mais sérios problemas ambientais enfrentados pelos municípios, não só no Brasil como em outros países. Exigindo soluções conjuntas entre a sociedade e o poder público.

Para enfrentar estes problemas, os governos municipal, estadual e federal, apresentam políticas voltadas na prevenção e controle da poluição, nas ações de recuperação e proteção ambiental e nos temas relacionados à promoção da saúde pública. As principais são: Política Nacional de Saneamento Básico e a Política Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos. Outras ações para adisposição e tratamento dos resíduos sólidos urbanos gerados é o processo de compostagem, considerado natural de baixo custo e de fácil operação. Diante disso, o processo de compostagem aparece como uma opção cada vez mais obrigatória para o gerenciamento desses resíduos.

Dentre os resíduos sólidos urbanos se destacam os produzidos pela manutenção da arborização urbana. Segundo Queiroz [1], em uma cidade onde a organização socioeconômica é sustentável, as áreas verdes são encontradas em maior extensão, criando a necessidade de podas regulares em árvores e jardins, produzindo os resíduos da arborização urbana, que devem ser adequadamente destinados pelo poder público local.

Conforme dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Serviços Públicos (SESEP), o município de Caraguatatuba - SP gera, em torno de 42.000 ton/ano de resíduos sólidos urbanos, aproximadamente 4% são resíduos provenientes das podas de árvores, que são triturados e depositados na central de resíduos, que posteriormente seguem sem nenhum tratamento, análise ou avaliação para as áreas de cultivo, sendo entregues à Associação dos Produtores Rurais.

Para Cortez [2], o material desperdiçado deste importante insumo poderia ser submetido ao processo de compostagem e utilizado para minimizar os custos com adubação das áreas verdes dos espaços públicos.

O processo de compostagem, exclusivamente de resíduos vegetais, tem possibilidade de produzir adubos orgânicos e substratos de boa qualidade, que quando devolvidos ao solo contribuem para o enriquecimento e nutrição das plantas

[3]. O composto é representado por um material homogêneo, de coloração escura, cheiro de terra molhada e temperatura baixa, denominado fertilizante orgânico [4].

Os macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre e os micronutrientes boro, cloro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco são elementos fundamentais para as plantas, os quais assimilados em maior ou menor quantidade podem ser usados na agricultura em geral e aplicado sobre o solo no plantio das sementes e mudas. Lembrando que a concentração desses micronutrientes e macronutrientes no composto final variam conforme a origem dos resíduos utilizados [5].

Atualmente várias pesquisas estão sendo desenvolvidas com o intuito de aperfeiçoar os métodos de compostagem, principalmente no que tange ao tempo de decomposição da matéria orgânica. Segundo Nord [6], existe um grande número de inoculantes a base de micro-organismos benéficos que podem induzir a um processo acelerado de degradação, produzindo um produto final com maior qualidade e homogeneidade de elementos químicos das matérias primas originais.

Fatores do processo de compostagem tais como: temperatura, umidade, areação, relação carbono/nitrogênio, pH e o tamanho das partículas, atuam diretamente na população microbiana envolvidas na biodegradação.

Segundo Pereira Neto [7], um dos parâmetros com maior referência da eficiência do processo biológico da compostagem é a temperatura. A elevação da temperatura é necessária e interessante para a eliminação de micro-organismos patogênicos que frequentemente estão presentes na matéria orgânica. A variação da temperatura ao longo das três fases do processo de compostagem também pode ser utilizada para acompanhamento do grau de maturação do composto, pois ao término da compostagem a temperatura deve estar muito próxima da temperatura ambiental.

A umidade também é avaliada como um parâmetro significativo para evitar a anaerobiose no processo de compostagem. Para Pereira Neto [7], vegetais secos necessitam de níveis altos de umidade no procedimento de biodegradação.

A areação é considerada como um dos fatores mais importante no processo de compostagem, devido principalmente ao mecanismo de controle da temperatura. Para abrandar os efeitos negativos dos resíduos sólidos urbanos provenientes da arborização urbana nas questões ambientais, a diminuição do tempo no processo de compostagem dos resíduos é uma realidade de suma importância, por isso, a



presente pesquisa propõe-se a estudar o efeito do uso do fertilizante orgânico composto classe A, com aplicação foliar denominado biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup>, como um “acelerador de compostagem”.

### **1.1 Objetivos Gerais**

A pesquisa realizada teve por objetivo avaliar o efeito da temperatura e de biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> como acelerador de compostagem de material vegetal proveniente de poda da *Terminalia catappa* Linn, com a finalidade de reduzir o tempo do processo de decomposição.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Para atingir o objetivo geral desta pesquisa, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Aferir periodicamente a temperatura e relacionar com o tempo de decomposição.
- Avaliar as propriedades físicas do composto orgânico formado: cor, odor, presença de fungos e redução da matéria orgânica.
- Avaliar as propriedades químicas: macro e micronutrientes do composto orgânico formado.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Resíduos Sólidos

O ser humano, no seu cotidiano, produz e descarta um volume respeitável de resíduos sólidos. Sendo assim, com a obrigação da diminuição, e principalmente a destinação e tratamento de forma adequada o lixo no nosso planeta[8].

Segundo a NBR 10004/2004 [9], os resíduos sólidos podem ser classificados, de acordo com sua periculosidade ao ambiente e à saúde humana, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1:** Classificação, Categoria e Descrição dos Resíduos Sólidos.

<b>Classe do Resíduo</b>	<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
<b>I</b>	Perigosos	Resíduos que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde e meio ambiente.
<b>II</b>	Não perigosos	Papel, papelão, plástico, borracha, madeira, materiais têxteis, restos de alimentos, entre outros considerados não perigosos.
<b>II A</b>	Não inertes	Apresentam propriedades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, não se enquadrando nas demais classificações.
<b>II B</b>	Inertes	Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, e submetidos a um contato com ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

**Fonte:** Adaptado de Barbosa (2011)

## **2.2 Resíduos Sólidos Urbanos**

Nos termos da Lei Federal nº 12.305/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos urbanos (RSU) englobam os resíduos de limpeza urbana, quais sejam os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana e os resíduos domiciliares, isto é, aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas [10].

De acordo com a norma NBR 10004/2004 [9], os resíduos de poda urbana são biodegradáveis, classificados como Resíduos Classe II e não inertes (Tabela 1).

## **2.3 Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**

De acordo com a Abrelpe [10], a geração total de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil em 2014 foi aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,9% em relação ao ano de 2013.

Devido à facilidade de diversas classes sociais de desfrutarem das novidades do mercado, e principalmente a falta de conhecimento do que pode ou não gerar poluição, no Brasil causou um aumento da quantidade de resíduo sólido[11].

Para Brito [12], a destinação dos resíduos urbanos no Brasil atualmente é um termo a ser concretizado, pois a maioria dos resíduos tem a sua deposição nos lixões e aterros controlados. Fato confirmado pela pesquisa da Abrelpe [10], que comprova a destinação final adequada dos RSU em 2014, continua expressiva, com 41.600.875 toneladas. Porém a quantidade de RSU destinada a locais inadequados totaliza 29.659.170 toneladas no ano.

## **2.4 Situação dos Resíduos Sólidos Urbanos em Caraguatatuba/SP**

Os resíduos sólidos urbanos em Caraguatatuba/SP são abordados nas seguintes leis municipais: Lei Complementar 14/2003 e suas alterações, que regulamentam o Código Tributário Municipal, Código de Posturas Leinº 1144, de 06 de novembro de 1980 que institui o Código de Posturas do Município de Caraguatatuba e a Lei nº1490/2007 que institui o Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Construção Civil[13].

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) tem como objetivo atender os preceitos legais da Política Nacional de Resíduos Sólidos, priorizando a não geração, redução e reutilização, pela da mudança nos hábitos de consumo, a reciclagem e o tratamento dos resíduos com inclusão social, geração de renda e preservação dos recursos naturais e a disposição final, ambientalmente adequada dos rejeitos [13].

Segundo Barbosa [14], nos últimos 20 anos a questão sobre os resíduos sólidos urbanos em Caraguatatuba/SP, vem sendo discutida, devido às multas, interdições de lixões e aterros sanitários irregulares.

## **2.5 Resíduos Sólidos Urbanos – Poda de Árvores**

Um plano de arborização urbana estruturado é raridade nos municípios do Brasil, geralmente às árvores estão sendo plantado de formas aleatório, como também o processo de poda e remoção. Para o melhor aproveitamento do uso de resíduos da arborização urbana na compostagem, é preciso ter conhecimento das características da arborização do município tais como: espécies, a frequência da poda e remoção e principalmente as características dos resíduos do ponto de vista de seu melhor aproveitamento [15].

Segundo Cortez [2], os resíduos de poda da arborização urbana podem ser usados na compostagem como matéria orgânica, na produção de peças decorativas de madeira, no mobiliário urbano, na fabricação de equipamentos esportivos e outros.

Em relação à compostagem, os resíduos provenientes da poda de árvores contribuem principalmente na diminuição dos danos causados pela destinação inadequada dos mesmos, criando a possibilidade de produção de composto, para utilidade nas atividades agrícolas [5].

Os resíduos de poda de árvores são nomeados como castanhos na classificação de resíduos orgânicos compostáveis, por que contêm maior proporção de carbono em relação ao nitrogênio (C/N superior a 30:1), cor acastanhado, abaixo teor de umidade e decomposição lenta [16].

Na tabela 2 são apresentados os resultados de determinações químicas de poda urbana.

**Tabela 2:** Caracterização de poda da arborização urbana. ph (potencial hidro), C/N (relação carbono e nitrogênio).

Parâmetros	Valor
pH	8,07
Carbono orgânico (%)	22,9
Nitrogênio (%)	1,53
Relação C/N	15/1
Fósforo ( $mol. dm^{-3}$ )	373
Potássio ( $mol. dm^{-3}$ )	23,9
Cálcio ( $mol. dm^{-3}$ )	35,1
Magnésio ( $mol. dm^{-3}$ )	16
Sódio ( $mol. dm^{-3}$ )	3,9
Ferro total ( $mg. kg^{-1}$ )	3718,75
Crômio total ( $mg. kg^{-1}$ )	25
Chumbo total ( $mg. kg^{-1}$ )	<0,05
Zinco ( $mg. kg^{-1}$ )	75
Cádmio ( $mg. kg^{-1}$ )	0
Cobre ( $mg. kg^{-1}$ )	25
Níquel ( $mg. kg^{-1}$ )	50

Fonte: Adaptado de Baratta Junior [5]

## 2.6 *Terminalia catappa* Linn

Segundo Teixeira [17], a *Terminalia catappa* Linn (da família *Combretaceae*) cresce em regiões tropicais e subtropicais, particularmente localizadas em áreas costeiras (Figura 1).

Essa espécie é nativa de áreas próximas a regiões costeiras do Oceano Índico, na Ásia tropical e da região que compreendem várias ilhas a oeste do Oceano Pacífico.

Foi introduzida no Brasil como árvore ornamental, sendo comum a utilização de seus frutos por crianças que vivem em regiões litorâneas com fins recreativos [17].



**Figura 1:** *Terminalia catappa* Linn como componente da arborização de Caraguatatuba – SP.  
**Fonte:** Próprio do autor

## 2.7 Compostagem

O processo de tratamento dos resíduos orgânicos, sejam eles de origem urbana, industrial, agrícola e florestal, está associado ao termo compostagem. De acordo com Fernandes e Silva[18], na História antiga a compostagem é praticada, de forma empírica.

A contribuição para a fertilidade do solo está no retorno dos resíduos orgânicos, fatos estes conhecidos pelos gregos, romanos, e povos orientais. No entanto, só a partir de 1.920, com Albert Howard, é que o processo passou a ser pesquisado cientificamente e realizado de forma racional [18].

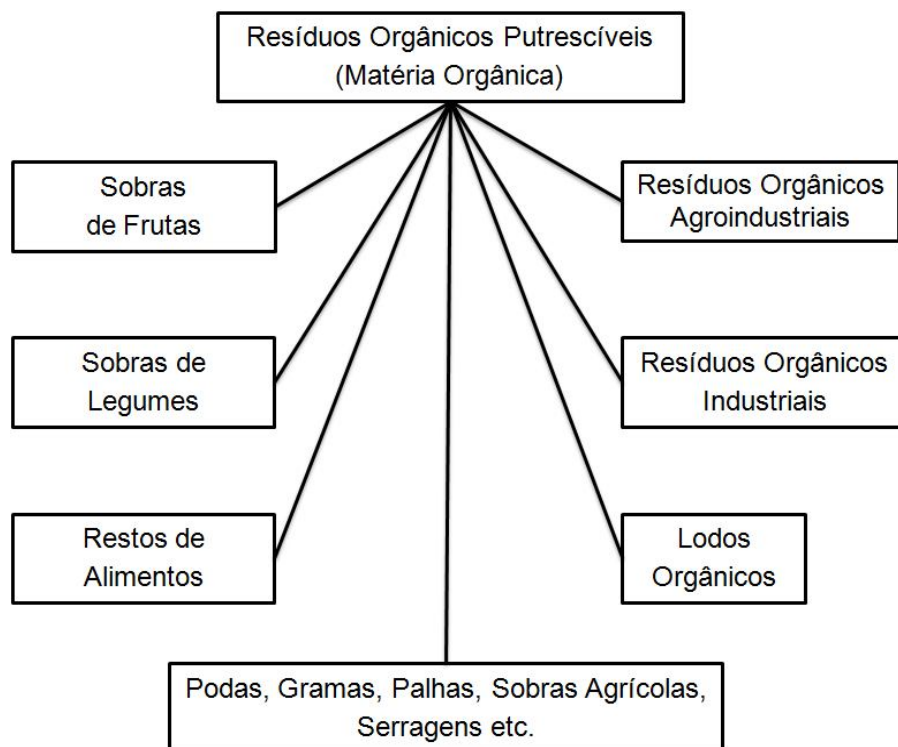
Conforme Diniz Filho et. al [19] em substituição aos fertilizantes minerais que eram importados, a prática da compostagem no Brasil começa a ganhar espaço a partir do Instituto Agrônomo de Campinas em 1888, com intuito de incentivo aos produtores na produção de fertilizantes classificados como “estrumes nacionais”. Nas décadas seguintes, muitos trabalhos científicos lançaram as bases para o desenvolvimento desta técnica, que hoje pode ser utilizada em escala industrial.

O processo de compostagem de resíduos orgânicos em um país com as características do Brasil é de suma importância [7].

De acordo com Kiehl [20], o vocábulo compost, da língua inglesa, deu origem à palavra composto, para indicar o fertilizante orgânico, que é produto final do processo de compostagem a partir de restos vegetais.

Segundo Oliveira [21], com o intuito de ser obter condições adequadas para que o processo de biodegradação da matéria orgânica putrescível ocorra de forma eficiente e dinâmica a metodologia da compostagem vem sendo aprimorada pelo homem.

Na Figura 2 são destacados os principais tipos de matéria orgânica putrescível.

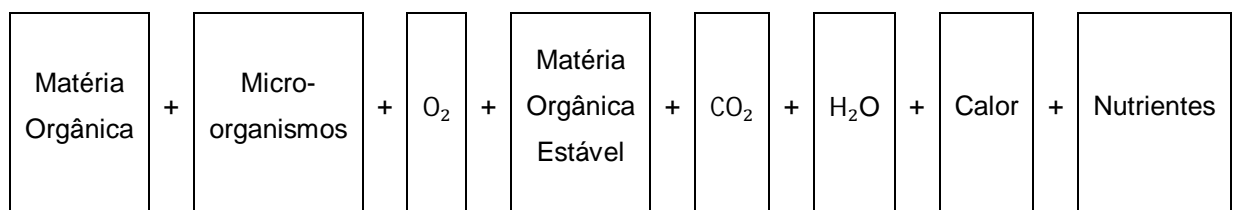


**Figura 2:** Principais tipos de resíduos orgânicos.

**Fonte:** Pereira Neto[7]

A minimização de impactos ambientais, e de rejeitos e maximização da reciclagem são itens considerados fundamentais no conceito de desenvolvimento sustentável para a eficiente disposição e tratamentos de resíduos sólidos, e a compostagem de resíduos orgânicos possibilita o cumprimento destes itens, gerando um produto final benéfico para o uso agrícola [3]. Nas questões ambientais, são destacados o aumento da vida útil do aterro sanitário, na geração de lixiviado e a redução na emissão do gás metano[22].

Segundo Pereira Neto [7], o processo de compostagem é a forma mais eficiente de reciclagem dos resíduos orgânicos por ser um processo biológico, pois dependem dos mesmos fatores que afetam a atividade dos micro-organismos, destacando-se entre eles a aeração, a umidade e a temperatura. Para Fernandes e Silva [18], a forma mais simples de representar o processo de compostagem corresponde à sequência apresentada na e pelo esquema mostrado na figura 3.



**Figura 3:** Esquema simplificado do processo de compostagem.

**Fonte:** Fernandes e Silva [18]

Uma degradação biológica da matéria orgânica heterogênea, no estado sólido, em presença de oxigênio do ar, caracterizada pela produção de CO<sub>2</sub>, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável[18].

Segundo Pereira Neto [7], o significado do termo degradação ou biodegradação da matéria orgânica está relacionado à decomposição desses resíduos por micro-organismos.

A forma mais eficiente de controlar a biodegradação dos resíduos orgânicos é por meio do processo de compostagem, artifício utilizado no tratamento e na estabilização de resíduos orgânicos para a produção de húmus [7].

Para Baratta Junior [5], a diferença entre a compostagem e o processo de degradação natural é o fato que a compostagem acontece em condições controladas, enquanto que a degradação natural ocorre sem nenhum controle dos fatores que afetam o processo.



Segundo Inácio e Miller [3], a dependência do oxigênio e a geração de calor elevam as temperaturas típicas no processo de biodecomposição, essa ação microbiológica é intensa, modificando as características físicas e químicas da matéria orgânica.

A temperatura, umidade, areação, pH, tipo de compostos orgânicos existentes, a relação carbono/nitrogênio (C/N), granulometria do material e as dimensões das leiras, são ocorrências em que condições favoráveis ajudam na eficiência do processo compostagem que é puramente microbiológico [23].

### **2.7.1 Fatores que afetam a compostagem**

Conforme Pereira Neto [7], o processo de compostagem sendo biológico é influenciado por fatores que afetam as atividades microbiológicas tais como: temperatura, areação, granulometria, pH, concentração de nutrientes e umidade.

#### **2.7.1.1 Aeração**

Suprir a demanda de oxigênio (O<sub>2</sub>) requerida pela atividade microbiológica e atuar como agentes de controle da temperatura são objetivos da areação no processo de compostagem.

De acordo com Herbets et al. [24], a forma como a compostagem deve ocorrer é aeróbia, pela obrigatoriedade do oxigênio no metabolismo dos microorganismos envolvidos, o oxigênio a níveis adequados no interior do processo e fundamental para a remoção do excesso de calor, do vapor de água e gases produzidos pela biodegradação do material orgânico.

No início do processo a aeração é indispensável, etapa de degradação rápida, onde a atividade microbiana é intensa. Na maturação, a atividade microbiana é pouco intensa, logo a necessidade de areação é mínima [18].

Para Herbets et al.[24], o composto de baixa qualidade e o resultado da acidificação do material, isso acontece pela escassez de oxigênio dentro da compostagem, encaminhando a um processo anaeróbio.

A areação colabora para a manutenção da temperatura, impedindo odores e a proliferação de moscas, e diminuindo o tempo de compostagem, na comparação ao processo anaeróbio, que é dez vezes mais prolongado [24].

Segundo Baratta Junior [5], a aeração está relacionada a vários fatores tais como o tamanho das partículas, das composteiras, natureza do material orgânico, teor de umidade e a quantidade de revolvimentos a ser realizados.

Conforme Pereira Neto [7], os processos mecânicos e reviramentos manuais, são os principais métodos utilizados na aeração.

Para Fernandes e Silva [18], é possível dividir a compostagem em três tipos, baseados principalmente no método de inserção de oxigênio: nos de leiras revolvidas, a aeração é feita por meio do revolvimento da massa, fazendo com que o oxigênio presente no ar seja incorporado aos resíduos: nos de leiras estáticas aeradas, utiliza-se uma tubulação perfurada que promove a circulação de ar dentro da leira, injetando-o ou aspirando-o: e os reatores biológicos, onde geralmente é controlada a aeração é feita sob pressão.

### **2.7.1.2 Umidade**

Segundo Fialho [25], é importante o controle da umidade no processo de compostagem, uma vez que a água promove o transporte de nutrientes dissolvidos, que são obrigatórios para as atividades metabólicas e físicas dos micro-organismos.

A manutenção da umidade adequada tem como objetivo a disputa pelos mesmos espaços entre a água e oxigênio na compostagem [3].

Para Massukado [26], o teor de umidade da massa de resíduos depende das condições físicas iniciais da matéria orgânica, do estágio de decomposição e do tamanho das partículas.

De acordo com Pires [27], com o teor abaixo de 20% a atividade microbiana fica inexistente, enquanto que entre 20 e 40% a degradação no processo fica lenta e aeróbia. Acima de 60% os espaços vazios ficam ocupados por água e conseqüentemente à transferência de oxigênio fica limitada, a degradação será anaeróbia, gerando maus odores e gases poluentes e deixando o processo mais lento.

Segundo Reis [28], o equilíbrio água/ar é importante no processo de compostagem, o qual é obtido mantendo a matéria orgânica em degradação no teor de umidade da ordem de 55%.

O valor máximo situado em torno de 60% é para adquirir a configuração geométrica estabelecida e sustentar a porosidade adequada à passagem livre do ar para oxigenação da matéria orgânica [7].

Portanto, o excesso e a escassez de água são aptos a estagnar a atividade microbiológica. O primeiro por via indireta dificultando a difusão do oxigênio no processo de compostagem e o segundo por via direta diminuindo a umidade, e níveis desfavoráveis para atividade biológica [3]. Sabe-se que alguns materiais como vegetais secos exigem índices de umidade maiores, para facilitar a sua biodegradação [7].

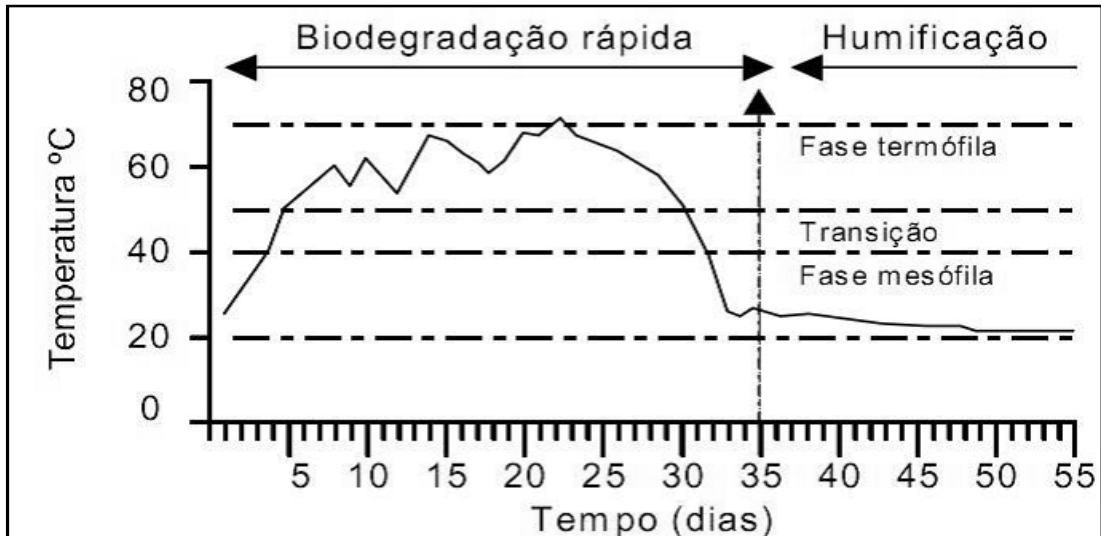
### **2.7.1.3 Temperatura**

A temperatura é um fator determinante no processo de compostagem, também é o parâmetro mais útil para monitorar a evolução da degradação do processo, uma vez que vários micro-organismos tem seu desenvolvimento em diferentes temperaturas, possibilitando atividades microbianas que permitem detectar alterações ocorridas durante o processo [24].

Para Valente et al.[29], a integração entre a temperatura e os fatores como umidade, tamanho da leira e partículas, disponibilidade de nutrientes, relação C/N e areação, pode fazer com que a temperatura seja um indicador de equilíbrio microbiológico no interior da biomassa.

De acordo com Bruni [30], a elevação da temperatura no processo de compostagem indica a falta de areação, a diminuição da temperatura sugere uma diminuição da degradação, que pode ser causada pela umidade, algum nutriente e a carência de areação.

Conforme a Figura 4, a variação do valor da temperatura é idêntica à fase em que se apresenta o processo de compostagem. Além disso, a temperatura também varia no interior da leira ou do reator no topo, meio e base do composto[7].



**Figura 4:**Exemplo genérico da evolução da temperatura de uma leira em compostagem.  
**Fonte:** Fernandes e Silva[18]

Durante o processo de compostagem acontecem quatro importantes fases de elevação e diminuição da temperatura.

A fase denominada mesofílica, com duração média de dois a cinco dias, nesta etapa predominam as temperaturas moderadas, até cerca de 40°C. Na fase seguinte batizada de termofílica, a matéria orgânica é rapidamente degradada, devido à elevação da temperatura acima de 40°C, a duração varia de acordo com as características do material a ser compostado, podendo ser entre poucos dias a vários meses. O resfriamento é fase marcada pela diminuição da temperatura para valores próximos da temperatura ambiente. A maturação é fase final onde a estabilização produz um composto maturado, humificado, livre de toxicidade, que é denominado húmus[7].

#### 2.7.1.4 Potencial hidrogeniônico - pH

O pH geralmente é considerado o parâmetro que afeta o processo de compostagem. Os valores são regulados pelos micro-organismos na decomposição, produzindo subprodutos básicos ou ácidos [7].

Para Inácio e Miller [3], o pH de cada matéria orgânica utilizada na compostagem é influenciado principalmente na fase inicial pela dinâmica microbiana, onde a tendência de queda é devida à formação de ácidos orgânicos, mas com a

elevação da temperatura no processo, podem ocorrer elevação e manutenção do pH entre 6 e 7.

A elevação do pH na fase termofíla é acompanhada pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia [18].

Segundo Pereira Neto [7], no processo de compostagem a faixa indicada do pH é bem ampla, ou seja, entre 4,5 e 9,5, e que valores extremos são automaticamente regulados pelos micro-organismos na biodegradação da matéria orgânica que geram subprodutos básicos ou ácidos, de acordo com a obrigação do meio.

#### **2.7.1.5 Granulometria**

Conforme Pereira Neto [7] é influenciado pelo tamanho da partícula de matéria orgânica na composição do processo de compostagem a homogeneização da massa, diminuição do tempo, porosidade melhora, compactação e menor, capacidade de aeração eleva e a área superficial para degradação aumenta.

De acordo Baratta Junior [5], em relação ao tamanho da partícula, pode-se concluir que quanto menor a partícula da matéria orgânica, a área de contato é maior, melhorando a atividade dos micro-organismos no processo.

Para Inácio e Miller [3], o tamanho das partículas define a extensão de área para a atuação dos micro-organismos na decomposição. De modo geral, o tamanho das partículas deverá estar entre 25 e 75 mm, para ótimos resultados [18].

#### **2.7.1.6 Microbiologia**

De acordo com Pereira Neto [7], a população diversificada de bactérias, fungos e actinomicetos que conduz o mecanismo básico da decomposição ou estabilização da matéria orgânica durante a compostagem.

Segundo Inácio e Miller [3], a intensa atividade microbiana é responsável por variações na temperatura, pH, umidade e conteúdo de oxigênio. Assim sendo, as diferentes populações de microrganismos são classificadas como mesofílicas e termofílicas.

Na Tabela 3 são apresentados os grupos de micro-organismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.

**Tabela 3:** Bactérias, fungos e actinomicetos identificados na compostagem de diferentes substratos e em diversos sistemas.

Espécies/Bactérias	Espécies /Fungos	Espécies/Actinomicetos
<i>Bacillus spp</i>	<i>Zigomicetos</i>	<i>Actinobifida chromogema</i>
<i>B. brevis</i>	<i>Absidia</i>	<i>Nicrobispora bispora</i>
<i>B. circulans complex</i>	<i>A. ramosa</i>	<i>Micropolyspora faeni</i>
<i>B. coagulans type A</i>	<i>Absidia sp.</i>	<i>Nocardia sp.</i>
<i>B. coagulans type B</i>	<i>Mortierella turficola</i>	<i>Pseudonocardia thermophila</i>
<i>B. licheniformis</i>	<i>Mucor sp</i>	<i>Streptomyces sp</i>
<i>B. sphaericus</i>	<i>M. miehei</i>	<i>S. rectus</i>
<i>B.stearothermophilus</i>	<i>M. pusillus</i>	<i>S. thermofuscus</i>
<i>B. subtilis</i>	<i>Rhizomucor sp.</i>	<i>S. thermoviolaceus</i>
<i>Clostridium sp</i>	<i>Ascomicetos</i>	<i>S. thermovulgaris</i>
<i>C. thermocellum</i>	<i>Allescheria terrestris</i>	<i>Thermomonospora sp</i>
<i>Pseudomonas sp</i>	<i>Chaetonium thermophilum</i>	<i>T. curvata</i>
	<i>Dactylomyces crustaceus</i>	<i>T. viridis</i>
	<i>Myriococcum albomyces</i>	
	<i>Talatomyces (Penicillium)</i>	
	<i>T. dupontii</i>	
	<i>T.emersonni</i>	
	<i>T. thermophilus</i>	
	<i>Thermoascus aurantiacusa</i>	
	<i>Thielavia</i>	
	<i>T. thermophila</i>	
	<i>T. terrestris</i>	
	<i>Basidiomicetos</i>	
	<i>Coprimus</i>	
	<i>C. logopus</i>	
	<i>Coprinus sp.</i>	
	<i>Lenzites sp.</i>	
	<i>Deuteromicetos</i>	
	<i>Aspergillus</i>	
	<i>A. Fumigatus</i>	
	<i>Humicola</i>	
	<i>H. grisea</i>	
	<i>H. insolens</i>	
	<i>H. lanuginosa</i>	
	<i>H. stellata</i>	
	<i>Sporotrichum thermophile</i>	
	<i>Malbranchea talpulchella</i>	
	<i>Scytadidium Thermophilum</i>	
	<i>Mycelia Sterilia</i>	
	<i>Papulaspora thermophila</i>	

**Fonte:** Adaptado de Inácio e Miller [3]

As Características dos principais grupos microbianos envolvidos no processo de compostagem estão apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4:**Características dos principais grupos microbianos envolvidos no processo de compostagem.

Discriminação	Bactérias	Actinomicetos	Fungos
<b>Substrato</b>	Carboidratos, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição
<b>Umidade</b>	-	-	Prefere regiões secas
<b>Oxigênio</b>	Menor necessidade de oxigênio	Regiões bem areadas	Regiões bem areadas
<b>PH ótimo</b>	Neutro até levemente alcalino	Neutro até levemente alcalino	Ácido à alcalino
<b>Faixa de valores de pH</b>	6,0 - 7,7	-	2,0 a 9,0
<b>Revolvimento</b>	Não interfere	Desfavorável	Desfavorável
<b>Significado durante a decomposição</b>	80 a 90% da capacidade da degradação	-	-
<b>Temperatura</b>	Até 75%; redução da capacidade de degradação quando essa temperatura for ultrapassada	Supõe que o limite de temperatura seja 65°C	Limite de Temperatura de 60°C
<b>Função</b>	Decompor a matéria orgânica, animal ou vegetal, aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas no solo e fixar o nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação de húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno composto, etc e fixação do nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação de húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc e fixação do nitrogênio

**Fonte:** Adaptado de Nassau (2003) citado por Heidemann [31].

Para Herbets et al. [24], o início da degradação da matéria orgânica é realizada pelas bactérias e fungos mesofílicos, principalmente os compostos orgânicos simples como açúcares. Na sequência, com a elevação da temperatura ocorrem ao mesmo tempo à redução das populações de micro-organismo

mesofílicos e o desenvolvimento de bactérias e fungos termofílicos. Nesta fase a celulose e lignina são decompostas, na fase de decréscimo da temperatura as bactérias têm baixa diversidade e os grupos de actinomicetos mesofílicos e fungos atuam.

Conforme Inácio e Miller [3], as bactérias participam nas transformações relacionadas à decomposição no processo de compostagem e são abundantes nos solos e seu metabolismo é variado. Existem várias espécies como as fixadoras de nitrogênio, fotossintetizantes e as espécies que são capazes de oxidar nitrogênio e enxofre.

Os fungos são seres eucarióticos (um núcleo) e heterotróficos (utilizam como fonte de energia matéria orgânica sintetizada por outros organismos), unicelulares e multicelulares e eficientes na decomposição de celulose e lignina e operam como maior competência na faixa termofílica [7].

Os actinomicetos constituem uma classe de micro-organismos muito heterogênea. Decompõem substâncias que outras não conseguiram e reproduzem em ambientes com elevadas temperaturas e com baixos teores de umidade [7].

Segundo Fritsch [32], um grave problema sanitário na composição dos resíduos sólidos urbanos, que são utilizados para o processo de compostagem, é que podem conter micro-organismos patogênicos com capacidade de serem danosos às plantas, animais e ao homem.

#### **2.7.1.7 Concentração de nutrientes**

A relação carbono/nitrogênio (C/N) do resíduo orgânico tem importância sobre a atividade microbiana e também sobre os grupos que vão prevalecer em sua decomposição, resultando na duração do tempo de humificação ou decomposição completa [3].

Para Pereira Neto [7], e a relação carbono/nitrogênio (C/N) aceitável para a aquisição da eficiência nos processos de compostagem deve situar-se entre 30:1 e 40:1.

A aeração é um fator importante no processo de compostagem que é influenciado pela relação C/N [3].

Segundo Russo [33], ocorre grande perda de nitrogênio pela volatilização da amônia no processo, se à relação C/N muito baixa. Neste caso, os micro-organismos



não encontrarão nitrogênio satisfatório para a síntese de proteínas o que limita o seu desenvolvimento, o resultando em processo lento de compostagem.

Conforme Herbets et al.[24], a composição dos materiais orgânicos pode variar desde as mais simples, como carboidratos, ácidos nucleicos e aminoácidos, até as mais complexas, como proteínas, hemicelulose, celulose, lignina, lipídeos e ceras, de tal modo, que a degradação do material é influenciada pelo aumento da complexidade da estrutura química.

### 2.7.2 Características dos Compostos Orgânicos

O tipo de material utilizado no processo de compostagem está diretamente relacionado com a característica do composto produzido. Os resíduos de podas, resíduos vegetais apresentam um bom potencial para produção de composto.

No Brasil o composto orgânico produzido no processo de compostagem deve ser analisado regularmente, com intuito de assegurar o padrão de qualidade na comercialização, os valores são estabelecidos pela Portaria nº 1 de 04/03/1983 do Ministério de Agricultura, conforme a Tabela 7.

**Tabela 5:** Valores estabelecidos para a comercialização.  
C/N: Relação Carbono / Nitrogênio; pH: potencial hidrogeniônico

Item	Valor	Tolerância
Matéria orgânica total	Mínimo de 40 %	Menos 10 %
Nitrogênio total	Mínimo de 1,0%	Menos 10%
Umidade	Máximo de 40%	Mais 10%
Relação C/N	Maximo de 18/1	21/1
Índice de pH	Mínimo de 6,0	Menos 10%

**Fonte:** Portaria nº 1 de 04/03/1983 do Ministério de Agricultura – Brito [12]

De acordo com Brito [12], as características físicas e químicas dos compostos irão depender diretamente do tipo de substrato e do método de produção utilizado. Na Tabela 6 são apresentadas as características químicas de compostos produzidos a partir de resíduos urbanos misturados a outros substratos.

**Tabela 5:** Características Químicas de Compostos Orgânicos produzidos pelo método de leira a céu aberto utilizando resíduos urbanos misturados a outros substratos.

<b>Tipos de Resíduos</b>	<b>Características Químicas</b>
- Lixo urbano	25,97 g/kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ;
- Capim	30,60 g/kg de K <sub>2</sub> O;
- Carço de Açai	70,88 g/kg de Ca; 12,92 g/kg de Mg; 3,72 g/kg de S; 6,62 de pH;
- Lixo urbano	2,43% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ;
- Capim	1,18% de K <sub>2</sub> O;
- Carço de Açai	3,49% de Ca; 0,33% de Mg; 0,96% de S; 69,25% matéria orgânica; pH 6,42.
- Lixo Urbano	248 g/kg de Matéria orgânica 1,0 g/kg de P; 9,5 g/kg de K; 43,9 g/kg de Ca; 2,7 g/kg de Mg; 2,0 g/kg de S;
30% Lixo urbano; 40% capim; 30% carço de açai	74,90 % de matéria orgânica; pH 6,7; 3,13% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 0,79% de K <sub>2</sub> O; 3,03% de Ca; 0,23% de Mg; 0,48% de S.
35% Lixo urbano; 15% serragem; 50% carço de açai	94,17 % de matéria orgânica; pH 6,07; 3,85% de N; 1,36% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 0,76% de K <sub>2</sub> O 1,90% de Ca; 0,22% de Mg; 0,59% de S.

Fonte: Adaptado de Brito [12]

### 2.7.3 Métodos de compostagem

De acordo com Inácio e Miller [3], os métodos para a realização do processo de compostagem podem ser divididos em grupos de acordo com o tipo de aeração, o grau de revolvimento nas leiras e na execução em leiras ou em biorreatores.

Os aspectos negativos e positivos dos métodos do processo de compostagem são sistematizados na Tabela 5 [26].

**Tabela 7:** Aspectos positivos e negativos do método de leiras revolvidas, leiras estáticas areadas e sistema fechado.

<b>Método</b>	<b>Aspectos positivos</b>	<b>Aspectos negativos</b>
<b>Leiras revolvidas ou sistema windrow</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo investimento inicial;</li> <li>- Flexibilidade na quantidade de resíduos processada;</li> <li>- Simplicidade de operação;</li> <li>- Uso de equipamentos mais simples;</li> <li>- Emprego de mão de obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer mais área;</li> <li>- Odor mais difícil de ser controlado, principalmente no momento do revolvimento;</li> <li>- Depende do clima. Em períodos de chuva o revolvimento fica prejudicado.</li> </ul>
<b>Leiras estáticas areadas ou static piles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo investimento inicial;</li> <li>- Melhor controle de odores;</li> <li>- Etapa de estabilização mais rápida que o método de leiras revolvidas;</li> <li>- Melhor aproveitamento da área disponível;</li> <li>- Mais eficaz na eliminação de organismos patogênicos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessita de bom dimensionamento do sistema de areação e controle dos aeradores durante a compostagem;</li> <li>- Operação também influenciada pelo clima;</li> <li>- Requer que o material de entrada seja o mais homogêneo possível.</li> </ul>
<b>Sistema fechado ou acelerado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor demanda de área;</li> <li>- Menor dependência dos fatores climáticos;</li> <li>- Facilidade para controlar odores;</li> <li>- Reduz tempo de compostagem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior investimento inicial;</li> <li>- Dependência de sistemas mecânicos;</li> <li>- Menor flexibilidade operacional para tratar volumes variáveis de resíduos;</li> <li>- Risco de erro difícil de ser reparado se o sistema for mal dimensionado.</li> </ul>

**Fonte:** Adaptado de Reis [26].

O método com revolvimento de leiras é o mais difundido no Brasil, principalmente pelas vantagens de baixo custo de implantação e pela simplicidade de operação [3].

## **2.8 Biofertilizante**

Os biofertilizantes são resultado da fermentação aeróbia ou anaeróbia de produtos orgânicos puros ou complementados com minerais. Na agricultura o biofertilizante é aplicado tanto via solo quanto foliar. Com esta prática, aumentando os teores de K, P, N, Mg, Ca e micronutrientes [34].

Segundo Marrocos [35], os biofertilizantes apresentam muitas variações na composição química, devido ao modo de preparo, a metodologia pela qual o produto foi analisado e da matéria-prima utilizada.

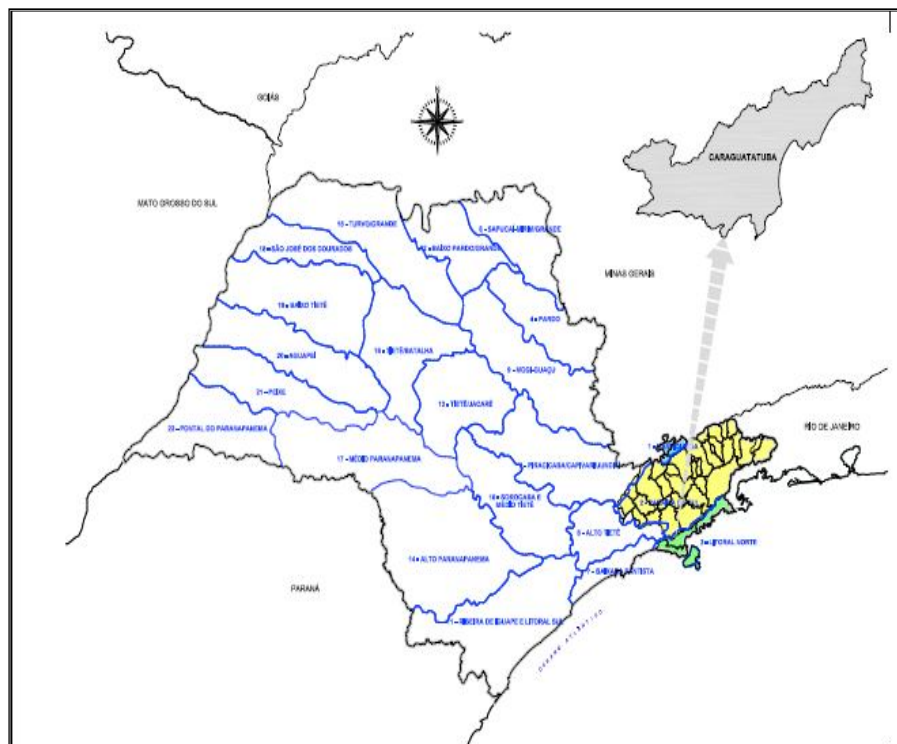
De acordo com Fernandes Junior et al. [36], sobre os fertilizantes de restos de peixes, no Brasil o seu uso é embrionário. Na adubação orgânica tem um papel importante, pois são fonte de aminoácidos e micronutrientes, e esses estão presentes em baixas quantidades na maioria das fontes orgânicas de nutrientes.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição da Área

O estudo foi realizado no período de 09 de setembro a 14 de dezembro de 2014, na cidade de Caraguatatuba, localizada na Região Administrativa de São José dos Campos, Litoral Norte do Estado de São Paulo, situada entre as coordenadas 23° 37' 31" S e 45° 24' 44" W, apresentada na Figura 5.

Segundo o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) [37], o clima da região é caracterizado por temperatura média anual de 24,9°C, oscilando entre 18,2°C e 31,6°C. A precipitação média anual é de 1.758 mm.



**Figura 5:** Localização do Município de Caraguatatuba/SP.  
**Fonte:** Prefeitura Municipal de Caraguatatuba – SP [12]

#### 3.2 Localização das áreas experimentais

Foram desenvolvidos dois experimentos, o experimento 1 foi realizado no Sítio do Felix (denominada Área 1), situada a 151 metros de altitude, localizado no Bairro da

Serraria, região rural com coordenadas  $23^{\circ} 60' 23''$  S e  $45^{\circ} 40' 50''$  W. É caracterizada por área de proteção e conservação permanente, com expressiva importância para integridade ambiental, proteção e conservação da biodiversidade da flora e fauna terrestre. O experimento 2, numa casa no Bairro Indaia (denominada Área 2), e situada a 3 metros de altitude região urbana e central com coordenadas  $23^{\circ} 62' 96''$  S e  $45^{\circ} 42' 37''$  W. É caracterizada por área de uso misto de residências, comércios e serviços (Figura 6).



**Figura 6:** Localização das Áreas experimentais 1 e 2.  
**Fonte:** Google Maps – Adaptado[38]

Os tratamentos foram mantidos em áreas cobertas e arejadas, ambientes sem interferência externa, como chuva, radiação solar, entre outros. As áreas experimentais foram denominadas Área 1 e Área 2 (Figura 6).

### 3.3 Etapa de Compostagem

#### 3.3.1 Montagem das Composteiras

As composteiras foram preparadas seguindo a metodologia descrita por Buono e Costanzi [39], constituídas por recipientes de PVC com capacidade de 62 litros,

visando uma melhor areação. Foram perfurados vinte e cinco furos (diâmetro de 51mm) nas laterais com a ferramenta “serra copos” em três alturas (0,05m, 0,15m e 0,30m a partir da sua base). Na parte basal dos recipientes foram feitos pequenos furos de 3 mm com um prego 17 x 27, para possibilitar o escoamento do percolado. No fundo das composteiras, foi depositada uma camada de terra vegetal e inserida uma tela tipo mosquiteiro com espaço entre linhas de 1 mm, constituído 100% poliéster e de cor cinza para separar os resíduos desta camada (Figura 7).



**Figura 7:** Disposição dos furos na parte basal.  
**Fonte:** Próprio autor

### 3.3.2 Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos inteiramente casualizado com os seguintes tratamentos realizados em duplicata (Figura 8).

- Tratamento 1 (T1) – Apenas material da poda das árvores (testemunha);
- Tratamento 2 (T2) – Poda de árvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %);
- Tratamento 3 (T3) – Poda de árvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %) no início do experimento, aos sete dias e aos quatorze dias;
- Tratamento 4 (T4) – Poda de árvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %) sete, quatorze e vinte um dias do experimento.



Foi utilizado o biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> que é um biofertilizante a base de peixe, sendo proveniente da fermentação deste, mais glicose e inoculação do fungo (*Aspergillus oryzae*). É ativado por uma energização solar controlada que resulta em aminoácidos de peixe. Entre os benefícios de seu uso estão, melhorar o enraizamento, resistência às adversidades (stress climático, transplante etc.), melhorar a fotossíntese e o metabolismo, dar resistência às plantas ao ataque de pragas e doenças, melhorar o crescimento vegetativo e produção. Além disso, o produto, por ser natural, não ocasiona danos ao meio ambiente, podendo ser utilizado tanto na agricultura orgânica como na convencional [40].



**Figura 8:** Preparação do Biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup>  
**Fonte:** Própria do autor

### 3.3.3 Resíduos

Foram usados no experimento resíduos de poda de árvore, originados de uma única espécie arbórea conhecida como chapéu de sol – *Terminalia catappa* Linn, facilmente encontrada na arborização da orla marítima como na zona urbana do município de Caraguatatuba/SP.

O material vegetal utilizado foi proveniente de coleta urbana diária da SESEP (Secretaria Municipal de Serviços Públicos), do município de Caraguatatuba/SP. Os resíduos eram compostos basicamente de galhos e folhas, que foram triturados com espessuras mínimas de 2 cm, para o processo de compostagem (Figura 9).





**Figura 9:** Poda da *Terminalia catappa* Linn triturador, trituração do material vegetal e transporte do material triturado.  
**Fonte:** Próprio autor

O material vegetal triturado estava composto por ramos e folhas triturados (Figura 10).



**Figura 10:** Resíduo de Poda da *Terminalia catappa* Linn triturado.  
**Fonte:** Próprio autor

No momento da montagem das composteiras, os resíduos foram misturados de forma que a composição do material vegetal fosse homogênea.

Os procedimentos de montagem das composteiras consistiram em:

- 1- Deposição da terra vegetal – 1kg;
- 2- Cobertura da camada de terra pela tela tipo mosquiteiro com espaço entre linhas de 1 mm, 100% poliéster;

- 3- Preenchimento da composteira com o material vegetal até atingir 10 kg e com espaço suficiente para o revolvimento;
- 4- Nos tratamentos com biofertilizante foram realizadas pulverizações com 1 litro do produto conforme descrito no delineamento experimental;
- 5- As composteiras foram tampadas.

### 3.4 Monitoramento do Experimento

As variáveis monitoradas e observadas durante o processo foram temperatura, areação, umidade e a coloração.

#### 3.4.1 Controle de Temperatura

O registro das temperaturas internas nos tratamentos foi realizado diariamente durante todo o processo. As mesmas eram medidas com o auxílio de um Termômetro Digital Tipo Espeto com Capa Protetora a Prova D' Agua -45+230°C Divisão 1°C (Incoterm 6132). Foram estabelecidos 3 pontos de leitura, dois nas laterais e um a 10 centímetros de profundidade no meio da composteira. Também foi monitorada a temperatura ambiente, com finalidade de comparação com as temperaturas internas da composteira. A coleta dos dados foi adquirida no período matutino, entre as 07h00min e 08h00min horas (Figura 11).



**Figura 11:** Locais de monitoramento da temperatura.  
**Fonte:** Próprio autor



### 3.4.2 Controle de Aeração

O processo de aeração foi realizado pelo revolvimento manual do composto, o qual foi realizado semanalmente, com auxílio de uma pá. (Figura 12)



**Figura 12:** Monitoramento da Aeração.  
**Fonte:** Próprio autor

### 3.4.3 Controle de Umidade

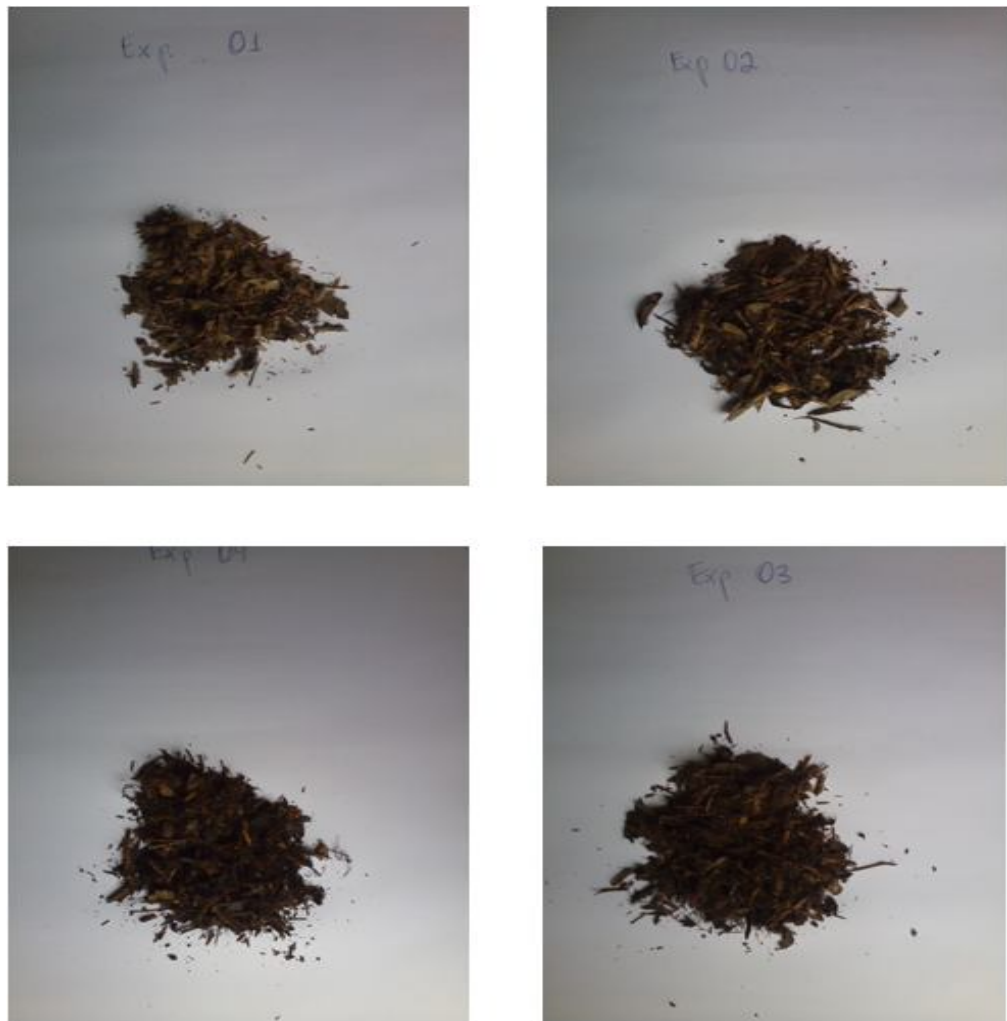
A umidade foi verificada e examinada semanalmente pela realização do seguinte teste: uma quantidade do composto era comprimida entre as mãos e se estas permanecessem secas, é sinal de baixa umidade, podendo ser corrigida com irrigação e revolvimento. Se for verificado gotejamento de líquidos significa que a umidade está alta, havendo necessidade de revolvimento do material ou de introdução de resíduos secos (Figura 13).



**Figura 13:** Fotos do monitoramento da Umidade.  
**Fonte:** Próprio do autor

### 3.4.4 Avaliação da coloração

O material submetido à compostagem foi igualmente avaliado, quanto à coloração e presença de restos vegetais sem decomposição. A finalização da compostagem foi determinada pela estabilidade da temperatura no interior das composteiras pela cor escura e pela decomposição total do material vegetal, que duraram 90 dias (Figura 14).



**Figura 14:** Características da coloração do material vegetal.

**Fonte:** Próprio autor

### 3.4.5 Pesagem do composto

No final, os materiais orgânicos resultados da decomposição do processo de compostagem nos tratamentos foram pesados separadamente, para avaliação da redução de massa seca (Kg).

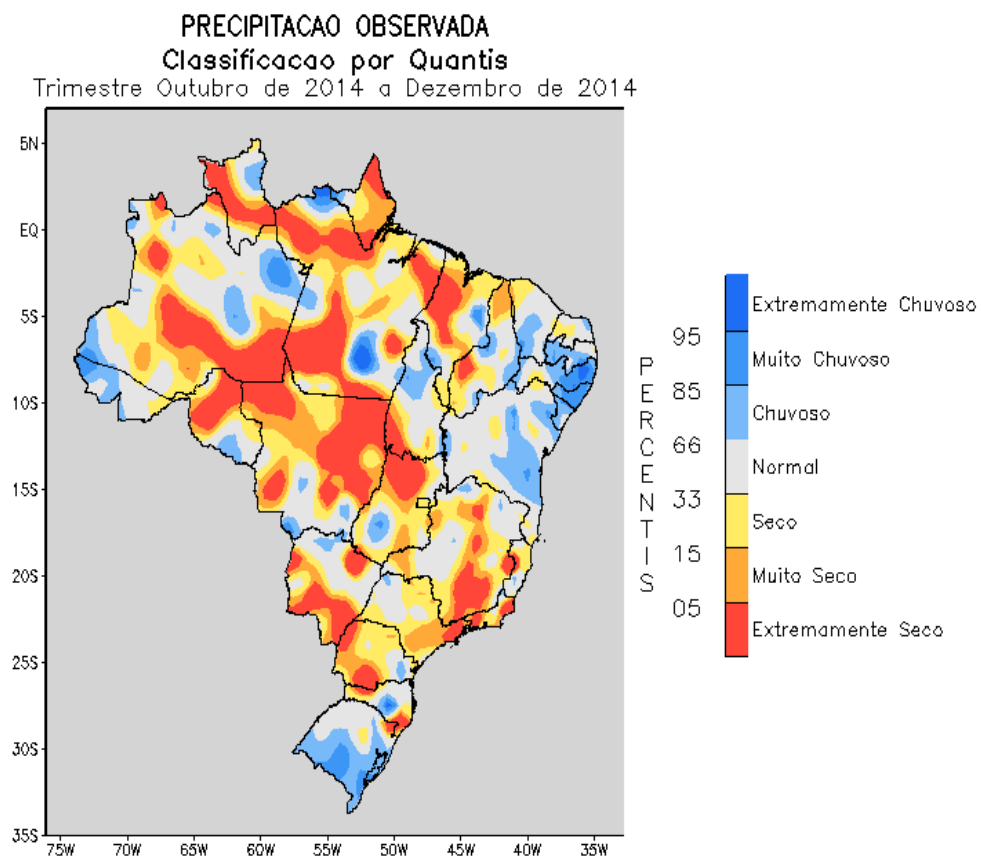
#### **3.4.6 Determinação da qualidade dos compostos obtidos**

Os compostos obtidos, em cada tratamento, foram homogeneizados e amostras foram retiradas para análises químicas (de nutrientes). As análises foram realizadas pelo Laboratório de Nutrição de Plantas da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Condições Climáticas

Segundo o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas (CEPAGRI) [37], o clima da região é caracterizado por temperatura média anual de 24,9°C, oscilando entre mínima média de 18,2°C e máxima de 31,6°C. A precipitação anual é de 1.758mm (Figura 15 e Tabela 8).



**Figura 15:** Condições climáticas.  
**Fonte:** CEPAGRI [38]

Tratando-se do município de Caraguatatuba/SP a umidade relativa do ar caracteriza-se por valores elevados durante todo o ano, sendo que estes permanecem acima dos 80% em todos os meses. O período mais úmido corresponde ao trimestre de outubro, novembro e dezembro e o mais secos de maio, junho e julho, localização geográfica em latitude tropical com intensa

insolação, o efeito orográfico das feições morfológicas locais e presença da floresta ombrófila densa.

**Tabela 6:** Precipitação durante o período do experimento  
ETP: Evapotranspiração Potencial; mm: milímetro; °C graus Celsius.

Período do experimento	ETP mm	Chuva mm	Chuva acumulada mm	Dias com chuva no mês	Temperatura Ambiente °C	
					Área1	Área 2
11/09/2014 a 14/09/2014	12	0,3	0	0	21,8	23,3
15/09/2014 a 17/09/2014	9	0	0	0	22,3	23,9
18/09/2014 a 21/09/2014	11	6,8	0	0	20,4	24,4
22/09/2014 a 24/09/2014	7	7,6	0	0	21,1	23,5
25/09/2014 a 28/09/2014	12	38,8	2,5	1	21,6	24,2
29/09/2014 a 01/10/2014	9	0,9	0,3	1	22,6	24,9
02/10/2014 a 05/10/2014	13	10,8	2	1	19,3	21,2
06/10/2014 a 08/10/2014	8	0	0	0	20,6	20,9
09/10/2014 a 12/10/2014	12	0,3	0,3	1	22,2	24,4
13/10/2014 a 15/10/2014	10	0	0	0	22,9	24,9
16/10/2014 a 19/10/2014	14	0	0	0	23,0	24,2
20/10/2014 a 22/10/2014	10	50	21,8	1	21,3	23,6
23/10/2014 a 26/10/2014	13	0,8	0	0	19,1	23,5
27/10/2014 a 29/10/2014	10	0,3	0	0	20,9	22,3
30/10/2014 a 02/11/2014	16	0	0	0	22,0	25,5
03/11/2014 a 05/11/2014	13	1,3	0,3	1	23,7	26,1
06/11/2014 a 09/11/2014	17	12,7	2,5	1	23,1	24,9
10/11/2014 a 12/11/2014	11	5,1	0	0	21,8	23,5
13/11/2014 a 16/11/2014	15	6,4	0	0	20,4	23,6
17/11/2014 a 19/11/2014	10	0	0	0	19,6	22,0
20/11/2014 a 23/11/2014	15	7,1	7,1	1	20,9	23,4
24/11/2014 a 26/11/2014	12	10,7	7,4	1	23,1	25,0
27/11/2014 a 30/11/2014	16	9,7	0,3	1	21,9	24,3
01/12/2014 a 03/12/2014	12	1,8	0	0	21,2	24,1
04/12/2014 a 07/12/2014	16	2,3	0	0	21,6	23,7
08/12/2014 a 10/12/2014	12	0,5	0,5	1	21,4	23,5
11/12/2014 a 14/12/2014	19	9,2	0,3	1	21,8	23,3

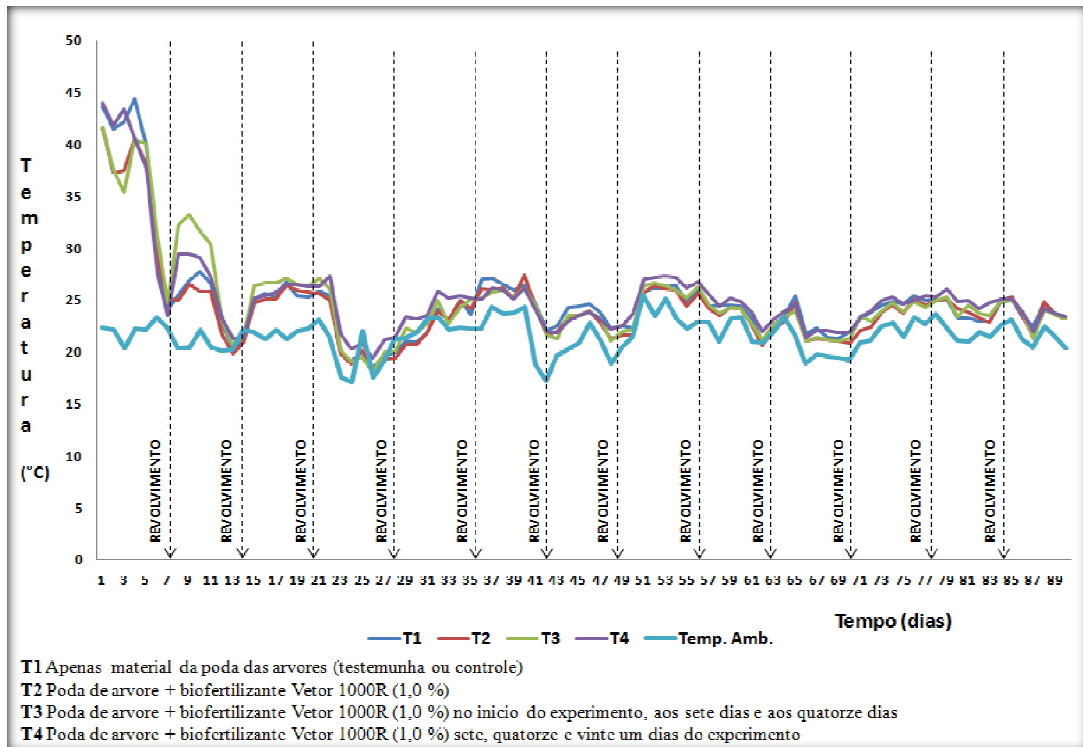
Fonte: Adaptado Ciiagro [41]

## 4.2 Monitoramento da Temperatura

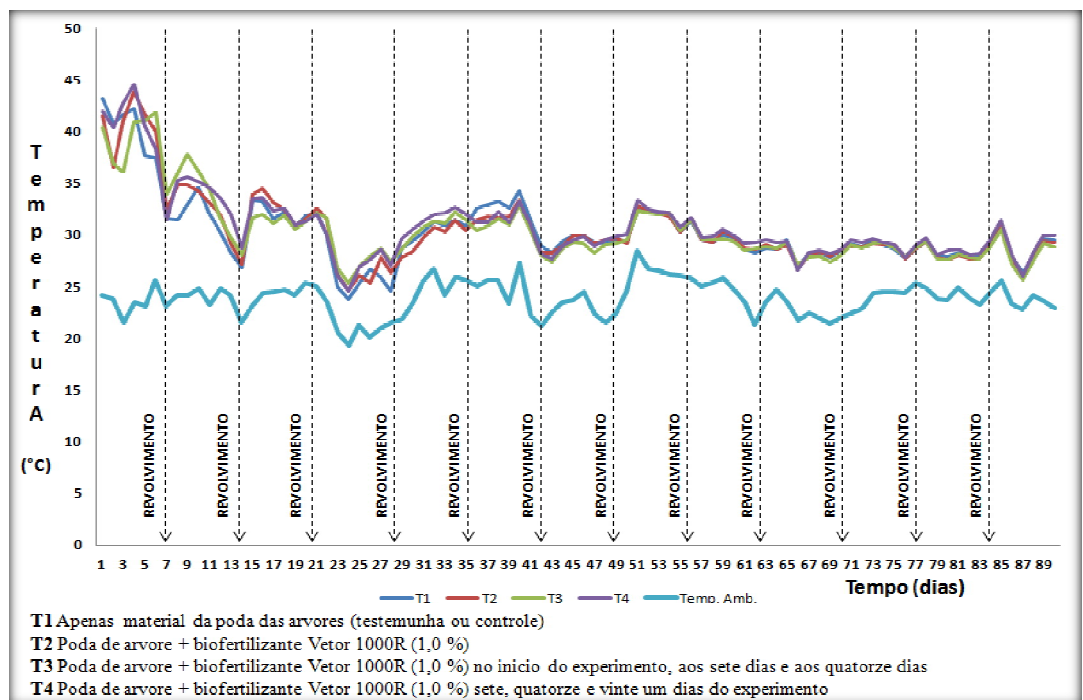
As temperaturas internas das composteiras e ambientais registradas no período de 90 dias do experimento são apresentadas nas Figuras 16 e 17.

Para análise dos dados de temperaturas, foram confeccionados gráficos com 5 linhas, que representam a temperatura ambiente e a temperatura média dos 3 pontos medidos e registrados. As linhas verticais nos gráficos representam os dias

em que foram realizados os revolvimentos nos tratamentos. As temperaturas apresentaram comportamento bastante semelhante em todos os tratamentos.



**Figura 16:** Gráfico da temperatura do material vegetal e da temperatura ambiente em função do tempo, nos experimentos estudados na Área 1.



**Figura 17:** Gráfico da temperatura do material vegetal e temperatura ambiente em função do tempo, nos experimentos estudados na Área 2.



Constatou-se que em ambos os experimentos a temperatura inicial variou entre 43 -44°C, sendo dependente dos tratamentos utilizados e do ambiente onde foram conduzidos. Assim, no Bairro da Serraria, onde a temperatura ambiente registrada, nos sete primeiros dias, oscilou entre 20 e 24°C, foi observado que e as temperaturas internas nas composteiras diminuíram para 22-23°C a partir do quinto dia (Figura 16). No experimento realizado no bairro Indaiá as temperaturas internas nas composteiras apresentaram diminuição de 10°C no sétimo dia (Figura 17).

Estes resultados podem ser explicados com base na atividade dos microorganismos sobre os substratos, que após um breve período aclimatação e inatividade, se inicia uma alta taxa de atividade microbiana, iniciando-se assim a degradação do substrato. Além disso, o teor de umidade inicial, do ar livre e da relação carbono e nitrogênio (C/N) estão na proporção ideal para os processos de biodegradação [42]. De acordo com Mudhoo e Mohee [43], durante os primeiros 3 a 4 dias de atividade microbiana, grande quantidades de energia (calor) são liberados e a taxa de temperatura aumenta interna de maneira considerável. Na presente pesquisa foram observados resultados semelhantes, verificando-se aumentos de temperatura nos primeiros dias (Figuras 16 e 17) Assim, temperaturas entre 40-60°C no segundo ou terceiro dia, demonstram que, o processo apresenta um estado de equilíbrio, com todas as chances de ser bem sucedido [18].

De acordo com Pereira Neto [7], geralmente pode ser observada uma fase inicial termofílica com temperaturas entre 45-75°C, uma fase mesofílica entre a faixa de 30-45°C e uma fase de maturação abaixo de 30°C.

Após o revolvimento dos compostos, ocorrido a cada sete dias foram verificados aumentos da temperatura interna das composteiras, porém inferiores à obtida no início do processo de compostagem. No entanto as variações das temperaturas no experimento no bairro da Serraria foram menores e, oscilou entre 20 e 25°C, a partir do vigésimo quinto dia, acompanhando a temperatura ambiente (Figura 16). No Bairro Indaiá, as temperaturas internas das composteiras variaram entre 28 e 35°C até o quadragésimo primeiro dia, quando se verificou estabilidade das temperaturas internas (Figura 17). A temperatura pode ser um indicativo do equilíbrio microbiológico no interior do tratamento, que é regular pela inter-relação entre fatores como umidade, tamanho da leira e partículas, disponibilidade de nutrientes, relação C/N e aeração [7].

## 4.2 Massa Seca

O balanço de massa seca é utilizado para avaliar o rendimento de composto orgânico após o processo de compostagem. Esses valores são obtidos pela diferença entre o peso inicial e final do material submetido à compostagem, desconsiderando os valores de umidade (Tabela 9).

**Tabela 7:** Valores e percentual de redução de massa seca (kg) do Material vegetal proveniente de poda da *Terminalia catappa* Linn, submetido a tratamentos: T1 – Apenas material da poda das arvores (controle); T2 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup>(1,0 %); T3 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup>no início do experimento, aos sete dias e ao quatorze dias; T4 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %) sete, quatorze e vinte um dias do experimento.

Área um					
Parâmetros	Período	T1	T2	T3	T4
Massa Seca (kg)	Início	10	10	10	10
	Final	5,623	3,952	3,756	3,533
	Redução %	43,77	60,48	62,44	64,67
Área dois					
Parâmetros	Período	T1	T2	T3	T4
Massa Seca (kg)	Início	10	10	10	10
	Final	4,126	3,266	2,921	2,687
	Redução %	58,74	67,34	70,79	73,13

A massa seca dos tratamentos reduziu ao longo do processo de compostagem que durou 90 dias (Tabela 9). Segundo Brito [12], durante a compostagem 50% ou mais da massa do tratamento será consumido com a decomposição da matéria orgânica. O tratamento T4 da Área dois teve a maior redução da massa, em torno de 74% da massa final. As menores porcentagens ficaram com os tratamentos T1 das áreas um e dois, que são tratamentos sem adição do biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup>. Os tratamentos T2 e T3 das áreas um e dois tem redução do composto muito semelhante.

## 4.3 Variáveis Sensoriais

De maneira geral, os tratamentos apresentaram o seguinte comportamento:

Odor: a geração de odores desagradáveis não ocorreu nos tratamentos da área um e dois do experimento e no revolvimento das composteiras apresentavam um cheiro de terra molhada. Só a presença de formigas no tratamento três (T3) da

Área um localizada no sitio no bairro da serraria, este problema foi resolvido com o revolvimento.

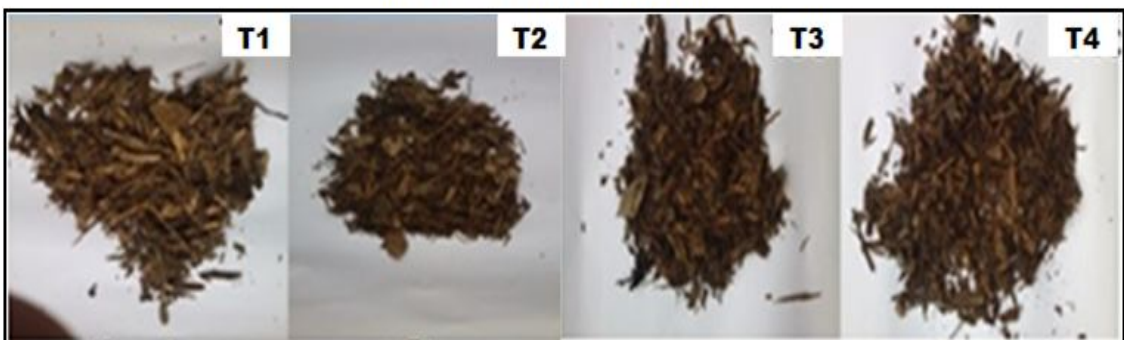
Cor: na Figura 18 mostram a decomposição do material vegetal e a coloração dos compostos obtidos após 90 dias de tratamento. Inicialmente, o material vegetal apresentava cor verde e marrom claro, devido, as folhas e galhos triturados; a cor apresentou variações durante o processo, obtendo-se um produto final de coloração marrom escuro.



Área 1 - Bairro Serraria



Área 2 - Bairro Indaiá



**Figura 18:** Decomposição do Material vegetal proveniente de poda da *Terminalia catappa* Linn e material submetido a tratamentos: T1 – Apenas material da poda das arvores (controle); T2 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %); T3 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> no inicio do experimento, aos sete dias e aos quatorze dias; T4 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %) sete, quatorze e vinte um dias do experimento.

Verificou-se maior decomposição do material tratado com o biofertilizante e em aquele produzido no Bairro Indaiá, provavelmente por ser a temperatura neste local mais elevada.

O material submetido à compostagem sem adição do biofertilizante Vetor1000<sup>®</sup>, após noventa dias, apresentava ainda folhas e restos de galhos íntegros, enquanto que nos tratados com o biofertilizante foi verificada degradação do material, sendo maior quando o tempo de aplicação foi maior (7, 14 e 21 dias).

Presença de Fungos: Com esbranquiçada a presença de fungos foi anotada na segunda semana do processo de compostagem, persistindo até a terceira semana. Segundo Inácio e Miller [3], a presença desses microrganismos no processo de degradação da matéria orgânica da compostagem é necessária.

#### **4.4 Micronutrientes e macronutrientes**

As características físico-químicas dos compostos orgânicos, obtidos após o processo de compostagem, são apresentadas na Tabela 10.

Verificou-se que os compostos tratados com biofertilizante apresentaram menor concentração de nitrogênio, provavelmente por apresentarem maior decomposição do material vegetal.

As perdas de nitrogênio, geralmente estão relacionadas às perdas de amônio (NH<sub>3</sub>), incentivadas muitas vezes pelo aumento da temperatura e no processo de aeração do material submetido à compostagem [43,44].

No presente trabalho constatou-se menor concentração de N nos compostos obtidos no Bairro Indaiá (Tabela 10), onde a temperatura ambiente foi superior à do Bairro da Serraria (Figuras 16 e 17).

Em relação ao fósforo (P) e ao potássio (K), verificou-se menor concentração nos tratamentos com biofertilizante. No entanto o K apresentou quantidades iguais no experimento realizado no Bairro Indaiá (Tabela 10). Segundo Silva et al. [11], a falta de variações nos valores de P e K nos compostos é devido aos teores desses nutrientes serem semelhantes na matéria prima empregada.

Os teores de cálcio, magnésio, boro, manganês, ferro, e zinco apresentaram variações, enquanto que o enxofre e o cobre não evidenciaram variações nos diferentes tratamentos e locais (Tabela 10).

**Tabela 8:** Composição de nutrientes dos compostos obtidos de material vegetal proveniente de podas de *Terminalia catappa* Linn, submetido a tratamentos: T1 – Apenas material da poda das arvores (controle); T2 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %); T3 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> (1,0 %) no início do experimento, aos sete dias e aos quatorze dias; T4 – Poda de arvore + biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup>(1,0 %) sete, quatorze e vinte um dias do experimento.

	Área 1- Bairro Serraria				Área 2 - Bairro Indaiá			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
<b>N g/kg</b>	18,5	14,9	15,1	11,9	14,3	12,9	11,6	10,6
<b>P g/kg</b>	1,7	1,5	1,5	1,1	1,2	1,2	1,2	1,0
<b>K g/kg</b>	10,0	10,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
<b>Ca g/kg</b>	25,8	34,0	22,6	20,7	20,9	17,2	19,2	20,6
<b>Mg g/kg</b>	2,2	2,5	1,8	1,8	1,6	1,7	1,8	2,1
<b>S g/kg</b>	1,9	1,9	1,7	1,4	1,3	1,3	1,5	1,3
<b>B mg/kg</b>	44	52	50	34	38	37	37	34
<b>Cu mg/kg</b>	20	19	18	18	17	20	18	22
<b>Fe mg/kg</b>	533	520	620	674	200	317	226	243
<b>Mn mg/kg</b>	60	64	47	42	37	43	36	47
<b>Zn mg/kg</b>	36	36	33	30	30	31	31	29

Na análise do processo de compostagem dos resíduos orgânicos, são verificados vários efeitos positivos. Com a compostagem é possível minimizar os impactos ambientais, reduzir a quantidade de rejeitos expostos na natureza e contribuir com a maximização da reciclagem. Além de proporcionar benefícios ao produtor rural com fertilizantes naturais a baixo custo e com eficiente reposição de nutrientes [45].

## 5. CONCLUSÃO

É possível produzir um composto de boa qualidade utilizando-se somente resíduos provenientes das podas de *Terminalia catappa* Linn. como fonte de matéria orgânica. Com isso, mostrando-se uma alternativa para diminuição dos impactos ambientais negativos relacionados à disposição final dos resíduos de poda urbana.

Os revolvimentos realizados a cada 7 dias influenciaram no comportamento da temperatura durante o processo.

A redução da massa seca foi superior a 60%, nos tratamentos que foram aplicados o biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup>, números superiores citados na literatura.

Em momento algum, não houve formação de chorume no processo de compostagem.

Houve maior decomposição do material vegetal quando a temperatura ambiente foi superior. O desempenho da temperatura nos tratamentos foi ideal, mantendo durante o processo em temperaturas adequadas e próprias para a degradação.

A utilização do biofertilizante Vetor 1000<sup>®</sup> favoreceu o processo de degradação do material vegetal, permitindo a obtenção de composto em menor período. O período de 90 dias foi suficiente para condicionar a temperatura do composto com a fase de humificação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Queiroz FF. Avaliação do aproveitamento de resíduos vegetais por meio da compostagem em leiras revolvidas. Estudo de caso de Londrina. Dissertação (Mestrado). Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2007. 66p.
2. Cortez LC. Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia: estudo de caso: AES Eletropaulo. (Doutorado). São Paulo: EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo; 2011. 246p.
3. Inácio CT, Miller PRM. Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2009. 156p.
4. Silva FG. Substrato com composto de lixo e poda de árvore para produção de mudas de *Pterogyne nitens*. Dissertação (Mestrado). Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista; 2011. 53p.
5. Baratta Junior AP. Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2007. 53p.
6. Nord E. Qualidade química na compostagem de resíduos urbanos com inoculação biológica. Revista de Estudos Sociais. 2013; 15 (30): 149-153.
7. Pereira Neto JT. Manual de compostagem: processo de baixo custo. Ed.1ª Viçosa: UFV; 2007. 81p.
8. Norões MG, Melo FVS, Melo SRS. Lixo e Coleta Seletiva: Algumas Questões A Serem Lembradas. In: VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende/RJ. 2011
9. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas; 2004.
10. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Públicas e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Públicas e Resíduos Especiais; 2014.
11. Silva VM, Ribeiro PH, Teixeira ARF, Souza JL. Qualidade dos compostos orgânicos preparados com diferentes proporções de ramos de gliricídia (*Gliricidia sepium*). Revista Brasileira de Agroecologia. 2013; 8 (1): 187-198.
12. Brito MJC. Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato. Dissertação (Mestrado). Aracajú: Engenharia de Processos da Universidade Tiradentes; 2008. 124p.

13. Caraguatatuba. Prefeitura Municipal de Caraguatatuba. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Caraguatatuba. Caraguatatuba: 2013.
14. Barbosa RV. A questão dos resíduos sólidos urbanos em Caraguatatuba, Litoral Norte Paulista: uma abordagem energética e ambiental. Dissertação (Mestrado). Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas; 2011. 100p.
15. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; 2010.
16. Meira AM, Cazzonato AC, Soares CA. Manual básico de compostagem – série: conhecendo os resíduos. Piracicaba: USP Recicla; 2012. 22p.
17. Teixeira HL. Composição química e perfil de ácidos graxos da castanha do fruto da castanholia (*Terminalia catappa Linn*). Dissertação (Mestrado). Itapetinga: Engenharia de Processo da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia; 2010. 60p.
18. Fernandes F, Silva SMCP. Programa de pesquisa em saneamento Básico: Manual prático para a compostagem de biossólidos. Londrina: UEL, Universidade Estadual de Londrina; 1999. 91p.
19. Diniz Filho ET, Mesquita LX, Oliveira AM, Nunes CGF, Lira JFB. A prática da compostagem no manejo sustentável de solos. Revista Verde. 2007; 2(2): 27-36.
20. Kiehl EJ. Manual de compostagem: Maturação e qualidade do composto. 4ª ed. Piracicaba: Editora Livrocere; 2004. 173 p.
21. Oliveira JN. Compostagem e vermicompostagem de bagaço de cana-de-açúcar da produção de cachaça de alambique, Salinas-MG. Dissertação (Mestrado). Ilhéus: Universidade Estadual de Santa Cruz; 2010. 72p.
22. Symanski CL. Caracterização de bactérias mesófilas presentes em processo de compostagem. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2005. 100p.
23. Bidone FRA. Resíduos Sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização. Rio de Janeiro: Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - ABES/RJ; 2001. 240p.
24. Herbets RA, Coelho CR, De A, Miletto LC, Mendonça MM. Compostagem De Resíduos Sólidos Orgânicos: Aspectos Biotecnológicos. Revista Saúde E Ambiente. 2005; 6(1): 41 – 50.
25. Fialho LL. Caracterização da matéria orgânica em processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópios. Tese (Doutorado). São Carlos: Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo; 2007. 170p.



26. Massukado LM. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. Tese (Doutorado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; 2008. 204p.
27. Pires CS. O tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Análise dos planos municipais da bacia do Alto Tietê. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; 2013. 126p.
28. Reis MFP. Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos. Tese (Doutorado). Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2005. 239p.
29. Valente BS, Xavier EG, Morselli TBGA, Jahnke DS, Brum Junior B de S, Cabrera BR, Moraes P de O, Lopes DCN. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia*. 2009; 58: 59-65.
30. Bruni VC. Avaliação do processo operacional de compostagem aerada de lodo de esgoto e poda vegetal em reatores fechados. Dissertação (Mestrado). Curitiba: Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná; 2005. 114p.
31. Heidemann BR, Silva ER, Soares M, Barbosa VM. Compostagem acelerada: análise microbiológica do composto. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. 2007; 8: 42 - 46.
32. Fritsch PRC. A temperatura como parâmetro acessível e possível de ser utilizado no controle do processo de compostagem em município de pequeno e médio porte. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca; 2006. 134p.
33. Russo MAT. Tratamento de Resíduos Sólidos. [Internet]. Universidade de Coimbra; 2003. Disponível em: <<http://i.uc.pt/mhidro/edicoes.../tratamentoresiduosolidos.pdf>>. Acesso em: 10 mai 2015.
34. Benício LPF, Oliveira VA, Reis AFB, Chagas Junior AF, Lima SO. Efeitos de diferentes biofertilizantes e modos de aplicação na nodulação do feijão caupi. *Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas*. 2012; 6(3): 111-119.
35. Marrocos STP. Composição de biofertilizante e sua utilização via fertirrigação em meloeiro. Dissertação (Mestrado). Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2011. 64p.
36. Fernandes Junior F, Kano C, Azevedo Filho JA, Donadelli A. Efeito de fertilizante orgânico, oriundo de restos de pescado fresco fermentado, em batata produzida em sistema orgânico. *Horticultura Brasileira*. 2009. 27: S31844 - S3188.

37. Cepagri. [online]. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima\\_muni\\_121.html](http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima_muni_121.html)>. Acesso em: 24 mar 2015.
38. Google Maps. [online]. Caraguatatuba, Brasil; 2015. [Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@3.6268403,454270278,9828m/data=!3m1!1e3>]. Acesso em: 15 jul 2015.
39. Bueno LN, Costanzi RN. Experimento de compostagem com a adição de resíduo da construção civil. In: Conferência Internacional de Gestão de Resíduos Sólidos; 2013, Londrina, PR. Anais. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2013.
40. Lieknin NA. Produto orgânico a base de peixe e processo de obtenção do produto orgânico; 2014. Disponível em: <<http://www.patentesonline.com.br/produto-organico-a-base-de-peixe-e-processo-de-obtencao-do-produto-organico-76208.html>>. Acesso em: 28 jan 2014.
41. Ciiagro. [online]. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>. Acesso em: 10 ago 2015.
42. Mohee R, Mudhoo A. Analysis of physical properties of an in-vessel composting matrix. Powder Technology. 2005; 155 (1): 92-99.
43. Mudhoo A, Mohee R. Overall Heat Transfer Coefficients in Organic Substrates Composting. Journal of Environmental Informatics. 2007; 9 (2): 87-99.
44. Raviv M, Medina S, Krasnovsky A. & Ziadna, H. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. Compost Science & Utilization. 2004; 12: 6-10.
45. Malaquias JS, Andrade SMC. Contribuição da Compostagem para o Meio Ambiente. Revista da Católica. Uberlândia. 2012; 4 (8): 52-67.