

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC**

**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**CIRO DANDOLINI DE MORAES**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE BIOESTABILIZAÇÃO POR COMPOSTAGEM  
DE ESTOPAS CONTAMINADAS COM ÓLEOS E GRAXAS PROVENIENTES DE  
OFICINAS MECÂNICAS DA REGIÃO DE CRICIÚMA - SC**

**CRICIÚMA, NOVEMBRO DE 2012**

**CIRO DANDOLINI DE MORAES**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE BIOESTABILIZAÇÃO POR COMPOSTAGEM  
DE ESTOPAS CONTAMINADAS COM ÓLEOS E GRAXAS PROVENIENTES DE  
OFICINAS MECÂNICAS DA REGIÃO DE CRICIÚMA - SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Marcos Back

**CRICIÚMA, NOVEMBRO DE 2012**

**CIRO DANDOLINI DE MORAES**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE BIOESTABILIZAÇÃO POR COMPOSTAGEM  
DE ESTOPAS CONTAMINADAS COM ÓLEOS E GRAXAS PROVENIENTES DE  
OFICINAS MECÂNICAS DA REGIÃO DE CRICIÚMA - SC**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Tratamento e Destinação de Resíduos Sólidos.

Criciúma, 28 de novembro 2012.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Marcos Back - Mestre - (IPARQUE/UNESC)

---

Prof. Clóvis Norberto Savi - Mestre (IPARQUE/UNESC)

---

Eng. Morgana Levati Valvassori - Engenheira Ambiental (IPARQUE/UNESC)

**Este trabalho é dedicado primeiramente a Deus e minha família, meu alicerce nesta caminhada; aos amigos, colegas e professores, fundamentais para o êxito nesta conquista.**

## **AGRADECIMENTOS**

Em especial a Deus por ter me concedido a vida e saúde para cumprir mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais, Celso e Beatriz, por me proporcionar uma boa infância e vida acadêmica, e por serem os grandes responsáveis pelas minhas conquistas. Obrigado por serem a minha referência de tantas maneiras e estarem sempre presentes na minha vida de uma forma indispensável para meu crescimento como pessoa.

Ao meu irmão, Cleber, que mesmo distante, sempre me apoiou e me aconselhou em todas as minhas decisões, e é aquele em quem enxergo as raízes que busco espelhar-me.

A minha namorada Ramyla que me acompanhou com todo amor e carinho durante essa etapa, e sabendo me entender e me apoiar em vários momentos de angústia.

Aos meus familiares, pela companhia constante e tão querida, pelos conselhos, sacrifício ilimitado em todos os sentidos, orações, palavras, abraços e aconchego.

Aos amigos que fiz durante toda a jornada universitária, que me ajudaram a crescer ainda mais.

Aos amigos de perto e de longe, pelo amor e preocupação demonstrados através de ligações, visitas, orações e e-mails. Obrigado, vocês que aliviaram minhas horas difíceis, me alimentando de certezas, força e alegria.

Ao meu professor e orientador deste trabalho, Marcos Back, pelo desprendimento ao escolher me dar apoio, por todo o tempo dedicado e pelas cobranças realizadas.

A todos os professores do curso de Engenharia Ambiental, que de alguma forma contribuíram para a minha formação acadêmica.

Muito obrigado nunca será suficiente para demonstrar a grandeza do que recebi de vocês. Peço a Deus que os recompense à altura.

Obrigado a todos.

**“A sabedoria da natureza é tal que não produz nada de supérfluo ou inútil.”**

**Nicolau Copérnico**

## RESUMO

As oficinas mecânicas e de troca de óleo de veículos automotores produzem grande quantidade de estopas contaminadas com óleo e graxa, que são classificadas como “resíduo muito tóxico” (Classe I), segundo a norma 10.004 da ABNT. As estopas sujas com óleo e graxa necessitam de disposição ou tratamento adequado, pois ocasionam impactos negativos de elevada magnitude, acarretando sérios riscos ao meio ambiente e saúde, ou seja, não podem ser depositadas em lixões ou aterros comuns. A utilização de tecnologias inovadoras de tratamento de resíduos oleosos contempla, em suas formas mais variadas, o emprego de técnicas de bioestabilização por processo de compostagem controlada. A partir desse pressuposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o processo de bioestabilização por compostagem de estopas contaminadas com óleos e graxas, bem como determinar uma nova alternativa de tratamento e estabilização desse tipo de resíduo contaminado. A compostagem consiste em uma técnica desenvolvida para a obtenção mais rápida das condições de estabilização da matéria orgânica, através da ação dos microorganismos. Alguns parâmetros são essenciais para o sucesso da compostagem, tais como: aeração, temperatura, umidade, pH e a relação C/N. Ao final do processo o material humidificado apresenta efeitos positivos no solo, aumentando a CTC, melhorando a capacidade de complexação de metais, efeito tamponante, melhora a estrutura e a retenção de água. No presente trabalho foram realizados seis experimentos de compostagem utilizando a metodologia das bombonas de polietileno de 200 litros, divididos em dois módulos de pesquisa. No módulo A foi calculado teor de 15% de estopas contaminadas no total do composto, enquanto que o módulo B apresenta teor de 30% de estopas no total do composto. A aplicação dessa técnica de compostagem de estopas contaminadas juntamente com materiais estruturantes permitirá que se tenha um composto orgânico estabilizado e rico em nutrientes, evitando que o mesmo venha a poluir o meio ambiente. Após oitenta dias de compostagem, as estopas contaminadas tiveram alto índice de degradação, principalmente no experimento A, pois possuía valores menores que o experimento B. As análises laboratoriais confirmaram a ausência de óleos e graxas para o experimento A. No experimento B foi detectada a presença de óleos e graxas, porém ainda em níveis baixos. Ambos os experimentos apresentaram significativos valores de N, P e K e CTC, bem como o pH que manteve-se entre 6 e 7. O composto referente ao experimento A pode ser utilizado como fertilizante orgânico em diversos tipos de áreas, tais como: em recuperação de áreas degradadas, reflorestamentos e agricultura. O experimento B necessita de maior tempo de degradação para manter-se estabilizado.

**Palavras-chave:** bioestabilização, compostagem, experimento, fertilizante, microorganismos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema simplificado de compostagem.....	38
Figura 2 – Evolução da temperatura em uma leira de compostagem.....	38
Figura 3 - Índice de pH x período de compostagem.....	44
Figura 4 - Montagem das composteiras: (a) bombonas; (b) adaptação das bombonas (c) composteira.....	49
Figura 5 – Limpeza do local.....	50
Figura 6 - Estopas trituradas.....	51
Figura 7 – Composteiras.....	54
Figura 8 – Amostras para análise laboratorial.....	57
Figura 9 – Gráfico de comportamento da temperatura das composteiras 1,2 e 3 do experimento A.....	58
Figura 10 – Gráfico de comportamento da temperatura das composteiras 1,2 e 3 do experimento B.....	59
Figura 11 - Gráfico de comportamento da umidade após 45, 60 e 80 dias.....	62
Figura 12 – Comparação da degradação das estopas entre o tratamento A e o tratamento B.....	63



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temperaturas consideradas mínimas, ótimas e máximas para o desenvolvimento de bactérias em °C.....	41
Tabela 2 - Composição de alguns materiais de origem vegetal empregados no preparo do composto (resultados em material seco a 110°C).....	52
Tabela 3 – Resultado do teste de umidade após 45 dias do início do processo de compostagem.....	60
Tabela 4 - Resultado do teste de umidade após 60 dias do início do processo de compostagem.....	61
Tabela 5 - Resultado do teste de umidade após a estabilização do processo de compostagem.....	61
Tabela 6 – Resultado das análises físico-químicas das composteiras A1, A2, A3, B1, B2 e B3.....	64
Tabela 7 – Resultados estatísticos referentes ao tratamento A.....	66
Tabela 8 – Resultados estatísticos referentes ao tratamento B.....	67
Tabela 9 - Teores de nitrogênio, (N) fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) e potássio (K <sub>2</sub> O) e relação carbono/nitrogênio (C/N) de esterco de animais (teores na matéria seca).....	69

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem
- CETESB – Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Controle de Poluição das Águas
- CRA - Capacidade de Retenção de Água
- CTC – Capacidade de Troca de Cátions
- EPA - Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental)
- HPAs - Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos
- IPARQUE – Parque Científico e Tecnológico
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MOS - Matéria Orgânica do Solo
- PCBs – Policlorados Bifelinas
- PCI – Poder Calorífico Inferior
- PMC - Prefeitura Municipal de Criciúma
- UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	16
<b>4 REFERENCIAL TEORICO</b> .....	17
4.1 COMPOSIÇÕES DE ÓLEOS E GRAXAS.....	18
4.2 BIODEGRADAÇÃO DE ÓLEOS E GRAXAS.....	20
4.3 TRATAMENTO DE RESÍDUOS OLEOSOS.....	22
4.3.1 Aterros.....	22
4.3.2 Incineração.....	23
4.3.3 Co-Processamento.....	24
4.3.4 Landfarming.....	24
4.3.5 Compostagem.....	26
4.3.6 Reatores Biológicos.....	27
4.3.7 Solidificação/Estabilização.....	27
4.3.8 Biodegradação.....	28
4.4 COMPOSTOS ORGÂNICOS.....	29
4.4.1 Conceitos.....	29
4.4.2 Humus.....	30
4.4.3 Matéria Orgânica.....	30
4.4.4 Macro e Micronutrientes.....	32
4.4.5 O solo como fornecedor de nutrientes.....	35
4.4.6 Uso de compostos orgânicos como fertilizantes.....	36
4.5 COMPOSTAGEM.....	37
4.5.1 Fundamentos básicos da compostagem.....	37
4.5.2 Parâmetros Físico-Químicos.....	39
4.5.2.1 Aeração.....	39
4.5.2.2 Temperatura.....	40
4.5.2.3 Umidade.....	41
4.5.2.4 Relação C/N.....	42
4.5.2.5 pH.....	43
4.6 Aspectos Legais.....	44

<b>5 METODOLOGIA</b> .....	47
5.1 COLETA DOS RESÍDUOS E AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS.....	48
5.2 MONTAGEM DAS COMPOSTEIRAS.....	48
5.3 EXPERIMENTO.....	50
5.4 LIMPEZA DA ÁREA E MONTAGEM DAS COMPOSTEIRAS.....	50
5.5 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA MISTURA.....	52
5.6 MONITORAMENTO.....	54
5.6.1 <b>Monitoramento da temperatura</b> .....	55
5.6.2 <b>Revolvimento do composto</b> .....	55
5.6.3 <b>Testes de Umidade</b> .....	55
5.7 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	56
5.8 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE.....	56
5.9 DADOS ESTATÍSTICOS.....	57
<b>6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS</b> .....	58
6.1 TEMPERATURA.....	58
6.2 UMIDADE.....	60
6.3 DEGRADAÇÃO DAS ESTOPAS CONTAMINADAS.....	63
6.4 RESULTADOS LABORATORIAIS.....	64
6.5 RESULTADOS ESTATÍSTICOS.....	65
6.6 RECOMENDAÇÕES PARA USO DO COMPOSTO.....	68
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	70
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	72
<b>APÊNDICES</b> .....	76
<b>ANEXOS</b> .....	80

## 1 INTRODUÇÃO

O processo produtivo da maioria das atividades industriais tem como consequência à geração de resíduos, dos quais necessitam de tratamento e destino adequado para não comprometer a vida humana e não contaminar o meio ambiente.

Um dos principais resíduos gerados são as estopas contaminadas com óleo e graxa. Elas são de uso diário nas empresas, geralmente utilizadas para a manutenção dos equipamentos, e também largamente utilizadas em oficinas mecânicas e em troca de óleo de automotores. Esses resíduos são classificados segundo a NBR 10.004/04 da ABNT como Resíduo Classe I, ou seja, são aqueles que apresentam periculosidade e características como inflamabilidade, toxicidade, corrosividade entre outros, e necessitam de um tratamento especial após a sua utilização.

As estopas contaminadas com óleos e graxas são altamente poluentes para o meio ambiente, podendo acarretar sérios danos ao solo, à água e também ao ar. O resíduo utilizado no estudo não é tratado, e sim disposto em aterro industrial de forma adequada conforme as legislações. As empresas em geral, utilizam grande quantidade de estopas, representando um alto custo na disposição final das mesmas. Os aterros são bem vistos pelos órgãos ambientais, porém há uma capacidade limite de recebimento de resíduos limitando a sua vida útil. Diante do problema apresentado, e com o objetivo de uma nova alternativa de tratamento para esse tipo de resíduo perigoso, a compostagem com resíduos oleosos se mostra como uma dessas alternativas, tanto para a bioestabilização dos óleos e graxas, quanto a sua possibilidade de uso futuro como fertilizante orgânico podendo ter alto valor agrícola. Além da reintrodução desses materiais ao meio ambiente, a compostagem também pode contribuir para a diminuição da deposição de resíduos domiciliares minimizando os impactos ambientais nos aterros sanitários.

A compostagem consiste em um processo biológico de decomposição controlada, que irá resultar em um produto estável, similar ao húmus. O composto final é definido como um adubo orgânico rico em nutrientes utilizado principalmente como material condicionador de solos, melhorando as propriedades físico-químicas do mesmo.

Na compostagem de resíduos de estopas contaminadas é adicionada uma mistura de esterco de aves, cinzas de casca de arroz, resíduos vegetais,

serragem, água e estopas contaminadas provenientes das oficinas mecânicas e troca de óleo. A partir do início da ação microbiana, esses organismos presentes utilizarão o próprio poluente como fonte de energia para se promoverem, e assim degradar os contaminantes tornando-o estável de modo a não mais degradar o meio ambiente.

Este trabalho foi realizado no Horto Florestal da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), na cidade de Criciúma – SC. Considerando que as estopas utilizadas na experiência são depositadas de forma correta em aterro sanitário, este estudo visa uma alternativa para a bioestabilização dessas estopas, e conseqüentemente a sua possibilidade de uso como fertilizante para diversos fins, através do processo de compostagem, evitando que o mesmo seja depositado em aterro e assim reduzindo os impactos ambientais e os gastos com disposição final.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o processo de bioestabilização por compostagem de resíduo orgânico de Classe I, bem como desenvolver uma alternativa de tratamento para as estopas contaminadas com óleo e graxa geradas por oficinas mecânicas e empresas de troca de óleo da região de Criciúma.

### 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para atingir o objetivo geral deste projeto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

Realizar o acompanhamento da degradação dos resíduos, durante todo o experimento, através do monitoramento dos fatores envolvidos no processo de compostagem.

Avaliar o processo de degradação das estopas, bem como dos óleos e graxas ao longo do processo.

Avaliar a eficiência do tratamento aplicado na transformação dos resíduos sólidos em composto bioestabilizado, através da análise dos laudos fornecidos pelos laboratórios do IPARQUE.

Fazer recomendações de adubação utilizando o composto gerado como fertilizante orgânico para solos do RS e SC e o comparando com outros adubos.

### 3 JUSTIFICATIVA

A estopa de algodão é um material de consumo básico diário utilizado principalmente em oficinas mecânicas e troca de óleo de automotores, mas também muito utilizado nas empresas em geral para a manutenção dos equipamentos. Devido a sua grande capacidade de absorção de líquidos e gorduras, até o momento não foi descoberto outro material economicamente viável capaz de substituí-las.

Quando contaminadas por derivados de petróleo, as estopas são altamente poluentes ao meio ambiente, sendo classificadas pela ABNT NBR 10.004 como resíduo perigoso (Classe I). Os óleos lubrificantes não se dissolvem em água, e assim formam películas que impedem a passagem do oxigênio tanto na água como no solo espalhando substâncias tóxicas que podem ser absorvidas pelos seres humanos de forma direta ou indiretamente.

Devido a esse alto grau poluidor, esse resíduo necessita ter cuidado especial na hora do descarte para não acarretar danos graves ao meio ambiente e ao ser humano. Atualmente existem algumas formas de tratamento e disposição dessas estopas contaminadas.

As estopas utilizadas nos experimentos deste trabalho são provenientes de oficinas mecânicas e troca de óleo em geral. Segundo proprietários dessas empresas, esse resíduo é armazenado em galões de ferro durante um determinado período, e coletado por uma empresa especializada, que assim, faz o devido transporte até o aterro industrial.

Alternativas como a incineração que basicamente consiste em destruir os compostos tóxicos através da queima, e ainda podendo ser aproveitado como combustível auxiliar é uma alternativa potencialmente poluidora ao meio ambiente visto a dificuldade de controle de operação para evitar a emissão de poluentes na atmosfera e os altos custos com o tratamento atmosférico.

A compostagem é uma alternativa bastante interessante no tratamento de resíduos contaminados com óleos e graxas, onde a partir de técnicas de compostagem convencional, ou técnicas de "landfarming", o material é bioestabilizado e os contaminantes são imobilizados sem causar danos ao meio ambiente. Os organismos utilizam o próprio poluente como fonte de carbono e energia para se alimentarem e ao final, o resíduo se transforma em um material



estável e sem contaminação. Posteriormente após as análises laboratoriais, poderá ser comprovada a sua eficiência como tratamento, e ainda comprovando a sua fertilidade, poderá ser utilizado como fertilizante agrícola.

A partir desse pressuposto, o presente trabalho propõe a bioestabilização de resíduos oleosos por processo de compostagem utilizando a metodologia das bombonas de polietileno de 200 litros. Baseada na metodologia aplicada, o monitoramento e acompanhamento de todo o processo e, ao final das análises laboratoriais, poderá ser comprovada à sua eficiência, e assim descrever a finalidade do composto.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

As estopas contaminadas geradas pelas oficinas e troca de óleo utilizado nesse estudo, são coletadas e depositadas de forma correta em aterro industrial, porém o mesmo resíduo pode ser tratado por outros processos. Dentre esses processos as estopas contaminadas podem ser tratadas através da compostagem, desde que com aplicação adequada. Serão abordados nesse referencial teórico, conceitos, composição e biodegradação dos óleos e graxas, bem como suas principais formas de tratamento. Apresentar os conceitos sobre compostos orgânicos, matéria orgânica, húmus, e ainda descrever os principais nutrientes constituintes do solo. Ao final será descrito os fundamentos básicos e aplicações sobre compostagem e composto, assim como sua utilização como fertilizantes.

### 4.1 COMPOSIÇÃO DE ÓLEOS E GRAXAS

Os óleos lubrificantes são substâncias utilizadas tanto no setor industrial, onde representa cerca de 2% dos derivados do petróleo mundial, o quanto uso automotivo representando 60% do consumo nacional dos mesmos. Também são utilizados na indústria em sistemas hidráulicos, motores estacionários, turbinas e ferramentas de corte (CEMPRE, 2008).

O Programa piloto para a minimização de impactos gerados por resíduos perigosos (2007) por sua vez, define que os óleos lubrificantes automotivos são substâncias utilizadas para lubrificar, refrigerar, limpar e manter, proteger contra corrosão e desgaste promovendo a vida útil do motor.

Berti et al., (2009) conceitua os óleos e graxas como substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, geralmente hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. O mesmo autor destaca que a pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere a sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos.

Sobretudo, Camargo (2003, p.26) descreve que “a base dos lubrificantes são os óleos minerais, subprodutos do refino do petróleo, utilizados em processos industriais, na fabricação de borrachas, plastificantes e lubrificantes”. O mesmo autor afirma que após serem utilizados, os óleos lubrificantes resultam em três tipos de

resíduos, tais como as emulsões de óleo lubrificante, óleos lubrificantes minerais usados e resíduos oleosos.

Para a obtenção de óleos lubrificantes, faz-se necessário a combinação de dois ou mais produtos químicos especiais, entretanto, com isso muitos desses lubrificantes possuem longas cadeias carbônicas apolares somadas a um grupo funcional polar (RUPRECHT, 2008)

Secron (2006) faz uma análise geral dos tipos de óleo presente no resíduo dos estabelecimentos de manutenção de automóveis. O autor descreve que os óleos minerais e sintéticos compreendem, na sua grande maioria, os óleos lubrificantes utilizados para lubrificação de motores de combustão de veículos leves e pesados. Os óleos lubrificantes e combustíveis também podem ser empregados para limpeza de peças, atuando como solventes na dissolução do resíduo oleoso impregnado nas superfícies das peças e veículos.

O autor ainda cita outro tipo de óleo lubrificante encontrado, o óleo usado (mineral ou sintético), denominado óleo inservível, que por sua vez possui esta denominação em função do seu desgaste natural, por utilização em motores de combustão, e que tenha se tornado inadequado à sua finalidade original. Os óleos inservíveis são aplicados nas operações de lavagem e limpeza de peças, para dissolução do óleo e da sujeira que estão impregnadas.

A Revista Meio Ambiente Industrial (2001) afirma que os óleos usados podem conter outras substâncias resultantes da deterioração parcial de outros óleos, são eles os compostos oxigenados (ácidos orgânicos e cetonas), compostos aromáticos polinucleares com viscosidade elevada, resinas e lacas. Podem conter também aditivos, metais de desgaste dos motores lubrificados (chumbo, cromo, bário, cádmio) e contaminantes diversos como combustíveis não queimados, poeira e outras impurezas.

A origem dos óleos lubrificantes usados é bastante diversificada e suas características podem apresentar grandes variações, e nesse ponto é interessante que se faça uma distinção entre os óleos usados de aplicações industriais e os de uso automotivo e as respectivas formas possíveis de reciclagem.

A graxa é definida como um material sólido ou semissólido, e sua composição típica é basicamente 75 a 95% óleo lubrificante, 5 a 20 % material espessante ou base e até 15% de aditivo dependendo da necessidade. Apenas o

óleo desempenha a função de lubrificação. A função do “corpo” da graxa é manter o óleo em contato com as superfícies de atrito (NAILEN, 2002 apud LIMA, 2009).

As graxas são utilizadas para lubrificação de peças em serviços de manutenção de veículos e compreendem por compostos semi-sólidos, constituídos por uma mistura de óleo mineral ou sintética, aditivos e agentes engrossadores, chamados sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, lítio e bário (RUNGE, 1994).

Os sabões metálicos, geralmente de lítio, cálcio ou sódio enriquecido às vezes com aditivos de grafite, molibdênio, entre outros. As graxas devem possuir boa adesividade e resistência ao trabalho, além de suportarem bem ao calor e à ação da água e umidade (RUPRECHT, 2008).

Os agentes espessantes mais utilizados para compor as graxas lubrificantes são os sabões de lítio, bário, alumínio e cálcio, bem como materiais inorgânicos, tais como sílica e argilas como a bentonita (NAILEN, 2002 apud LIMA, 2009).

Os aditivos incluem desde hidrocarbonetos clorados, enxofre, ácidos graxos e derivados de boro, assim como os aditivos sólidos tais como cobre, grafite, dissulfeto de molibdênio, o qual pode ser adicionado a formulação da graxa para obter melhores condições de rigidez (DICKEN, 1994 apud LIMA, 2009).

#### 4.2 BIODEGRADAÇÃO DE ÓLEOS E GRAXAS

Zobell (1946) apud Silva (2007) cita em seu estudo que a capacidade de determinados microrganismos em utilizar hidrocarbonetos como fonte de carbono era amplamente distribuído na natureza. A utilização desses hidrocarbonetos depende da natureza química dos compostos existentes na mistura do petróleo e das condições ambientais.

Os hidrocarbonetos são compostos orgânicos que ocorrem de forma natural no meio ambiente, e com isso possibilita que os microrganismos desenvolvam mecanismos capazes de utilizar esses compostos como fonte de carbono e energia. A partir da contaminação de ecossistemas naturais com hidrocarbonetos de petróleo, as comunidades microbiológicas desenvolvem uma estratégia que as possibilitem sobreviver e utilizar os contaminantes como fonte de carbono (SILVA, 2007, p.19).

Brito (2004) afirma que a habilidade de microrganismos em utilizar hidrocarbonetos como fonte de energia é amplamente disseminada entre diferentes populações microbiológicas, podendo também ser observadas em fungos, leveduras e algas.

Silva (2007) faz um alerta sobre o uso dos microrganismos, visto que com a ausência de competição e predadores, ou de qualquer fator ambiental que possa controlar uma superpopulação, podendo acarretar sérios problemas ambientais ainda maiores. Assim a aplicação de microrganismos deve ser realizada apenas sob condições controladas.

O mesmo autor destaca que alguns fatores desempenham papel muito importante na degradação de óleos e graxas, entre eles a temperatura, disponibilidade das frações do petróleo, pH, taxa de oxigênio e nutrientes.

De acordo com Kennish (1997) apud Silva (2007) os primeiros compostos a serem degradados rapidamente são os alcalinos de baixo peso molecular, enquanto que os de alto peso molecular e dos HPAs sofrem lenta degradação.

A temperatura tem um efeito muito importante sobre a taxa de degradação dos microrganismos, visto que as temperaturas mais baixas aumentam a viscosidade e reduzem a biodegradação do óleo. A temperatura atua diretamente nas características físicas e na composição química do óleo, na volatilização e na viscosidade do óleo, bem como no metabolismo bacteriano (SILVA, 2007, p.22).

O pH fora da faixa entre 5 e 8 pode inativar determinadas enzimas essenciais à sobrevivência das bactérias, afetando principalmente a microbiota (LAPINSKAS, 1989 apud SILVA, 2007).

Por outro lado, a aeração do solo permite o crescimento de bactérias aeróbias que oxidam as espécies químicas reduzidas, pois a disponibilidade de oxigênio esta diretamente ligada à cinética da oxidação dos hidrocarbonetos. Mesmo em condições anaeróbias a biodegradação pode ocorrer, porém com menos intensidade (ATLAS, 1982 apud SILVA, 2007).

Diversos autores afirmam a importância do suprimento de nutrientes para o crescimento das populações de microrganismos. Liebeg et al., (1999) apud Silva (2007) observou que a adição de fósforo aumenta o consumo de oxigênio e, quando nitrogênio e fósforo estavam ausentes, havia diminuição da microbiota.

## 4.3 TRATAMENTO DE RESÍDUOS OLEOSOS

### 4.3.1 Aterros

Atualmente existem diferentes maneiras para a disposição e tratamento das estopas contaminadas com óleos e graxas. O mais usual é depositá-las em aterro industrial.

De acordo com a CETESB (2012), o aterro sanitário é uma obra de engenharia que tem como finalidade acomodar resíduos no solo no menor espaço possível e causando o menos dano ambiental possível. O aterro sanitário nada mais é do que um aprimoramento de uma das técnicas mais antigas conhecidas pelo homem para o descarte de resíduos.

Essa técnica consiste basicamente na compactação dos resíduos no solo, na forma de camadas que são periodicamente cobertas com terra ou material inerte (CETESB, 2012).

Segundo Oliveira (2003), uma questão bastante relevante a ser considerada quanto à decisão por este tipo de tratamento é a periculosidade do resíduo. Caso o resíduo apresente características de periculosidade, algumas precauções são necessárias. Isso inclui cobertura da célula do aterro com uma camada de material impermeável com a finalidade de reduzir a infiltração de água, a drenagem de águas superficiais, o isolamento do contato dos resíduos com as águas subterrâneas, impermeabilização do fundo do aterro, coleta e tratamento de chorume, bem como medidas de segurança obrigatória para o tipo de empreendimento. (OLIVEIRA, 2003, p. 23).

Para Francisco e França (2007), os aterros utilizados para recebimento de resíduos devem apresentar impermeabilização superior e inferior bem com o sistema de drenagem de chorume e superficial além de monitoramento adequado.

A disposição de resíduos contaminados com óleos e graxas nos aterros sanitários e industriais deve ser de maneira controlada para não comprometer a vida útil do mesmo, isto é, apresentar teor de óleo e graxa inferior a 5% (FRANCISCO; FRANÇA, 2007, p. 9).

### 4.3.2 Incineração

A incineração é um método de tratamento cujo processo tem como objetivo destruir os compostos tóxicos através da queima, ou seja, após a oxidação térmica os resíduos são convertidos em gases e resíduos sólidos incombustíveis. (FRANCISCO; FRANÇA, 2007, p. 5).

Visvanathan (1996) apud Oliveira (2003) destaca que o método de tratamento incorpora processos como a redução do volume e massa do resíduo, a detoxificação e a inertização do mesmo, bem como a recuperação de energia.

Segundo Rocca et al., (1993) é necessário que o resíduo seja devidamente adequado a esse tipo de tratamento, isso inclui principalmente os resíduos orgânicos constituídos basicamente de carbono, hidrogênio e oxigênio; resíduos constituídos de carbono, hidrogênio e cloro com teor inferior a 30% em peso e ainda resíduos que contenham poder calorífico inferior (PCI) maior que 4.700kcal/kg.

Conforme Oliveira (2003) o processo de incineração de resíduos perigosos necessita de cuidados especiais com objetivo de evitar a liberação de gases tóxicos na atmosfera. Devido a isso, o processo de incineração necessita de equipamentos de tratamento atmosférico, tornando o processo mais caro. Portanto, do ponto de vista técnico e econômico, o recomendado é que os resíduos que não podem ser tratados de maneira segura por outras técnicas, devem ser incinerados.

A incineração apresenta algumas vantagens quanto a sua utilização como tratamento de resíduos contaminados. De acordo com Francisco e França (2007) destaca a velocidade de destruição do resíduo, bem como a sua possibilidade de uso e aproveitamento como combustível auxiliar. O mesmo autor destaca as desvantagens do processo, o alto custo de operação e a dificuldade de controle das emissões de poluentes para a atmosfera, tornando-se incômodo a população do entorno.

A queima a céu aberto não é aceitável pelos órgãos ambientais, devido à emissão de poluentes na atmosfera em consequência da queima incompleta dos resíduos (FRANCISCO; FRANÇA, 2007).

### 4.3.3 Co-Processamento

De acordo com Oliveira (2003), entende-se por co-processamento a utilização de um resíduo de um processo industrial em outro diferente do que lhe deu origem e de forma a substituir uma das matérias primas do processo ou a permitir a redução do consumo de combustível do processo através do aproveitamento energético do resíduo.

Visvanathan (1996) apud Oliveira (2003) descreve que os resíduos Classe I podem ser incinerados em fornos de cimento e cal, ou caldeiras industriais, esse processo é denominado de co-incineração.

Devido às altas temperaturas, acima de 1.400°C, os fornos de cimento e cal são excelentes equipamentos para destruição de resíduos perigosos. Entretanto, nem todos os resíduos incineráveis são passíveis de serem processados em fornos de cimento. Os mais usuais são os líquidos com alto poder calorífico e baixo teor de água, sólidos e metais (FRANCISCO; FRANÇA, 2007).

O teor de água normalmente é limitado a 1% em volume e o de metais deve ser baixo para evitar o entupimento dos queimadores, já o teor de sólidos geralmente é limitado a 20% (ROCCA et al., 1993).

A queima de resíduos industriais em fornos de cimenteiras é limitada tanto em função das emissões de poluentes para atmosfera, quanto em decorrência da manutenção das características técnicas do cimento produzido, impondo assim sérias limitações em relação aos resíduos aceitos para serem co-processados. Muitos resíduos não têm sido aprovados para serem tratados por este processo, dentre eles os que contêm compostos, tais como: dioxinas, organoclorados, precursores ou formadores de policlorados bifenilas (PCBs), explosivos, radioativos, hospitalares, agrotóxicos, pesticidas, resíduos com altos teores de cloro, enxofre e metais pesados (MENEZES et al., 2000 apud OLIVEIRA, 2003).

### 4.3.4 Landfarming

O processo denominado de "Landfarming" consiste no tratamento dos resíduos por meio de propriedades físicas e químicas do solo, combinando com a atividade microbiana, e assim promovendo a biodegradação, detoxificação,



transformação e a imobilização desses resíduos, conseqüentemente minimizando os riscos de contaminação do meio ambiente (ROCCA et al., 1993 apud Oliveira, 2003).

Oliveira (2003), afirma que o método de tratamento consiste em degradar biologicamente o componente orgânico de um resíduo na camada superior do solo (15 a 20 cm), fornecendo o oxigênio através de aração do solo e nutrientes para os microrganismos aeróbios. A partir do momento que os resíduos são adicionados ao solo, ocorrem a degradação biológica, incorporação na matriz do solo, volatilização, percolação e lixiviação superficial. Os resíduos são misturados ao solo e submetidos à biorremediação *in situ*, promovendo a degradação e a imobilização dos contaminantes perigosos.

Amaral (1986) descreve que os processos bioquímicos que acontecem no “landfarming”, resultam na conversão de carbono a dióxido de carbono. O carbono que permanece é incorporado à massa celular e fixado ao solo como matéria orgânica natural melhorando assim a sua estrutura e fertilização.

As substâncias não biodegradáveis, como metais pesados, sais e areia, são acumulativos nesse processo de “landfarming”, ou seja, se a célula vier a ficar saturada dessas substâncias, deve-se raspar a camada reativa (15-20 cm) e enviá-la para um aterro industrial (AMARAL, 1986).

É muito importante a caracterização prévia em relação à fertilidade e as condições físicas do solo receptor antes do processo. Marins e Mollica (1988) apresentaram em seus estudos que os metais pesados presentes em concentrações inadequadas, inibem o metabolismo microbiano, resultando na não utilização do óleo como fonte de carbono pelos microrganismos, e, por conseguinte a permanência do óleo no solo sem que ocorra a degradação desejada.

Francisco e França (2007) destacam alguns requisitos necessários para a implantação desse sistema, entre eles a análise do terreno a fim de se determinar as camadas e o nível de permeabilidade do solo, o nível do lençol subterrâneo, análises de pH, umidade e concentração de microrganismos, teor de nutrientes e capacidade de troca iônica.

Dentre as vantagens desse processo, destaca principalmente o baixo custo de implantação e operação. Em curto prazo destaca-se a possibilidade de correção de qualquer problema constatado, e em longo prazo a manutenção é

pequena, uma vez que os compostos orgânicos são biodegradáveis e o acúmulo de metais se restringe à superfície (FRANCISCO; FRANÇA, 2007, p.7).

A desvantagem desta técnica consiste no acúmulo gradual de metais pesados no solo, resultando em um processo lento e incompleto impedindo seu uso posterior como fertilizantes (FRANCISCO; FRANÇA, 2007, p.8).

#### 4.3.5 Compostagem

De acordo com Francisco e França (2007), a compostagem de resíduos oleosos passou a ser uma alternativa interessante, onde o custo com o transporte desse resíduo é considerado absurdamente caro.

O mesmo autor apresenta algumas vantagens para esse tipo de tratamento tais como:

A compostagem apresenta várias vantagens: o tratamento pode ser feito no próprio local de geração, evitando assim o custo de transporte; os hidrocarbonetos contidos nos resíduos são destruídos, eliminando a responsabilidade a longo tempo; requer uma menor área que o tratamento de landfarming; oferece um material estabilizado que pode ser usado no melhoramento do solo, evitando a acumulação de material tratado. Francisco; França (2007, p.9).

Algumas desvantagens devem ser levadas em consideração na hora de realizar a compostagem com esse tipo de material. Elas são descritas por Oliveira (2003):

Como desvantagens deste processo destacam-se a limitação quanto ao teor de óleos e graxas (< 25%), a necessidade de incorporar às massas de resíduos agentes expansores de volume, visto que os lodos de refinaria são tipicamente viscosos e impedem a passagem do ar em sua massa. A adição de nutrientes, também é necessária, a fim de garantir condições adequadas para o desenvolvimento da atividade microbiana aeróbia. Oliveira (2003, p.20).

A limitação ocorre devido ao óleo ser impermeabilizante, dificultando o acesso do oxigênio no interior do composto. O óleo forma uma fina camada que impede a troca entre as moléculas de ar e água. No caso específico das estopas, o próprio pano é o material expensor, pois evita que o óleo se espalhe e forme essa fina camada, facilitando o progresso da degradação.

Segundo Nordrum et al., (1992) apud Oliveira (2003) após analisar o processo de compostagem em escala industrial em Utah (EUA), concluíram que o processo é altamente eficiente, atingindo percentuais de remoção de 97% dos

hidrocarbonetos de petróleo em 41 dias. Os mesmos autores afirmaram que esta tecnologia tem se mostrado mais adequada para pequenas unidades de produção, distante dos centros de tratamento.

#### **4.3.6 Reatores Biológicos**

Na condução de bioprocessos, a utilização de biorreatores vem ao encontro da necessidade da manutenção das condições necessárias para a degradação de resíduos complexos, em intervalos de tempo cada vez mais reduzidos (OLIVEIRA, 2003 apud FRANCISCO; FRANÇA, 2007).

Francisco e França (2007), afirma que este tipo de tratamento é viável e se operada adequadamente pode satisfazer os limites de concentração fixados pela EPA para estes contaminantes, e que reatores comuns adaptados para o tratamento de solo ou água contendo altos níveis de contaminantes podem ser operados em série e de forma aeróbica ou anaeróbica.

Basicamente, o solo contaminado é misturado com água e introduzido no reator, que é previamente preenchido com carvão, plástico, esferas de vidro ou terra diatomácea que permitem a obtenção de grande área superficial e a rápida formação do biofilme responsável pela biodegradação. O inóculo pode vir da própria população presente no ambiente contaminado; de lodos ativados ou de cultura pura de microrganismo apropriado (FRANCISCO; FRANÇA, 2007, p.8).

#### **4.3.7 Solidificação/Estabilização**

De acordo com Francisco e França (2007) consiste em um pré tratamento através do qual os constituintes perigosos de um resíduo são transformados e mantidos em suas formas menos solúveis ou menos tóxicas. Assim estabilizados, ficam menos agressivos ao meio ambiente e podem ser confinados em aterros industriais.

A partir do melhoramento das características físicas e de manuseio, bem como a diminuição da área superficial evitando a perda de poluentes e limitando a solubilidade de qualquer constituinte perigoso contido no resíduo (VISVANATHAN, 1986 apud OLIVEIRA, 2003).

A partir da mistura dos resíduos tóxicos com materiais sólidos altamente impermeáveis, ocorre a captura ou fixação dos resíduos dentro desta estrutura. Os mecanismos do processo de captura ou fixação poder ser físicos ou químicos ou físico-químicos (VISVANATHAN, 1986 apud OLIVEIRA, 2003).

Na aplicação da tecnologia de Solidificação/Estabilização vários agentes podem ser utilizados: cal, cimento, polímeros orgânicos, materiais termoplásticos, materiais absorventes, materiais cerâmicos, além do processo de vitrificação (OLIVEIRA, 2003).

A tecnologia de solidificação/estabilização vem se tornando uma importante alternativa de tratamento frente às normas cada vez mais restritivas para a disposição de resíduos perigosos em aterro, pois provê o melhoramento das características físicas e toxicológicas do resíduo, facilitando o seu gerenciamento de forma segura e eficaz. Além disso, o custo do processo de solidificação/estabilização tem sido considerado baixo em relação a outras técnicas de tratamento, fator este que tem impulsionado o desenvolvimento desta tecnologia nos últimos anos (OLIVEIRA, 2003, p.26).

#### **4.3.8 Biodegradação**

A biodegradação pode ser entendida como um processo natural onde os compostos químicos são degradados por via biológica. Comunidades microbianas em ambientes naturais são formadas por diferentes microrganismos altamente interdependentes. Uma comunidade microbiana é resistente a produtos tóxicos resultantes da biodegradação, devido à capacidade de um de seus indivíduos realizarem detoxificação (FRANCISCO; FRANÇA, 2007. p13).

O mesmo autor ainda destaca que além da resistência, outra característica importante destas comunidades é o dinamismo, uma vez que respondem às condições ambientais e utilizam nutrientes de maneira efetiva degradando e/ou transformando os compostos.

Francisco e França (2007) ainda destacam que o destino de um composto orgânico introduzido no solo é determinado por fatores físicos (volatilização ou adsorção), químicos (degradação fotoquímica, oxidação e hidrólise) e biológicos (biodegradação microbiana).

Devido à necessidade dos microrganismos de condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento, existem ainda alguns fatores primordiais para que o processo ocorra com velocidade e extensão na degradação do petróleo. Existem três principais fatores primordiais para o desenvolvimento da compostagem, o primeiro é a umidade, pois irá facilitar as reações que acontecerão durante o processo. O segundo fator é o oxigênio, pois irá oxidar rapidamente os hidrocarbonetos e outros compostos derivados do petróleo, visto que em condições anaeróbicas, a biodegradação irá se tornar mais lenta e efetuada por bactérias sulfato-redutoras. O terceiro fator é a presença de nutrientes suficientes para o desenvolvimento microbiano (FRANCISCO E FRANÇA, 2007).

#### 4.4 COMPOSTOS ORGÂNICOS

##### 4.4.1 Conceitos

O vocábulo “compost”, da língua inglesa, deu origem à palavra composto, para indicar o fertilizante orgânico preparado a partir de restos vegetais e animais através de um processo denominado compostagem (KIEHL, 1998).

De acordo com Silva (2008), o composto orgânico é um material rico em húmus, contendo teores de 50% a 70% de matéria orgânica, resultado obtido através de processo de compostagem.

O mesmo autor ainda completa dizendo que o composto orgânico é considerado um fertilizante orgânico, devido ao preparo com esterco e restos vegetais que em condições normais não possuiriam valor agrícola.

O substrato orgânico tem como função atuar como fonte de nutrientes e também como condicionante estrutural para o solo, fazendo com que ocorra a melhoria no desenvolvimento das espécies a serem cultivadas.

Segundo o art. 2º do Decreto 4.954 de 2004, que regulamenta a Lei Federal nº 6.894 de 1980, consideram como fertilizante o produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais.

O composto orgânico é considerado um fertilizante a base de resíduos orgânicos que são decompostos de maneira controlada originando um fertilizante

rico em nutrientes e em matéria orgânica que ao ser aplicado no solo proporciona um aumento da vida microscópica do solo.

#### 4.4.2 Húmus

O húmus é constituído por frações solúveis chamadas de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, e uma fração insolúvel chamada de humina. Os ácidos húmicos são basicamente as substâncias orgânicas solúveis e quimicamente muito complexas, formadas por polímeros compostos aromáticos e alifáticos com elevado peso molecular e grande capacidade CTC. Os ácidos fúlvicos se mantêm solúveis em meio alcalino e diluído em meio ácido e são constituídos principalmente por polissacarídeos, aminoácidos, compostos fenólicos entre outros (FILHO e SILVA 2002).

Malavolta (1967) conclui que após a estabilização do húmus, os componentes se desdobram mais lentamente que o material fresco, porém devido a reações químicas e biológicas que ocorrem no solo podem ser assimilados pelas plantas.

Chaminade (1956) apud Malavolta (1967) afirma que a adição de pequenas quantidades de húmus no solo, pode ocorrer um maior aproveitamento dos nutrientes pelas plantas.

#### 4.4.3 Matéria Orgânica

A matéria orgânica presente no solo é a soma dos resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição, biomassa microbiana, raízes e húmus (THENG et al., 1989 apud SANTOS; CAMARGO, 1999).

Costa (1994) conceitua matéria orgânica como todo produto derivado de corpos organizados, ou ainda, qualquer resíduo de origem vegetal, animal, urbano ou industrial, que apresente altos teores de componentes orgânicos ou compostos de carbono degradável.

Santos e Camargo (1999), afirmam que a matéria orgânica é um componente fundamental para a capacidade produtiva do solo. Isto se dá pela capacidade de fornecimento de nutrientes as plantas, a retenção de cátions, a

complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, a estabilidade da estrutura, a infiltração e retenção de água, bem como a aeração e a atividade microbiana.

Nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o teor de matéria orgânica do solo é utilizado como referência para recomendações de nitrogênio (ANGHINONI, 1985 apud SANTOS; CAMARGO, 1999). O mesmo autor afirma que devido a diversos fatores, como textura do solo, temperatura, umidade e pH, os quais afetam diretamente a mineralização do nitrogênio no solo, esse elemento não constitui um índice ideal de disponibilidade no solo.

Malavolta (1967) destaca a complexidade da composição química da matéria orgânica do solo, e as classifica em três grupos de acordo com a sua origem. Os polissacarídeos são as celulosas, hemicelulosas, amido e são degradados pelos fungos, actinomicetes e bactérias formando material celular, sendo que uma fração é perdida no processo de decomposição em gás carbônico e água. A partir da condensação de núcleos aromáticos, é formada a lignina, a qual oferece grande resistência à decomposição por agentes químicos e microbianos. As proteínas são a fonte de nitrogênio para as plantas e são constituídas de aminoácidos que liberam amônia e sob ação enzimática é convertida em nitrato e absorvidos pelas plantas (MALAVOLTA, 1967, p. 262).

Durante o processo de decomposição da matéria orgânica do solo, os nutrientes são gradativamente liberados e convertidos de forma a serem aproveitados pelas plantas. De acordo com Malavolta (1967), à medida que a decomposição avança, aparecem quantidades significativas de gás carbônico e de ácidos carboxílicos, os quais estão dissolvidos em água e assim ajudam a solubilizar outros minerais. O mesmo autor cita outra maneira pela qual a matéria orgânica funciona como fonte de nutrientes, através da liberação de catiônicos adsorvidos, entre eles o cálcio, magnésio, potássio.

Filho e Silva (2002) diz que os solos são formados por quatro componentes, que se combinam e interagem entre si. São os componentes minerais, orgânicos, líquidos e gasosos. Segundo um consenso na literatura, a composição média ideal do solo é formado por 45% compostos minerais, 5% compostos orgânicos, 25% solução do solo (líquido) e 25% gases.

Malavolta (1980) ressalta que na maioria dos solos, mesmos os chamados “solos minerais” as partículas minerais estão associadas de alguma maneira a matéria orgânica ou húmus.

Filho e Silva (2002) completa afirmando que a matéria orgânica presente no solo é um sistema complexo de substâncias carbônicas, e que a partir da renovação de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma constante transformação do mesmo, sua dinâmica é mantida até a estabilização do composto em húmus.

#### 4.4.4 Macro e Micronutrientes

Do solo as plantas retiram grande quantidade de nutrientes, dentre eles os mais importantes estão o nitrogênio ou azoto (N), fósforo (P), potássio (K), Enxofre (S), magnésio (Mg), ferro (Fe), Zinco (Zn) entre outros (MALAVOLTA, 1967).

Assim, os nutrientes são classificados em Macronutrientes e Micronutrientes, sendo os Macronutrientes elementos como Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) e os Micronutrientes formados por elementos como Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) entre outros (MALAVOLTA, 1967).

Malavolta (1967) afirma que a separação entre macro e micronutrientes é baseada essencialmente na concentração em que os elementos aparecem na matéria seca.

Entre os elementos essenciais para a vida da planta há mais átomos de nitrogênio na matéria seca do que de qualquer outro elemento, geralmente, cerca de três vezes mais (MALAVOLTA, 1980).

Costa (1994) afirma que o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio(K) são geralmente os elementos mais deficientes nos solos.

O nitrogênio é o elemento mais utilizado e absorvido pelas culturas em geral, apresentando grande dificuldade na quebra de suas moléculas, elevando o custo (MALAVOLTA, 1980). Devido a isso o nitrogênio se apresenta como o fator mais limitante de produção, com exceção das leguminosas.

A atmosfera é constituída na sua maior fração de nitrogênio, encontrado sob a forma de gás nitrogênio, o qual não é diretamente aproveitado pelas plantas, com exceção das leguminosas, entretanto, o nitrogênio praticamente não existe nas rochas que originam o solo.

Basicamente 95% do nitrogênio ou azoto do solo é encontrado em sua forma orgânica, geralmente protéica, o qual tecnicamente não é assimilado pelas



plantas. As formas de nitrogênio mais importante são a amoniacais ( $\text{NH}_4^+$ ) e nítricas ( $\text{NO}_3^-$ ) que são convertidas pelos microrganismos e vegetais em compostos orgânicos, chamado “imobilização” (MALAVOLTA, 1967).

O nitrogênio presente no solo pode sofrer grandes processos de transformação de formas orgânicas em inorgânicas e vice-versa, resultando em ganhos ou perdas do sistema como um todo (VAN RAIJ, 1991).

Em decorrência da ação de decomposição microbiana da matéria orgânica, o nitrogênio é mineralizado e assim disponibilizando nitrogênio mineral para o solo e para as plantas. Esse processo de mineralização é iniciado quando o nitrogênio amoniacal é liberado, logo após ocorre a nitrificação, que é a oxidação da amônia em nitrito e nitrato (MALAVOLTA, 1967).

Ao absorver amônia ( $\text{NH}_4^+$ ), ocorre o aumento da acidez devido à saída de  $\text{H}^+$ , e havendo a absorção do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) diminui a acidez decorrendo do aparecimento de  $\text{OH}^-$  originário da redução do mesmo nitrato (MALAVOLTA, 1967).

A imobilização e a mineralização, de acordo com Malavolta (1967), são dependentes do teor de carbono encontrado na matéria orgânica, ou seja, com teor de carbono elevado e baixa porcentagem de nitrogênio na matéria orgânica, os microrganismos vão absorver amônia e nitrato do solo e assim imobilizando-os. Se o teor de carbono é baixo dá-se a mineralização.

O fósforo é um dos elementos que apresenta menor quantidade disponível no solo, sendo ainda o nutriente que com maior frequência limita a produção das culturas.

Anjos et al., (1999) apud Santos; Camargo (1999) relatam que o fósforo contido no solo é derivado do seu material de origem, e encontra-se principalmente como minerais apatíticos, ou ainda fosfatados de cálcio. O mesmo autor completa afirmando que na natureza, com a atuação dos fatores e processos de formação do solo sobre o material de origem, alteram os minerais primários. Com isso ocorre a produção de novos compostos, cuja complexidade vai depender do grau e intensidade da intemperização.

Santos e Camargo (1999) afirma que os minerais apatíticos também serão alterados devido a ação de processos geoquímicos, resultando na liberação do fósforo para a solução do solo.

Gatiboni (2003) afirma que o fósforo é encontrado tanto na fase sólida, nas formas orgânicas e inorgânicas, quanto na fase líquida em forma inorgânica na solução do solo e nas formas de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ .

O fósforo contido no material de origem do solo é encontrado na forma de minerais, com predomínio dos fosfatos, Gatiboni (2003) relata que a partir do intemperismo ocorre a liberação do fósforo em pequenas quantidades para a solução.

O mesmo autor relata que o fósforo total da maioria dos solos pode ser relativamente grande, porém os fosfatos naturais podem ser transformados em formas estáveis, através de processos geoquímicos e biológicos. Esses fosfatos naturais são fixados e combinados com outros elementos como cálcio, ferro ou alumínio, formando compostos que as plantas não conseguem assimilar.

Gatiboni (2003) diz que o fósforo no solo pode ser imobilizado quando na forma orgânica não assimilável pelas plantas e assim tornando-se disponível a partir da mineralização da matéria orgânica ou ainda adsorvido a fração de fósforo presa ao complexo coloidal. A parte assimilável do fósforo é aquela que é encontrada diluída na solução do solo sendo facilmente absorvidas. A forma disponível do fósforo no solo é o somatório do fósforo adsorvido com o fósforo assimilável.

Devido ao fósforo ser firmemente retido e pouco móvel no solo, ele se apresenta como um nutriente facilmente sujeito a perdas por percolação, entretanto, a erosão é a responsável pelas maiores perdas de fósforo no solo.

O potássio no solo é absorvido em grande quantidade pelas plantas, sendo que apenas o nitrogênio é absorvido em quantidades superiores a ele.

Malavolta (1967) afirma que além da importância na produção vegetal, o potássio é importante na resistência das plantas a condições adversas, tais como temperaturas extremas e baixa disponibilidade de água, além de ser conhecido como redutor de ataques de insetos e incidência de doenças.

Apesar de muito abundante em rochas e solos, grande parte do potássio é encontrado em minerais que contém o elemento nas estruturas cristalinas. O potássio pode ser encontrado no solo sob diversas formas, segundo Filho (2005), os maiores teores de potássio está contido na rede cristalina entre 90 a 98%, onde estão presentes nos minerais que originam o solo tais como feldspato, micas e argilas micácias. O potássio pode ser encontrado fixado numa porção entre 1 a 10%, onde a imobilização do K pelas lâminas de argila acontece na ordem 2:1(vermiculita

e montmorilonita). O potássio trocável é totalmente adsorvido nos colóides do solo, enquanto que o potássio solúvel está presente na solução do solo. A matéria orgânica apresenta teores de potássio entre 0,5% a 2%, onde é liberada a partir da mineralização da matéria orgânica, sendo a principal fonte de potássio orgânico.

#### 4.4.5 O solo como fornecedor de nutrientes

Para que uma planta se desenvolva normalmente, ela necessita de alguns requisitos indispensáveis, tais como, local favorável à fixação de suas raízes, luz, temperatura adequada, água, ar, quantidade suficiente de nutrientes, etc. Essas necessidades são atendidas, em maior ou menor proporção, pelas condições de clima e solo do local onde se encontra a planta.

Quando as necessidades básicas são atendidas, as plantas, partindo do Carbono (C), Oxigênio (O) e Hidrogênio (H), retirados do ar, da água e de diversos elementos provenientes do solo, conseguem, com o auxílio da energia da luz solar, sintetizar a matéria orgânica necessária à sua própria formação.

Malavolta (1967) diz que baseado na exigência das plantas, o solo serve como suporte indispensável à fixação e fornecedor às raízes de calor, umidade, nutrientes. O mesmo autor afirma que a quantidade de nutrientes exigidos pelas plantas é em geral maior do que a reserva apresentada no solo.

O solo é constituído de partículas sólidas, de água, ar, além de uma população microbiológica, e ainda pode ser de origem mineral ou orgânica (MALAVOLTA, 1967, p.588).

Existe um consenso na literatura que diz que os solos são formados por quatro principais componentes que combinam e interagem entre si, e a sua composição média ideal é 45% compostos minerais, 5% compostos orgânicos, 25% solução do solo (líquido) e 25% gases.

As partículas sólidas orgânicas são acumuladas no solo sob a forma de colóides orgânicos, e é denominado como matéria orgânica e consistem de resíduos vegetais e animais que se decompõem e se acumulam sob a forma de húmus (MALAVOLTA, 1967).

Malavolta (1967) afirma que para a nutrição dos vegetais, a argila e o húmus apresentam grande importância, pois os dois formam os constituintes mais ativos, partindo do ponto de vista químico e físico-químico.

A água do solo é denominada solução do solo, devido aos minerais presentes no solo estar dissolvidos também na água. Essa solução do solo é composta basicamente por nutrientes dissolvidos, dentre eles sódio, potássio, cálcio e magnésio. A porosidade do solo garante a ocorrência de grandes espaços livres entre as partículas, permitindo a entrada dos fluídos dentro do solo. (MALAVOLTA, 1967, p. 588).

Teoricamente, quanto à quantidade de água aumenta, a de ar diminui e vice e versa. As plantas consomem mais oxigênio liberando gás carbônico, com isso, o solo tem a tendência a ter mais gás carbono e menos oxigênio (MALAVOLTA, 1967, p.589).

Os microrganismos também estão presentes no solo, e tem fundamental importância para o seu desenvolvimento nutricional, e também contribui aumentando a resistência do solo diante a erosão (MALAVOLTA, 1967).

#### **4.4.6 Uso de compostos orgânicos como fertilizantes**

Silva (2008) descreve que Matéria Orgânica do Solo (MOS) é um termo utilizado para designar os resíduos de diferentes combinações que são degradados pela ação de microorganismos e reciclados. Esses resíduos são disponibilizados no solo e tendem a aumentar as condições de desenvolvimento de diferentes culturas.

O mesmo autor afirma que com a degradação e a incorporação da matéria prima compostada, o solo recebe uma quantidade considerável de carbono orgânico, macro e micronutrientes, entre outros disponíveis na fração orgânica do solo.

No que diz respeito à fração orgânica do solo, neste está contida uma grande diversidade de substâncias encontradas parcialmente decompostas, e outros com a sua decomposição final efetivada, possuindo teor médio de 58% de carbono, denominado "Húmus". A vida microbiana ativa existente no solo é responsável pela reciclagem dos nutrientes, bem como pela formação dos constituintes da fração orgânica do solo (SILVA, 2008).

Costa (1994) afirma que ainda não se sabe com certeza qual a contribuição de cada componente da matéria orgânica sobre as propriedades físicas e químicas do solo, porém seu benefício para o solo já é conhecido há muito tempo.

Os adubos orgânicos geralmente apresentam baixas concentrações de nutrientes, quando o teor de matéria orgânica está entre 20 e 95%, pode apresentar teor de carbono entre 20 e 60%. Devido a isso, recomenda-se aplicar os fertilizantes de forma contínua, para que os efeitos benéficos da matéria orgânica se tornem mais efetivo no solo (SILVA, 2008).

A partir do crescimento na utilização de compostos na agricultura, ocorrem cada vez mais comparações entre adubos minerais e orgânicos, onde a quantidade de nutrientes de um fertilizante orgânico é de cinco a dez vezes menos do que a de um fertilizante mineral, porém a ação da matéria orgânica é muito mais ampla. A matéria orgânica atua na estruturação e condicionamento do solo promovendo uma melhor CTC, potencializando a absorção de nutrientes pelas culturas. Essa potencialização é refletida numa maior produtividade agrícola (SILVA, 2008).

Ocorre um consenso literário no que diz respeito às principais vantagens da utilização de compostos orgânicos no solo vão desde o aumento na capacidade de troca catiônica do solo (CTC), do poder tampão do solo, da matéria orgânica e da disponibilidade de retenção de água, bem como na estruturação e no condicionamento do solo, equilibrando o ecossistema do local.

## 4.5 COMPOSTAGEM

### 4.5.1 Fundamentos básicos da compostagem

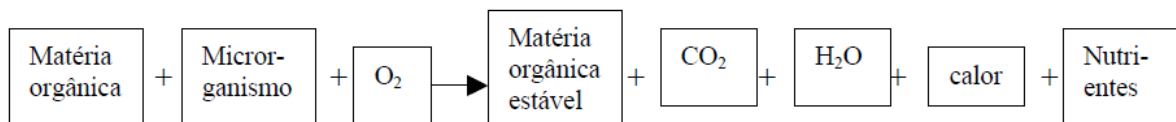
Segundo FERNANDES; SILVA, (2008 p.8) o processo de compostagem já era praticado desde a antiguidade, porém só a partir do século XX foi estudada cientificamente, sendo que atualmente já se pode realizar compostagem industrial.

A compostagem é definida como sendo um processo de decomposição controlado, onde existe a ação microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido (KIEHL, 2002, p. 1). Portanto, o processo de compostagem cria um ambiente propício ao desenvolvimento de microrganismos decompositores, acelerando assim a degradação do material, de modo a não causar problemas ambientais.

Os compostos orgânicos biodegradáveis passam por diversas etapas de transformação sob a ação de grupos de microrganismos que ao final resultam num processo bioquímico complexo (FERNANDES; SILVA, 2008 p.8).

A figura 1 representa o processo de compostagem de forma simplificada.

**Figura 1** – Esquema simplificado de compostagem. Fonte: (FERNANDES; SILVA, 2008, p 10).

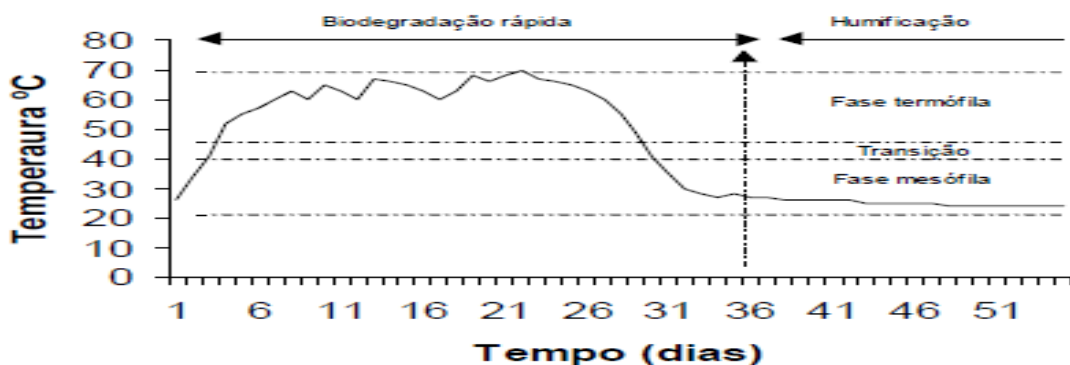


De acordo com FERNANDES; SILVA (2008 p.10) à medida que se inicia o processo de compostagem, ocorre à proliferação de populações de vários grupos de microrganismos. Inicialmente ocorre o crescimento dos microrganismos mesófilos, e a partir do processo de biodegradação, ocorrendo o aumento gradativo da temperatura, diminui os microrganismos mesófilos e aumenta a população de termófilas.

Quando o substrato orgânico for a sua maior parte transformado, a temperatura diminui, a população termófila se restringe, a atividade biológica global se reduz de maneira significativa e os mesófilos se instalam novamente. Nesta fase, a maioria das moléculas facilmente biodegradáveis foi transformada, o composto apresenta odor agradável e já teve início o processo de humificação, típico da segunda etapa do processo, denominada maturação. Fernandes; Silva (2008, p.10)

A seguir, a Figura 2 representa o comportamento da temperatura de uma leira durante o processo de compostagem.

**Figura 2** – Evolução da temperatura em uma leira de compostagem. Fonte: Fernandes; Silva (2008, p 11).



Na compostagem ocorrem dois processos, cura e maturação, que pode ser classificado em três fases. A primeira fase é a fitotóxica na qual ocorre o despreendimento de calor, vapor d'água e liberação de CO<sub>2</sub>, e ainda a produção de ácidos danosos às plantas. A segunda fase é a semicura e ocorre a partir dos primeiros 10 a 20 dias após a primeira fase, é onde a decomposição é mais lenta, e chega ao estágio tecnicamente chamado de bioestabilização. Depois de completada a fase de semicura o composto não é mais danoso às plantas. A terceira fase é a maturação, tecnicamente conhecida como humidificação, e ocorre a degradação da matéria orgânica onde o composto adquire as características desejáveis (KIEHL, 2002, p. 6).

Kiehl (2002) afirma que a maturidade do composto ocorre quando a decomposição microbiológica se completa e a matéria orgânica é transformada em húmus.

#### **4.5.2 Parâmetros Físico-Químicos**

##### **4.5.2.1 Aeração**

Segundo Kiehl (2002) a aeração é o fator mais importante a ser considerado no processo de decomposição da matéria orgânica. O autor diz que decomposição da matéria orgânica por processo aeróbio é realizado na presença de oxigênio e microrganismos aeróbios e tem como características, a alta temperatura, ausência de mau cheiro, rápida degradação da matéria orgânica e pelas reações de oxidação e oxigenação.

A falta de oxigênio pode comprometer o andamento da degradação da matéria orgânica.

Fernandes; Silva (2002) afirma que a compostagem é um processo aeróbio e o fornecimento de ar é indispensável para a atividade dos microrganismos. O mesmo autor afirma que durante a compostagem a demanda por O<sub>2</sub> é muito elevada e a falta desse elemento pode se tornar um fator limitante para a atividade microbiana prolongando o ciclo de compostagem.

A circulação de ar na massa do composto é, portanto, de importância primordial para a compostagem rápida e eficiente. Esta circulação depende da

estrutura e umidade da massa e também da tecnologia de compostagem utilizada. Fernandes; Silva (2008, p.12)

O revolvimento do composto tem como finalidade a introdução ar novo e a liberação de ar contido no interior do mesmo.

Kiehl (2002) faz menção à importância da renovação devido ao teor de gás carbônico existente no interior do composto que pode chegar a concentrações cem vezes maiores que o normal no ar atmosférico. Ele ainda conclui que a falta de oxigênio no composto faz com que ocorra a formação e o acúmulo de metano e dióxido de carbono, componentes característicos da fermentação anaeróbia.

#### 4.5.2.2 Temperatura

Kiehl (2002) afirma que os microrganismos possuem metabolismo exotérmico, e com isso realizam a decomposição do material orgânico gerando calor e elevando a temperatura.

“A compostagem aeróbia pode ocorrer tanto em regiões de temperatura termofílica (45 a 85°C) como mesofílica (25 a 43°C).” (Fernandes; Silva, 2008, p.13).

O autor ainda destaca a importância da temperatura elevada.

Embora a elevação da temperatura seja necessária e interessante para a eliminação de microrganismos patogênicos, alguns pesquisadores observaram que a ação dos microrganismos sobre a matéria orgânica aumenta com a elevação da temperatura até 65°C e que acima deste valor o calor limita as populações aptas, havendo um decréscimo da atividade biológica. Fernandes; Silva (2008, p.13).

Fernandes; Silva (2008) afirma que a temperatura reflete na eficiência do processo e é um indicativo de equilíbrio biológico e de fácil monitoramento.

“Depois de iniciada a fase termofílica (em torno de 45°C), o ideal é controlar a temperatura entre 55 e 65 °C. Esta é a faixa que permite a máxima intensidade de atividade microbiológica. Acima de 65°C a atividade microbiológica cai e o ciclo de compostagem fica mais longo.” (Fernandes; Silva, 2008, p.13).

A partir da evolução do processo de compostagem, ocorre a proliferação de diversos grupos de populações de microrganismos complexas que vão se sucedendo de acordo com as características do meio. Segundo Kiehl (2002) de acordo com as suas temperaturas ótimas, os microrganismos são classificados em psicófilos (0 a 20°C), mesófilos (15 a 43°C) e termófilos (40 a 85°C). Os limites não



são rígidos e representam muito mais os intervalos ótimos para cada classe de microrganismo do que divisões estanques (Tabela 1).

**Tabela 1** - Temperaturas consideradas mínimas, ótimas e máximas para o desenvolvimento de bactérias em °C:

Bactéria	Mínima °C	Ótima °C	Máxima °C
Mesófila	15 a 25	25 a 40	43
Termófila	<b>25 à 45</b>	50 à 55	85

Fonte: Kiehl, 1985.

#### 4.5.2.3 Umidade

Fernandes; Silva (2008) destaca a importância da água para a compostagem.

No composto, o teor ótimo de umidade, de modo geral, situa-se entre 50 e 60%. O ajuste da umidade pode ser feito pela criteriosa mistura de componentes ou pela adição de água.

Na prática se verifica que o teor de umidade depende também da eficácia da aeração, das características físicas dos resíduos (estrutura, porosidade). Elevados teores de umidade (>65%) faz com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá provocar aparecimento de zonas de anaerobiose. Se o teor de umidade de uma mistura é inferior a 40% a atividade biológica é inibida, bem como a velocidade de biodegradação. (Fernandes; Silva, 2008, p.13).

Para Merkel (1981), a faixa de umidade ideal para obtenção da máxima degradação está entre 40 e 60%, principalmente durante a fase inicial do processo, garantindo assim o crescimento dos organismos e para que ocorram as reações bioquímicas necessárias.

O ajuste da umidade pode ser feito a partir da mistura dos componentes ou pela adição de água.

O teor de umidade no composto é controlado baseado na capacidade de aeração da massa de compostagem, bem como nas características físicas do material e da necessidade de satisfação da demanda microbiológica. O teor de umidade do composto tende a diminuir ao longo do processo devido a perdas de água pela aeração. Para um composto considerado ideal, ao final do processo o teor de umidade deve ser de 20 a 30%. (OLIVEIRA, 2001).

#### 4.5.2.4 Relação C/N

O tempo de compostagem está diretamente ligado à relação C/N, onde quanto mais alta essa relação, maior será o tempo necessário até a cura do composto.

Os microrganismos precisam de carbono, como fonte de energia, e de nitrogênio para a síntese de proteínas, considerando-se assim a relação C/N como fator que melhor caracteriza o equilíbrio dos substratos. (FERNANDES; SILVA, 2008, p. 14).

Fernandes e Silva (2008) afirmam que a relação C/N inicial ideal para o composto é de 30/1, e completa dizendo que a falta de nitrogênio ou de carbono limita a atividade microbológica.

Se a relação C/N for muito baixa pode ocorrer grande perda de nitrogênio pela volatilização da amônia. Se a relação C/N for muito elevada os microrganismos não encontrarão Nitrogênio suficiente para a síntese de proteínas e terão seu desenvolvimento limitado. Como resultado, o processo de compostagem será mais lento. (Fernandes; Silva, 2008).

Os microrganismos sempre vão absorver o carbono e o nitrogênio na relação C/N de 30/1, gerando um produto final ideal com relação C/N entre 8/1 e 12/1, no qual essa relação se apresenta como um parâmetro de confiança para o acompanhamento da compostagem ideal. (KIEHL, 2002, p. 48).

Algumas associações são feitas referentes à relação C/N e, se possível, deverá ser utilizado na mistura do composto uma proporção de 70 % de material rico em hidratos de carbono (restos vegetais) e 30% pobre em carbono (esterco de animais), mas rico em nitrogênio. Os materiais ricos em nitrogênio são de fácil decomposição e se prestam como fonte de micronutrientes para o composto. O esterco, por exemplo, além de fornecer grande quantidade de nitrogênio é o material inoculante de bactérias e fungos (TEIXEIRA, 2002).

De acordo com Costa (1994) uma compostagem feita com material muito rico em carbono e com baixos teores de nitrogênio vai aquecer muito devagar e ter uma fermentação lenta.

Quando ocorre a incorporação ao solo de resíduos orgânicos ainda crus, ou seja, com relação C/N muito baixas ou muito altas, pode acarretar alguns problemas a cultura. Se relação C/N for alta, como nos materiais ricos em celulose,

essencialmente palhosos haverá consumo de nitrogênio do solo pelos microorganismos, causando deficiência temporária as plantas. Se a relação for baixa, como acontece em determinados resíduos animais (ou lodo ativado rico em nitrogênio), haverá desprendimento da amônia, danosas a planta (KIEHL, 2002).

Na compostagem com resíduos oleosos, ocorrem altos índices de carbono, devido ao contaminante possuir longas cadeias carbônicas, no entanto esses organismos utilizam o poluente como fonte de carbono e energia e dentre os mais utilizados, os fungos destacam-se por seu papel natural de decompositores e degradadores de moléculas complexas como lignina e celulose (CRAPEZ et al., 2002).

#### 4.5.2.5 pH

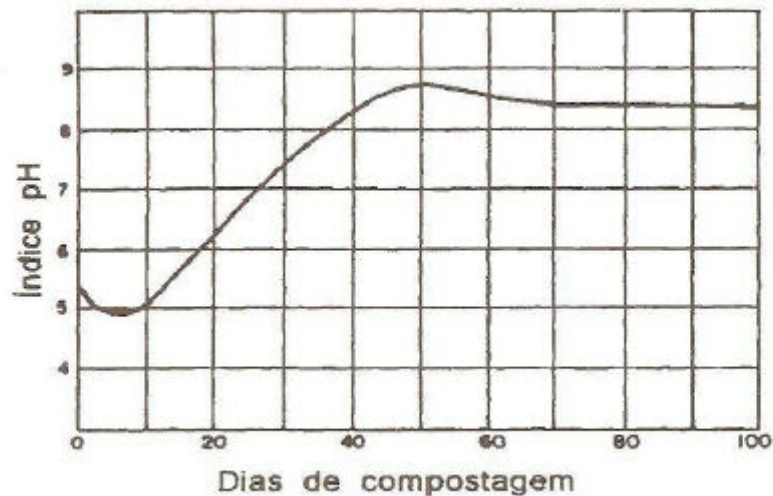
Fernandes e Silva (2008, p.15) afirmam que é de conhecimento comum que níveis de pH muito baixos ou muito altos reduzem ou inibem a atividade dos microorganismos. O início da compostagem pode haver uma sensível queda de pH do composto, resultante da produção de ácidos orgânicos, porém ao ocorrer a passagem para a fase termofílica somado a hidrólise de proteínas e liberação da amônia, ocorre o aumento do pH.

Kiehl (2002) completa dizendo que inicialmente a mistura é formada por uma reação ácida, e que a partir da degradação da matéria orgânica, eleva-se o pH do composto, tornando a mistura alcalina com pH superior a 8.

Quando é feita a aplicação da matéria orgânica no solo ela fará acontecer o efeito tampão no solo, onde ela consegue fazer que o solo ácido, não apresente suas características de acidez.

A figura 3 demonstra a evolução dos índices de pH ao longo do processo de compostagem, e ilustra nos primeiros dias de compostagem o material se encontra ácido, e a medida que os dias se avançam o pH vai aumentando chegando a níveis superiores a 8.

**Figura 3** - Índice de pH x período de compostagem (Fonte: Kiehl, 2002).



#### 4.6 ASPECTOS LEGAIS

A seguir, alguns Decretos e Portarias na legislação brasileira sobre o produto final da compostagem.

A lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. No artigo terceiro, considera-se como: a) fertilizante, a substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes vegetais.

O Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, aprova o regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, onde de acordo com o artigo segundo, é considerado como: b) fertilizante orgânico: produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais.

A Portaria nº 1, de 4 de março de 1983 dá especificações, garantias e tolerância para os fertilizantes orgânicos, onde no capítulo 1, item 7 diz que fertilizantes orgânicos terão as seguintes especificações e garantias:

7.1. Orgânicos simples deverão apresentar garantias, no mínimo, de acordo com as constantes da Tabela nº 2, em anexo;

7.2. Organo-minerais e “composto” deverão apresentar garantias, no mínimo, de acordo com as constantes da Tabela nº 3, em anexo;

7.3. Organo-mineral deverá ser constituído, no mínimo de 50% (cinquenta por cento) de matérias-primas orgânicas;

7.4. Na relação C/N o valor do carbono será obtido dividindo-se o teor de matéria orgânica total pelo fator 1.8, e o valor do nitrogênio será o do nitrogênio total;

7.5. A matéria orgânica total será determinada pelo método de combustão e as determinações analíticas serão referentes à matéria seca, no que couber;

7.6. Além das garantias mínimas estabelecidas, poderão ser declarados quaisquer outros componentes e propriedades, tais como ácidos húmicos, carbono orgânico determinado pelo método do bicromato, macro ou micronutrientes, componentes biológicos, capacidade de retenção de água (CRA) e capacidade de troca catiônica (CTC), desde que possam ser medidos quantitativamente, seja indicado o método de determinação e garantida à quantidade declarada.

No que diz respeito a tolerâncias permitidas entre as substâncias, a portaria indica:

10. Tolerâncias - Aos resultados analíticos obtidos serão admitidas tolerâncias em relação às garantias do produto, observados os seguintes limites:

10.9- Fertilizantes orgânicos:

10.9.1- Nitrogênio (N) total, pentóxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e óxido de potássio (K<sub>2</sub>O)- Até 10% (dez por cento para menos, isoladamente)

10.9.4- Matéria orgânica - Até 10% (dez por cento) para mais.

10.9.5 - Umidade - Até 10% (dez por cento) para menos.

10.9.6- pH - Até 10% (dez por cento) para menos.

10.9.7- Relação C/N. Até 3,0 (três) unidades para mais.

A Portaria nº 31, de 8 de junho de 1982, fixa os métodos analíticos que passam a constituir métodos padrões oficiais para análise de fertilizantes, onde os métodos para análises químicas são do Laboratório Nacional de Referência Vegetal do Ministério da Agricultura.

A Portaria nº 505, de 16 de outubro de 1998, define normas disciplinadoras para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade de produtos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal.

A Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), no seu artigo primeiro, aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a

embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organo-minerais e biofertilizantes destinados a agricultura, na forma dos anexos à presente Instrução Normativa.

Não há uma discriminação referente aos adubos orgânicos passíveis de serem utilizados na agricultura, visto que serão as entidades certificadoras que aprovarão se um composto é aceitável para essa modalidade de agricultura.

## 5 METODOLOGIA

Foi realizado levantamento bibliográfico sobre o tema compostagem de resíduos orgânicos, e também sobre técnicas de tratamento de resíduos oleosos.

A metodologia de compostagem utilizada nesse trabalho foi escolhida mediante informações obtidas junto ao Engenheiro Agrônomo Roberto Recart dos Santos, que indicou a metodologia de compostagem utilizando bombonas de 200 litros de polietileno como composteiras. O Engenheiro apresentou algumas vantagens nessa metodologia tais como o controle de umidade e temperatura, espaço reduzido do local de pesquisa, devido ao composto permanecer coberto durante o processo, bem como o armazenamento de uma quantidade razoavelmente grande de material para a realização dos experimentos.

O controle de umidade e temperatura faz-se necessário para um melhor desenvolvimento e evolução da decomposição dos resíduos, resultando em um processo muito mais rápido e eficiente. Devido ao espaço limitado para a realização dos experimentos, a metodologia das bombonas é mais aconselhável, pois as leiras ocupariam um espaço relativamente grande e assim, conseqüentemente, não seria possível realizar as repetições necessárias para obtenção de um resultado mais concreto. Em função do local não possuir estrutura coberta, o composto necessitava ser coberto a fim de evitar o excesso de água da chuva ou exposição excessiva ao sol, bem como a exposição do composto a outros fatores, onde a metodologia utilizada permite que o composto se mantenha coberto durante todo o processo. Para a obtenção de temperaturas consideradas ideais para o desenvolvimento do processo de compostagem, é necessária uma quantidade razoavelmente grande de material, por isso a metodologia utilizada é eficiente no que diz respeito à capacidade de armazenamento do composto.

O local escolhido para a realização dos experimentos foi o Horto Florestal da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), visto a que alguns materiais já se encontram no local, e também pela disponibilidade de equipamentos e por já existir um espaço com a impermeabilização do piso e o sistema de drenagem da possível geração de chorume.

## 5.1 COLETA DOS RESÍDUOS E AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS

Foi feito um levantamento dos possíveis locais onde poderiam ser adquiridos os resíduos necessários para a realização dos experimentos. Os resíduos vegetais, tais como os hortifrutigranjeiros, foram adquiridos junto a um mercado e uma fruteira da própria cidade. Foram adquiridos cerca de 400 litros de restos vegetais, equivalentes a duas bombonas de polietileno.

As estopas usadas são provenientes do pátio de máquinas da Prefeitura Municipal de Criciúma (PMC) e também junto a uma empresa de troca de óleo lubrificantes de automotores da cidade. Não foi possível estabelecer uma quantidade total de estopas coletadas, pois o resíduo foi coletado durante várias semanas.

A serragem foi adquirida junto a uma fábrica de móveis, e foram coletados três sacos de 200 litros.

Os outros materiais tais como cinza de casca de arroz, restos de poda e palha e esterco de aves já estavam disponíveis no local dos experimentos.

Foram adquiridas seis bombonas de polietileno com capacidade de 200 litros de armazenamento no valor de R\$ 30,00 a unidade.

## 5.2 MONTAGEM DAS COMPOSTEIRAS

Para que as bombonas tivessem utilidade como composteiras, elas precisavam ser adaptadas, e com isso, houve a necessidade de aquisição de outros materiais para realizar essas adaptações. As adaptações das bombonas foram feitas com uma metodologia própria, e o próprio pesquisador realizou as modificações necessárias tais como a determinação do número de buracos para aeração, bem como a porta para o revolvimento do material, tela anti-insetos entre outros.

Primeiramente com o auxílio de uma furadeira e o acessório serra copo, as bombonas foram perfuradas com o objetivo de auxiliar na aeração do composto e evitar que o mesmo fique encharcado e com alta umidade. Perfurou-se um total de quinze buracos em cada bombona, onde sete deles possuem diâmetro de 7 cm, e oito deles possuem diâmetro igual a 5 cm.

Depois de feita a primeira etapa, com o auxílio de uma serra circular (MAKITA), foi feito o recorte da porta com o objetivo de facilitar o revolvimento do composto, bem como a sua retirada depois de curado, permitindo assim que o



volume dentro da bombona seja constantemente completado. As portas foram confeccionadas em tamanho padrão com altura de 25 cm e comprimento de 30 cm facilitando a introdução de ferramentas como pás, enxadas, entre outros. A seguir foram colocadas as dobradiças nas portas e fixadas nas bombonas. Ainda utilizando a serra circular, foram feitas as tampas das bombonas que permitirão o fechamento do composto durante o processo. Após a aquisição de todos os materiais e a adaptação das composteiras foi feito o transporte até o Horto Florestal, e assim, iniciando as atividades de montagem das mesmas.

A figura 4 mostra a transformação das bombonas de polietileno, em composteiras.

**Figura 4** – Montagem das composteiras: (a) bombonas; (b) adaptação das bombonas; (c) composteira. (FONTE: MORAES, 2012).



### 5.3 EXPERIMENTO

Com o intuito de obter dados mais concretos e satisfatórios, o experimento foi dividido em dois módulos de pesquisa (Experimento A e B), onde os Experimentos A contêm percentuais inferiores a 25% de estopa no composto e o Experimentos B contêm mais que 25% de estopa. Os experimentos foram repetidos três vezes cada módulo, e assim foram classificados como A1, A2, A3, B1, B2 e B3.

### 5.4 LIMPEZA DA ÁREA E MONTAGEM DAS COMPOSTEIRAS

Observou-se a necessidade de limpeza do local de estudo, e assim foram retirados do local de pesquisa os materiais que não seriam utilizados tais como, galhos, folhas, lixo, resíduo de construção civil, outros tipos de resíduos (Figura 5).

**Figura 5** – Limpeza do local. (FONTE: MORAES, 2012).



Em seguida, foi colocada uma fina camada de serragem sobre o piso com o objetivo de evitar possíveis vazamentos de óleos e graxas. Na montagem das



composteiras, há a necessidade da utilização de água para umedecer o composto, podendo assim ocorrer vazamentos de óleo durante o processo.

Com o intuito de obter uma facilidade na degradação das estopas, e conseqüentemente uma degradação mais acelerada, as estopas foram submetidas ao processo de trituração, e assim foram desmanchadas suas costuras e transformadas em tiras de pano sujo de óleo. A fim de obter uma homogeneização do composto, os resíduos vegetais, tais como frutas, verduras e legumes foram cortados e misturados à palha.

A figura 6 mostra as estopas contaminadas, após o processo de trituração manual.

**Figura 6** - Estopas trituradas (FONTE: MORAES, 2012).



As bombonas foram dispostas no local de pesquisa. Antes de iniciar a mistura dos materiais, foi colocado no interior das bombonas, uma tela anti-insetos com o objetivo de impedir a entrada de insetos, roedores e outros animais no composto.

As composteiras foram dispostas em duas fileiras sendo a primeira do

experimento A e a segunda do experimento B, com espaçamento para facilitar o acesso.

## 5.5 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA MISTURA

Na montagem, os resíduos orgânicos foram dispostos em camadas, na seguinte ordem: serragem, estopas trituradas, resíduos vegetais, esterco de aves e cinza de casca de arroz, aplicando-se água na montagem de cada camada.

Os materiais utilizados no composto têm as características mostradas na tabela 2.

**Tabela 2** - Composição de alguns materiais de origem vegetal empregados no preparo do composto (resultados em material seco a 110°C).

Material	M.O(g/kg)	C/N	C*(g/kg)	N(g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/kg)	K <sub>2</sub> O (g/kg)
Arroz (cascas)	850,0	63/1	472,5	7,5	1,5	5,3
Esterco de galinha	540,0	10/1	304,0	30,4	47,0	18,9
Serragem de madeira	934,5	865/1	519,0	0,6	0,1	0,1
Resíduos Vegetais**	**	**	**	**	**	**
Estopas contaminadas***	***	***	***	***	***	***

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

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985).

\* o teor de C (g/kg) foi calculado com base na relação C/N e teores de N informados pelo autor.

\*\* não foi possível estipular valores referentes devido à diversidade dos materiais utilizados.

\*\*\* não foi encontrado valores para este tipo de resíduo.

De acordo com Oliveira (2003), a compostagem com resíduos oleosos apresenta um fator limitante quanto ao teor de óleos e graxas, onde teores maiores do que 25% podem inibir o processo impedindo a passagem de ar na massa. A partir desse pressuposto, o experimento foi dividido em dois módulos de pesquisa, onde o experimento A foi realizado utilizando teores menores do que 25% de estopas no

total do composto. Portanto foi colocado um total de 40 kg de resíduos vegetais, onde 50% desse material são ricos em carbono e 50% ricos em nitrogênio, com o objetivo de regular a relação C/N da mistura para iniciar a compostagem. Os resíduos vegetais são principalmente os restos de alimentos provenientes de fruteiras e mercado da cidade, bem como restos de poda e palha. Como as estopas contaminadas com óleo e graxa contem grande quantidade de carbono, foi realizada uma regulagem na relação C/N um pouco diferenciada, com o objetivo de suprir essa alta demanda de carbono. Foram inseridas mais matérias verdes na mistura, com o objetivo de suprir a necessidade de nitrogênio e assim, acelerar o início do processo de compostagem. Foram utilizados 15 kg de estopas contaminadas com óleos e graxas com o objetivo de alcançar 15% de estopas no total da massa, respeitando o fator limitante menor do que 25% de óleos e graxas. Foi misturado 20 kg de serragem misturado com cinza de casca de arroz e 25 kg de esterco de aves, totalizando 100 kg de material no experimento.

O experimento B foi realizado utilizando teores maiores do que 25% de estopa no total do composto, portanto foi colocado um total de 40 kg de resíduos vegetais, 35 kg de estopas contaminadas com óleos e graxas com o objetivo de alcançar 30% de estopas no total da massa, desrespeitando o fator limitante menor do que 25% de óleos e graxa. Foi misturado 20 kg de serragem misturado com cinza de casca de arroz e 25 kg de esterco de aves, totalizando 120 kg de composto. No experimento B, também foi regulado a relação C/N em função do alto índice de carbono das estopas, e assim foram adicionados mais materiais ricos em nitrogênio. Cada camada foi regada com o objetivo de umedecer o composto.

Para que o composto receba oxigênio necessário no seu interior, utilizaram-se três bambus amarrados verticalmente no centro de cada bombona, facilitando a passagem de oxigênio para o meio do composto.

Após montadas todas as seis bombonas, elas foram fechadas e a área foi isolada com fita bloqueando a passagem de pessoas não autorizadas.

A figura 7 demonstra os experimentos depois de realizado todo o processo de montagem das composteiras.

**Figura 7** – Experimento montado (FONTE: MORAES, 2012).



## 5.6 MONITORAMENTO

O monitoramento dos experimentos foi realizado a cada três dias, onde foram monitorados parâmetros como temperatura e umidade. A temperatura das composteiras foi medida através da utilização de dois termômetros do tipo vara. A umidade foi monitorada de modo visual, e também através da utilização da metodologia da frigideira. No 45º dia, bem como no 60º dia e no 80º dia, foram realizados testes de umidade utilizando essa metodologia, de modo a determinar o teor de umidade do composto.

O composto foi revirado e regado sempre que houvesse a necessidade com o objetivo de homogeneização da massa, assim como da aeração e do controle da temperatura e umidade.

### 5.6.1 Monitoramento da temperatura

O monitoramento da temperatura foi feito a cada três dias por meio de dois termômetros de vara colocados nas composteiras por cerca de 10 minutos e depois registrado em uma planilha. Os valores vão revelar o desempenho do processo de degradação microbiana e a necessidade de qualquer medida corretiva caso ocorram temperaturas muito elevadas ou baixas na fase ativa da degradação. Temperaturas muito altas são controladas a partir do revolvimento do composto, e temperaturas baixas sugerem baixos teores de umidade, ou outro problema que esteja afetando a atividade do processo.

### 5.6.2 Revolvimento do composto

Durante o processo de compostagem faz-se necessário o revolvimento do composto semanalmente, sendo que esta operação tem vários objetivos. Segundo Fernandes e Silva (2008), o revolvimento do composto tem objetivo de aerar, aumentar a porosidade do meio, diminuir a granulometria, homogeneizar a mistura, expor as camadas externas às temperaturas mais elevadas no interior do composto, diminuir a umidade.

O primeiro revolvimento dos compostos foi realizado após 15 dias da montagem das composteiras, e repetiu-se a cada 10 dias, ou sempre que foi observada necessidade.

### 5.6.3 Testes de Umidade

A umidade foi verificada pelo método convencional da mão e visual, e também pelas temperaturas do composto. Assim foi verificado se a massa do composto tinha um aspecto “úmido” ou seco, o se estava com mau cheiro. A massa não poderia estar muito encharcada, pois, segundo RICHARD (1996) apud BLUND et al., (1998) isso iria afetar a porosidade dificultando a aeração, favorecendo a anaerobiose.

Para a obtenção de dados mais concretos, foi realizado teste de umidade, baseado no método da frigideira. O método é simples, prático e rápido, e o procedimento consiste em calcular o teor de umidade mediante a diferença de peso



do material. Dentre as principais vantagens do método são a significativa redução no tempo de secagem do material e possibilidade de ser empregado diretamente no campo (TAVEIRA et al., 2011).

É retirada uma quantidade de composto e pesado para mensurar a umidade em que o material se encontra. Logo após é feita a secagem desse material utilizando uma frigideira e um fogareiro. Deve-se ter o cuidado para deixar o material bem seco, portanto sem queimar o mesmo. Após a secagem, o material é pesado novamente. Assim, com a diferença encontrada do peso inicial com o peso final, obtemos o peso da água, e o peso do material seco (TAVEIRA et al., 2011).

Foram realizados três testes de umidade para cada experimento, onde o primeiro teste foi realizado após 45 dias da montagem das composteiras, o segundo após 60 dias e o terceiro após 80 dias do início do processo.

## 5.7 ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras foram encaminhadas para análises laboratoriais no laboratório Fertilizantes e Resíduos Sólidos do IPARQUE no dia 18 de outubro de 2012 após 80 dias do início do processo de compostagem e os parâmetros analisados foram:

- Carbono Orgânico
- Nitrogênio Total (N)
- Fósforo Disponível (P)
- Potássio Disponível (K)
- pH
- CTC
- Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)
- Óleos e Graxas
- Umidade a  $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

## 5.8 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE

As amostras foram coletadas após oitenta dias do início do processo de compostagem. Foram retirados cerca de 10 kg do composto em diferentes pontos e



profundidades da composteira A1. Em seguida, depois de homogeneizado o material, separou-se cerca de 1 a 1,5 kg para respectiva análise. Repetiu-se o procedimento em cada composteira (A2, A3, B1, B2 e B3). O material coletado foi depositado em seis sacos de polietileno e transportado diretamente para o Laboratório de Fertilizantes e Resíduos Sólidos do IPARQUE (Figura 8).

**Figura 8** – Amostras para análise laboratorial (FONTE: MORAES, 2012).



## 5.9 DADOS ESTATÍSTICOS

Foram criadas tabelas com valores estatísticos com o objetivo de fazer uma avaliação entre os experimentos do tratamento A, e entre os experimentos do tratamento B. A partir dessa análise, foi possível comparar os dois tipos de tratamento. Para ambos os tratamentos, foram feitos cálculos estatísticos da média, desvio padrão, na comparação de resultados com intervalo de confiança para 5% de significância.

## 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Para a avaliação da eficiência do processo de compostagem com estopas contaminadas com óleo e graxa, foi realizado o monitoramento de alguns parâmetros nas composteiras durante o processo, tais como, temperatura e umidade.

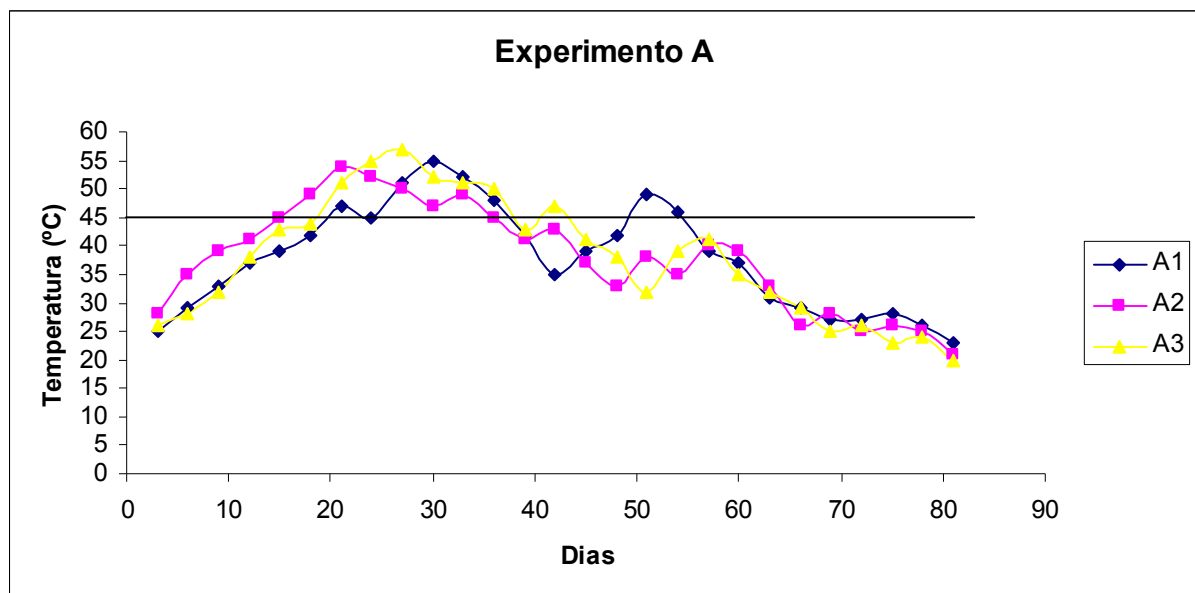
### 6.1 TEMPERATURA

Durante o processo, a mistura mostrou-se ideal ocorrendo um aumento de temperatura devido à ação dos microrganismos, passando assim da fase mesófila para termófila. Logo após, ocorreu à queda das temperaturas.

Os gráficos mostram a evolução do processo de compostagem ao longo do tempo.

A figura 9 mostra a evolução da compostagem no Experimento A.

**Figura 9** – Gráfico de comportamento da temperatura das composteiras 1,2 e 3 do experimento A.



No período compreendido entre 30 de julho e 15 de agosto, os experimentos mantiveram-se na fase mesófila, e a partir do 18º dia do início do processo, as temperaturas superaram 45°C, dando início à fase termófila. De acordo

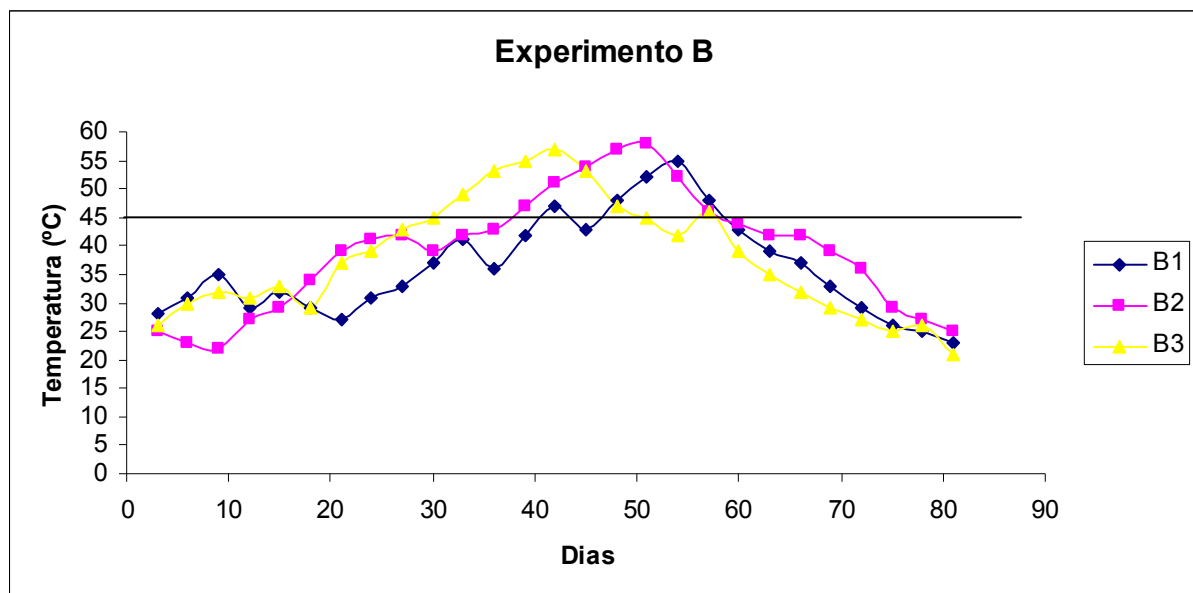
com Fernandes e Silva (2008) é acima dessa temperatura que ocorre a inertização dos agentes patogênicos.

O gráfico mostra que as três composteiras admitiram comportamento muito semelhantes umas das outras, ocorrendo à biodegradação rápida durante 18 dias. Porém, a composteira A1 entrou novamente na fase termofílica após 51 dias do início do processo e permaneceu por mais três dias, e assim foi diminuindo sua temperatura. As composteiras A2 e A3 a partir do 42º dia foram abaixando as temperaturas até chegar à temperatura ambiente.

À medida que a compostagem avança, ocorre o crescimento da superpopulação de microrganismos mesófilos, e com o crescente aumento da temperatura os microrganismos termófilos começam a atuar sobre o composto. Para que a ocorra à exterminação dos patógenos presentes no composto a temperatura deve ser mantida na fase termofílica durante pelo menos 10 dias (FERNANDES e SILVA, 2008).

A figura 10 mostra a evolução da compostagem no Experimento B.

**Figura 10** – Gráfico de comportamento da temperatura das composteiras 1,2 e 3 do experimento B.



No período compreendido entre 30 de julho e 28 de agosto, os experimentos mantiveram-se na fase mesófila. A partir do 30º dia do início do processo, as temperaturas superaram 45°C dando início à fase termofílica. Esse período maior em alcançar temperaturas superiores a 45°C em relação ao

experimento A pode-se dar devido ao teor acima de 25% de estopas dos experimentos B, fator limitante para o desenvolvimento dos microrganismos conforme literatura.

O gráfico mostra que as três composteiras admitiram comportamento muito semelhante umas das outras. Ocorreu a biodegradação rápida durante 27 dias. A partir do 60º dia a temperatura foi diminuindo até chegar à temperatura ambiente.

## 6.2 UMIDADE

A umidade foi monitorada durante todo o processo utilizando o método simples da mão. Para a obtenção de dados mais seguros e concretos, foi realizado o teste de umidade utilizando a metodologia da frigideira por três vezes durante o processo da compostagem, mostrados os resultados nas tabelas a seguir. A tabela 3 mostra os valores referentes à amostragem realizada após 45 dias do início do processo. Apresenta os dados do peso úmido, bem como a diferença do peso úmido e do peso seco e a porcentagem umidade no composto.

**Tabela 3** – Resultado do teste de umidade após 45 dias do início do processo de compostagem.

Exp.	Diferença de Peso		
	Peso úmido(g)	Úmido e Peso seco (g)	%
<b>A1</b>	73,4	38,1	51,90
<b>A2</b>	68,7	38,7	56,33
<b>A3</b>	65,3	34,4	52,67
<b>B1</b>	64,8	36,6	56,48
<b>B2</b>	65,7	32,3	49,16
<b>B3</b>	61,5	30,9	50,24

No período correspondente a 45 dias do início do processo de compostagem, pode-se observar que os teores de umidade dos compostos ficaram entre 49 a 57%, em um intervalo de confiança da média ( $\alpha=5\%$ ) entre 50,3 e 55%, correspondendo ao valor ideal para o processo segundo os autores citados.

A tabela 4 mostra os valores referentes à amostragem realizada após 60 dias do início do processo.

**Tabela 4** - Resultado do teste de umidade após 60 dias do início do processo de compostagem.

Exp.	Diferença de Peso		
	Peso úmido(g)	Úmido e Peso seco (g)	%
<b>A1</b>	22,2	8,3	37,39
<b>A2</b>	26,5	10,6	40
<b>A3</b>	31,1	14,8	47,59
<b>B1</b>	34,2	14,5	42,40
<b>B2</b>	41,1	18,6	45,25
<b>B3</b>	29,7	13,4	45,12

No período que corresponde a 60 dias do início da compostagem os teores de umidade foram reduzidos, chegando a valores entre 37 a 48%, em um intervalo de confiança da média ( $\alpha=5\%$ ) entre 39,9 e 45,9%, mantendo-se nos valores ideais para o processo, porém significativamente mais baixos que os primeiros resultados.

A tabela 5 mostra os valores referentes à amostragem realizada após 80 dias do início do processo.

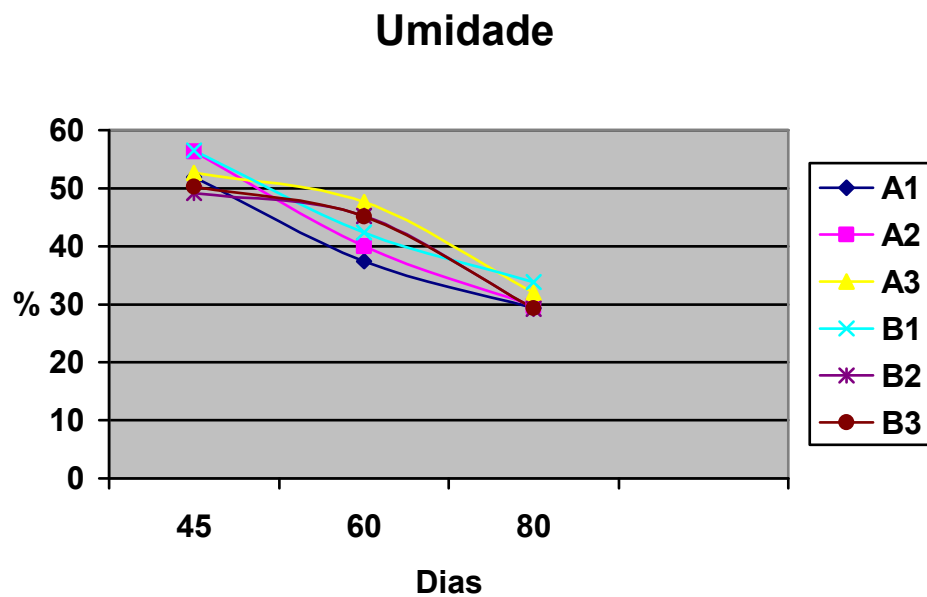
**Tabela 5** - Resultado do teste de umidade após a estabilização do processo de compostagem.

Exp.	Diferença de Peso		
	Peso úmido(g)	Úmido e Peso seco (g)	%
<b>A1</b>	35,8	10,5	29,33
<b>A2</b>	31,7	9,4	29,65
<b>A3</b>	27,5	8,8	32
<b>B1</b>	34,6	11,7	33,81
<b>B2</b>	28,1	8,2	29,18
<b>B3</b>	30,4	8,9	29,27

No período correspondente a 80 dias do início do processo de compostagem os teores de umidade foram reduzidos entre 29 e 33%, em um intervalo de confiança da média ( $\alpha=5\%$ ) entre 29 e 32%, portanto, significativamente mais baixo que os resultados anteriores.

A figura a seguir mostra o gráfico dos teores de umidade, nos respectivos dias, 45, 60 e 80.

**Figura 11** – Gráfico de comportamento da umidade após 45, 60 e 80 dias



Como pode-se observar na figura 11, os teores de umidade estão dentro dos ideais apresentados pelos autores citados no referencial, e assim, ao longo dos 80 dias de compostagem, ocorreu a queda dos teores de umidade. Com 45 dias de compostagem, as composteiras apresentaram média de 53% de umidade no composto. Aos 60 dias de compostagem, a umidade cai, ficando em torno de 43%. Ao completar os 80 dias de compostagem, os teores de umidade das composteiras ficam na média de 25%. Os valores referentes à umidade apresentados acima, são provenientes da metodologia da frigideira, ou seja, uma metodologia empregada no campo, e com isso, sem qualquer controle de temperatura e pressão, porém, a metodologia é uma excelente maneira de verificar os teores de umidade ideais para o processo de compostagem.

### 6.3 DEGRADAÇÕES DAS ESTOPAS CONTAMINADAS

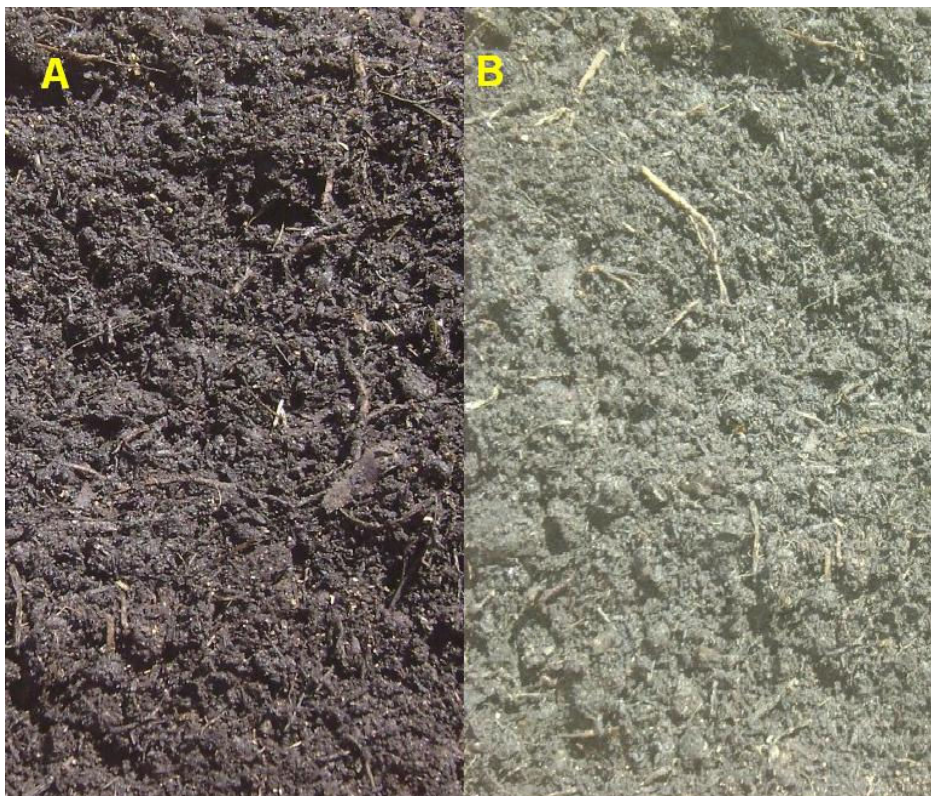


A partir da análise visual dos compostos, percebeu-se que grande parte das estopas contaminadas se degradou e desapareceu, porém, isso não deve ser considerado um indicador de que os óleos e graxas também tenham sido degradados juntamente com o pano sujo.

Como as estopas utilizadas no experimento eram retalhos de diferentes tipos de tecidos, as que apresentaram maior resistência à degradação dos microrganismos permaneceram no composto. Os experimentos do tratamento B, por terem maior teor de resíduo (mais do que 25%), apresentaram mais retalhos que não foram degradados do que no tratamento A. A partir de um tempo maior de compostagem, todos os retalhos de pano sujo seriam degradados por completo, tanto no tratamento A, como no tratamento B.

A figura 12, demonstra a comparação da degradação das estopas entre o tratamento A e o tratamento B.

**Figura 12** – Comparação da degradação das estopas entre o tratamento A e o tratamento B (Fonte: MORAES, 2012).



#### 6.4 RESULTADOS LABORATORIAIS

Os parâmetros citados neste trabalho foram analisados no laboratório de Fertilizantes e Resíduos Sólidos do IPARQUE utilizando metodologias segundo a Instrução Normativa nº 28, de 27 de julho de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece os métodos analíticos oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos.

A tabela 6 mostra os resultados obtidos após análise das amostras em laboratório após oitenta dias do início do processo de compostagem.

**Tabela 6** – Resultado das análises físico-químicas das composteiras A1, A2, A3, B1, B2 e B3.

Parâmetro	Unidade	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Nitrogênio (N)	%	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,9
Fósforo (P)	%	2,3	1,3	2,1	2,4	2,4	2,3
Potássio (K)	%	0,31	0,24	0,28	0,33	0,4	0,3
Carbono Orgânico	%	28,3	29,1	22,9	23,7	20,4	20,9
CTC	mmol/kg	637,6	735,6	567,4	422,4	388,6	431,8
CTC/C		22	25	25	18	19	20
C/N		23	26	21	24	23	23
pH	0,01 mol/L	6,4	6,3	6,4	6,6	6,8	6,7
Óleos e Graxas	%	ND*	ND*	ND*	0,03	0,02	0,13
Umidade	%	60,73	61,84	60,15	58,43	59,62	58,78

\*ND = Não Detectado

A partir das análises físico-químicas, constatou-se que no tratamento A não foi detectado a presença de óleos e graxas nas suas amostras, confirmando a eficiência do processo, e assim, estabilizando o resíduo, que deixou de ser Classe I.

No tratamento B foi detectada a presença de óleos e graxas em suas amostras, porém em teores muito baixo, e assim caracterizando a contaminação do composto.

Os experimentos B apresentavam maior teor de estopas contaminadas com óleos e graxas do que os experimentos A, portando, essa condição pode ter sido um fator limitante na degradação dos óleos e graxas do composto no experimento B.



O pH das amostras se mantiveram na faixa de 6 a 7, o que é absolutamente aceitável tanto para a estabilização do resíduo, quanto para a sua utilização como fertilizante orgânico.

Os resultados das análises químicas do composto produzido (Tabela 6) mostram que os mesmos possuem altos teores de nutrientes, em especial o fósforo (P) e carbono (C).

Os valores de CTC também foram considerados ótimos, visto que quanto maior o CTC de um solo ou substrato, maior será a sua capacidade de retenção de cátions, proporcionando a possibilidade de incrementos de elementos como cálcio, magnésio e potássio, aumentando assim a fertilidade do composto.

A relação C/N apresentada nas análises foi considerada relativamente alta, pois segundo Kiehl (2002) o produto final ideal deve ter uma relação C/N entre 8/1 e 12/1. Isso pode ser associado aos altos valores de carbono presentes nos óleos e graxas. O percentual de Carbono Orgânico foi o indicador considerado elevado nos resultados das amostras, e assim confirmando os altos índices das relações C/N. Por outro lado, uma relação C/N alta pode proporcionar uma maior estabilidade do composto, usado como fertilizante, em campo, especialmente em climas tropicais. Uma relação baixa propicia a mineralização rápida da matéria orgânica, o que é ótimo em termos de suprimento da demanda das plantas cultivadas. Ocorre que em climas tropicais, com temperatura e umidade altas, uma rápida mineralização da matéria orgânica do composto pode ser traduzida como perdas por lixiviação. Assim, um composto com uma relação C/N mais alta pode propiciar uma mineralização mais lenta, com solubilização e disponibilização de nutrientes por um tempo mais longo para as plantas cultivadas.

Conforme o artigo segundo do anexo I da IN n° 25 de 23 de julho de 2009 o composto produzido é classificado como Classe B, que cita que o fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

## 6.5 RESULTADOS ESTATÍSTICOS

As tabelas 7 e 8 mostram os resultados estatísticos do tratamento A e do tratamento B, onde a partir desses valores foi possível fazer um comparativo entre os dois tratamentos.

**Tabela 7** – Resultados estatísticos referentes ao tratamento A.

Parâmetro	Unidade	Tratamento A			
		MÉDIA	DESVIO PADRÃO	Intervalo de Confiança	
				Maior	Menor
Nitrogênio (N)	%	1,13	0,06	1,28	0,99
Fósforo (P)	%	1,9	0,53	3,21	0,59
Potássio (K)	%	0,28	0,04	0,36	0,19
Carbono Orgânico	%	26,77	3,37	35,14	18,39
CTC	mmol/kg	646,87	84,48	856,75	436,98
CTC/C		24	1,73	28,3	19,7
C/N		23,33	2,52	29,59	17,08
pH	0,01 mol/L	6,37	0,06	6,51	6,22
Óleos e Graxas		ND*	ND*	ND*	ND*
Umidade	%	60,91	0,86	63,04	58,77

\*ND = Não Detectado

Os valores apresentados pelo tratamento A revelaram a ausência de óleos e graxas no composto, confirmando a eficiência do tratamento, que apresentou ainda valores considerados altos para os macronutrientes N, P e K, onde o nitrogênio (N) apresentou média de 1,13%, o fósforo (P) 1,9% e o potássio (K) 0,28%, baseado no Teste t com 95% de probabilidade.

A média dos três experimentos para o pH ficou em 6,37 mol/L, considerado adequado tanto para descarte, quanto para a utilização no solo.

**Tabela 8** – Resultados estatísticos referentes ao tratamento B.

Parametro	Unidade	Tratamento B			
		MÉDIA	DESVIO PADRÃO	Intervalo de Confiança	
				Maior	Menor
Nitrogênio (N)	%	0,93	0,06	1,08	0,79
Fósforo (P)	%	2,37	0,06	2,51	2,22
Potássio (K)	%	0,34	0,05	0,47	0,22
Carbono Orgânico	%	21,67	1,78	26,09	17,25
CTC	mmol/kg	414,27	22,72	470,71	357,82
CTC/C		19	1	21,48	16,52
C/N		23,33	0,58	24,77	21,9
pH	0,01 mol/L	6,7	0,1	6,95	6,45
Óleos e Graxas	%	0,06	0,06	0,21	0
Umidade	%	58,94	0,61	60,46	57,42

Os valores apresentados pelo tratamento B revelaram a presença de óleos e graxas no composto, caracterizando a ineficiência do tratamento em relação ao tempo de compostagem. Talvez seja possível eliminar os teores de óleos e graxa com um tempo maior de degradação microbiana.

O tratamento B apresentou ainda valores considerados alto para os macronutrientes N, P e K, onde o nitrogênio (N) apresentou média de 0,93%, o fósforo (P) 2,37% e o potássio (K) 0,34%, baseado no Teste t com 95% de probabilidade.

A média dos três experimentos para o pH ficou em 6,7 mol/L, considerado adequado tanto para descarte, quanto para a utilização no solo.

Analisando a Tabela 7 e a Tabela 8, é possível afirmar que os dois tratamentos apresentaram comportamento muito semelhante entre si, mesmo apresentando resultados positivos e negativos para óleos e graxas, ou seja, não há diferença entre o tratamento A e o tratamento B.

Os experimentos B sofreram com o fator limitante das estopas contaminadas, e com o excesso de óleos e graxas, isso pode ser comprovado pelo maior tempo para que as composteiras B1, B2 e B3 aumentassem sua temperatura até chegar à fase termofílica.

## 6.6 RECOMENDAÇÕES PARA USO DO COMPOSTO

Os compostos produzidos por ambos os tratamentos apresentaram significativos teores de nutrientes principalmente fósforo (P) e potássio (K), elevada CTC e Carbono Orgânico, bem como o pH na faixa entre 6 e 7, considerado ideal, porém, os experimentos do tratamento B acusaram a presença de óleos e graxas nas três amostras e portanto não pode ser utilizado no solo, tendo que ser descartado em local apropriado para não contaminar o meio ambiente.

O composto produzido pelo tratamento A não detectou a presença de óleos e graxas, portanto tem alto valor agrícola, comprovado pelos altos teores de N, P e K. Deve-se realizar análise de metais pesados para confirmação da qualidade do composto a ser utilizado.

Segundo o Manual de Adubação e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (2004), quando o solo apresentar teores de nutrientes muito baixos, e a adubação for indicada para uma expectativa muito alta, a dose de adubação também será muito alta. O manual sugere que para solo com deficiência muito baixa tanto de fósforo como de potássio, o ideal é a aplicação de 120 kg/ha para correção do solo. De acordo com as análises laboratoriais, e os teores de N, P e K apresentados nos laudos do composto A, é possível afirmar que a aplicação de cerca de 6.300 kg/ha do composto corrigiria o solo com déficit de fósforo, e que 5.000 kg/ha para solos pobres em potássio.

A tabela 9 mostra valores referentes aos teores de nitrogênio (N), fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ) e relação carbono/nitrogênio (C/N) de esterco de animais utilizados como adubo.

**Tabela 9** - Teores de nitrogênio, (N) fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (K<sub>2</sub>O) e relação carbono/nitrogênio (C/N) esterco de animais e compostos utilizados como adubo orgânico (teores na base seca)

Adubo	M.O.(%)	N(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	C/N
Esterco de bovinos	57	1,7	0,9	1,4	32/1
Esterco de equinos	46	1,4	0,5	1,7	18/1
Esterco de suíno	53	1,9	0,7	0,4	18/1
Esterco de ovinos	65	1,4	1,0	2,0	32/1
Esterco de aves	50	3,0	3,0	2,0	11/1
Composto Orgânico	31	1,4	1,4	0,8	
Resíduo Urbano	29	1,4	0,2	1,0	

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

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985).

Partindo dos dados da tabela acima, comparados com os resultados dos teores de nutrientes e relação C/N do tratamento A, é possível afirmar que o composto produzido apresentou teor de Nitrogênio muito semelhante à maioria dos adubos citados, e que os níveis de Fósforo e Carbono são relativamente mais elevados que os demais compostos da tabela. O composto apresentou teor de Potássio abaixo dos adubos comparados na tabela.

O composto produzido apresentou vantagens sobre os demais adubos no que diz respeito ao fósforo e ao carbono, podendo assim, com o aperfeiçoamento da técnica proposta, produzir um fertilizante com excelentes teores de fósforo e carbono.

## 7 CONCLUSÃO

O processo de compostagem foi realizado seguindo os parâmetros de temperatura, umidade, relação C/N (carbono/nitrogênio) e aeração, apresentando bom desenvolvimento durante o decorrer do processo em todos os seis experimentos.

A compostagem mostrou-se eficiente na decomposição do pano sujo de óleo, resíduo Classe I, gerado pelas oficinas mecânicas e troca de óleo nos dois módulos da pesquisa A e B. Os experimentos do módulo A (menor que 25% de estopas) apresentaram maior degradabilidade do pano contaminado do que os experimentos do módulo B (maior do que 25% de estopas).

A partir dos gráficos de temperatura, bem como das tabelas de umidade, juntamente com os dados estatísticos, pode-se afirmar que ambos os tratamentos (A e B) admitiram um comportamento muito semelhante entre si, ou seja, não há diferença entre o tratamento A e o tratamento B mesmo tendo obtidos resultados diferentes.

Os laudos laboratoriais constataram que os experimentos do módulo A não detectou a presença de óleos e graxas, enquanto que nos experimentos B foi detectada a presença dos mesmos, ainda que em baixas quantidades.

O tratamento A foi considerado eficiente na remoção total dos óleos e graxas, porém não é possível afirmar que o composto tenha a ausência de metais pesados, pois esse parâmetro não foi analisado. Já o tratamento B foi considerado ineficiente na remoção dos óleos e graxas, sendo que, a partir de um tempo maior de degradação microbiana, os óleos e graxas poderiam ter sido eliminados.

Os relatórios laboratoriais também confirmam que todos os compostos produzidos apresentam elevados teores de nutrientes, principalmente fósforo (P) e potássio (K) e elevado CTC, o que os tornam compostos com alta fertilidade. Se comprovada a ausência de metais pesados, podem ser inseridos no solo como fertilizante orgânico para diversos usos.

A compostagem das estopas contaminadas pode ser uma alternativa com significativa vantagem econômica, visto os altos custos de disposição desse tipo de resíduo em aterros específicos. Os custos de disposição de resíduos de Classe I em aterros industriais variam conforme o peso e a quantidade do mesmo, chegando a valores na faixa entre R\$ 100,00 e R\$ 300,00 para a disposição, somados ao valor

do transporte até o local a ser depositado. Com a compostagem das estopas realizada no próprio local gerador do resíduo, eliminam-se os custos de transporte e disposição final, contribuindo para a economia do processo sem prejudicar o meio ambiente.

### **Recomendações**

Trabalhos futuros podem ser desenvolvidos no sentido de complementar esta pesquisa, como:

- A realização da compostagem utilizando outra metodologia, como a do tipo leira;

- Realização de outros estudos utilizando as estopas contaminadas como resíduo em processos de compostagem valorizando as sobras orgânicas que podem ser tanto de origem de manutenção de praças e jardins, como também a parte orgânica dos resíduos sólidos domiciliares urbanos;

- Realizar análises de outros parâmetros para assegurar a eficiência do processo, tais como Metais Pesados;

- Desenvolver o uso de um surfactante para o composto, com o objetivo de reduzir o tempo de compostagem, fazendo com que os óleos e graxas não sejam um fator limitante na ação dos microrganismos.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, S. P. **Landfarming de resíduos oleosos: projeto e operação**. In: 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE PETRÓLEO. Rio de Janeiro, 1986. Anais: Rio de Janeiro, IBP, 1986. 15 p.
- BERTI, Alessandra Paim et al. **Efeitos da Contaminação do Ambiente Aquático por Óleos e Agrotóxicos**. Sabios: Revista de Saúde e Biologia, Maringá, v. 4, n. 1, p.45-51, 2009. Jan./jun. 2009. Disponível em: <<http://www.revista.grupointegrado.br/sabios/>>. Acesso em: 2 out. 2012.
- BLANCO, M. C. **Compostagem**. Disponível em: <[http://www.geocities.com.br/click\\_agua/Gincana\\_Compostagem.doc](http://www.geocities.com.br/click_agua/Gincana_Compostagem.doc)>. Acesso em: 2 out. 2012.
- BLUNDI, C. E.; CAMPOS A. L. de O. **Avaliação de Matéria Orgânica em Compostagem: Metodologia e Correlações**. Lima: n: XXVI Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, 1998 p.17.
- BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004/10.005/10.006/10.007: 2004. Resíduos Sólidos – Classificação/Lixiviação/Solubilização/ Amostragem**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>. Acesso em 8 ago. 2012.
- BRASIL. Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da República**, Brasília, 16 de dezembro de 1980. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1980-1988/L6894.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/L6894.html)>. Acesso em: 22 ago. 2012.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. **Diário Oficial da República**, Brasília, 22 de novembro de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31302.html>>. Acesso em: 12 ago. 2012.
- BRASIL. Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004. Aprova 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. **Diário Oficial da República**, Brasília, 14 de janeiro de 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm)>. Acesso em: 2 out. 2012.



BRASIL. Portaria nº31 de 8 de junho de 1982. Aprovar os métodos analíticos, em anexo, que passam a constituir métodos padrões, oficiais, para análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes sujeitos a inspeção e fiscalização previstas na legislação acima referida. Disponível em:<

[http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/arquivos/portarias/port\\_31\\_82%5B1%5D.pdf](http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/arquivos/portarias/port_31_82%5B1%5D.pdf)>

Acesso em: 21 out. 2012.

BRASIL. Portaria nº1 de 4 de março de 1983. Aprovar as normas, em anexo, sobre especificações, garantias, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos, e os modelos oficiais a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura. **Diário Oficial da República**, Brasília, 9 de março de 1983. Disponível em:<

[http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/arquivos/portarias/port\\_sefis\\_1\\_83%5B1%5D.pdf](http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/arquivos/portarias/port_sefis_1_83%5B1%5D.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2012.

BRASIL. Instrução Normativa nº25 de 23 de julho de 2009. Aprova as Normas sobre 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. **Diário Oficial da República**, Brasília, 28 de julho de 2009. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542>>. Acesso em: 21 out. 2012.

BRASIL. Instrução Normativa nº28 de 27 de julho de 2007 Aprovar os Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos. **Diário Oficial da República**, Brasília, 31 de julho de 2007. Disponível em:

<<http://www.sindical.com.br/imagens/downloads/INSTRUCAO%20NORMATIVA%20N%2028.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2012.

BRITO, E. M. S., 2004. **Degradação de Óleo por Bactérias Isoladas dos sedimentos de Manguezal da A.P.A de Guapimirim – Baía de Guanabara – RJ**. Tese de Doutorado em Geociências. Universidade Federal Fluminense.

CAMARGO, A. **Óleos Lubrificante e Preservação**. Revista O Mundo da Usinagem, 4 ed. 2003. Disponível em: <<http://www.omundodausinagem.com.br>>. Acesso em: 24 set. 2012.

COSTA, M. B. B. **Nova síntese e novo caminho para a agricultura “adubação orgânica”**. São Paulo: Ícone, 1994. 102 p.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem: **Óleo lubrificante usado: Mercado para re-refino**, 2008. Disponível em:

<[http://www.cempre.org.br/fichas\\_tecnicas.php?lnk=ft\\_oleo\\_usado.php](http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_oleo_usado.php)>. Acesso em: 18 set. 2012.

CETESB. **Aterro Sanitário**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/biogas/Aterro%20Sanit%C3%A1rio/21-Aterro%20Sanit%C3%A1rio>>. Acesso em: 12 set. 2012.

CRAPEZ, M.A.C.; Borges, A.L.N.; Bispo, M.G.; Pereira, D.C.; **Biorremediação: tratamentos para derrames de petróleo**. Revista Ciência Hoje, 30 (179): 32-37, 2002.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra M.C.P da. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. PROSAB, UEL: Londrina, 2008. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/Prosab/livros/Livro%20Compostagem.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2012.

FILHO, A. V. S.; SILVA, M. I. V. Importância das substâncias húmicas para a agricultura. 2002. Disponível em: < <http://www.emepa.org.br/anais/volume2/av209.pdf> > Acesso em: 2 set. 2012.

FILHO, Hélio Grassi. **Introdução à nutrição mineral de Plantas, 2005**. Disponível em: <<http://www.solos.esalq.usp.br/arquivos.html>>. Acesso em: 24 set. 2012

FRANCISCO, Jéferson Luiz; FRANÇA, Karime Cruz REDETEC (Rede de Tecnologias do Rio de Janeiro) – **Métodos de Tratamento de Resíduos de Petróleo – Dossiê Técnico, 2007**. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjkk>>. Acesso em: 17 set. 2012.

GATIBONI, Luciano Colpo. **Disponibilidade de Formas de Fósforo do Solo as Plantas**. 2003. 231 f. Tese (Doutorado) - UFSM, Santa Maria - RS, 2003. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/disserta%E7%F5es%20e%20teses/teses/Tese%20Gatiboni,%20Luciano%20Colpo.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2012.

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

KIEHL, Edmar José. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, E. J. Kiehl, 3ª Ed. do autor, 2002.

LIMA, Lenilde Mérgia Ribeiro. **Estudo da Degradação Térmica Oxidativa de Graxas Lubrificantes**. João Pessoa, 2009. 123f. : il. Orientadores: Antônio Gouveia de Souza e José Carlos Oliveira Santos. Tese (Doutorado) – UFPB – CCEN. Disponível em: < [http://www.quimica.ufpb.br/posgrad/teses/Tese\\_Lenilde\\_Mergia\\_Lima.pdf](http://www.quimica.ufpb.br/posgrad/teses/Tese_Lenilde_Mergia_Lima.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2012.

MACIEL, Carla do Couto Soares et al. **Potencialidade de Fungos Filamentosos em Degradar Óleos Lubrificantes**. Revista Eletrônica de Biologia. Campinas, v. 3, n. 1, p.58-64, 2010. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/reb>>. Acesso em: 2 out. 2012.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo, 251p. 1980.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 2 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. 606 p.

MARINS, M. D., MOLLICA, M. L. **Biodegradação de borras oleosas no solo**. [s.l.]: PETROBRÁS. 1988. 14 p. Comunicação Técnica nº 29/88 .

MENEZES, R. A. A.; GERLACH, J. R.; MENEZES, M. A. **Estágio Atual da Incineração no Brasil**. In: Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, VII, Curitiba, 2000. Disponível em: <[www.kompac.com.br/publicacoes/estado.htm](http://www.kompac.com.br/publicacoes/estado.htm)>. Acesso em: 21 ago. 2012.

MERCKEL, A. J. **Managing livestock wastyes**. Westport: Avi Publishing Company, 1981.

Óleos Lubrificantes. **Revista Meio Ambiente Industrial**, Ano VI, ed. 31, n<sup>o</sup> 30 Maio/Junho da 2001. Disponível em: <<http://www.rmai.com.br/>>. Acesso em: 10 set. 2012.

OLIVEIRA, D.M.; **Aplicação da Técnica de Solidificação/Estabilização para Resíduos Oleosos da Indústria Petrolífera, Utilizando Solo Argiloso e Bentonita (2003)**. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PGEA0154.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

OLIVEIRA, Selene. **Compostagem: Vermicompostagem**. Apostila elaborada para o curso de Zootecnia da UNESP/fca- Depto de Recursos Naturais, Campus de Botucatu. Botucatu: UNESP, 2001 Disponível em: <[http://www.darwinnet.org/docs/Compostagem\\_\\_\\_Vermicompostagem.pdf](http://www.darwinnet.org/docs/Compostagem___Vermicompostagem.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2012.

**Revista Meio Ambiente Industrial**, Ano VI, ed. 31, n<sup>o</sup> 30 Maio/Junho da 2001. Disponível em: <<http://www.rmai.com.br/>>. Acesso em: 10 set. 2012.

ROCCA, A. C. C. **Resíduos Sólidos Industriais**. 2 ed. rev. ampl. São Paulo: CETESB, 1993.

RUPRECHT, V. C. **Lubrificação, Fricção e Adesão, 2008**. Disponível em: <[www.uergs.edu.br](http://www.uergs.edu.br)> Acesso em: 26 ago. 2012.

RUNGE, Peter R. F. **Lubrificação Automotiva**. Trihoconcept editora técnica, 1994.

SANTOS, G. A., CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999.

SILVA, Maicon Gonçalves. **Biorremediação de solos contaminados por petróleo por diferentes técnicas de bioestimulação**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2007. Disponível em: <<http://issuu.com/maicon/docs/biorremediacao>>. Acesso em: 22 out. 2012.

SILVA, Amilton Gonçalves. **A viabilidade da utilização de compostos orgânicos em solos agricultáveis**. 2008. 25p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Cafeicultura) - Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura. Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho (EAFMuz), Muzambinho, 2008.

SILVA, Erasmo César Ferreira. **Produção de Composto Orgânico**. 2008. 31p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Cafeicultura) - Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho (EAFMuz), Muzambinho, 2008.

SECRON, Marcelo Bernardes. **Avaliação de sistemas separadores água e óleo do tratamento de efluentes de lavagem, abastecimento e manutenção de veículos automotores**. Dissertação de M.Sc. UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.

TAVEIRA, M.R.;SANTOS, Marcio dos.;TAVARES, A.C.S.;ALVES Jr, José.; EVANGELISTA, A.W.P. 2011, Goiânia. **Determinação do Conteúdo de Água de Solo pelo Método da Frigideira em um Latossolo Vermelho Escuro**. Goiânia: Atrio, 2011. Disponível em:  
<<http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/mestrado/trabalhos-mestrado/mestrado-marcio-rodrigues.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2012.

TEIXEIRA, R.F.F. **Compostagem**. In: HAMMES, V.S. (Org.) Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, v.5, p.120-123.

VAN RAIJ, Bernardo. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba: Ceres / POTAFOS, 1991. 343 p.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A – Tabela nº2 da Portaria nº1 de 4 de março de 1983**

Tabela A – Especificações dos Fertilizantes Orgânicos Simples.

Orgânicos Simples	Umidade %	Matéria orgânica %	pH mínimo	C/N máximo	N %	P2O5 % mínimo
Processados de	máximo	% mínimo			mínimo	
Esterco Bovino	25	36	6	20/1	1	-
Esterco de galinha	25	50	6	20/1	1,5	-
Bagaço de cana	25	36	6	20/1	1	-
Palha de arroz	25	36	6	20/1	1	-
Palha de Café	25	46	6	20/1	1,3	-
Borra de Café	25	60	6	20/1	1,8	-
Torta de Algodão	15	70	-	-	5	-
Torta de Amendoim	15	70	-	-	5	-
Torta de Mamona	15	70	-	-	5	-
Torta de Soja	15	6	-	-	1,5	20(total), dos
Farinha de Osso	15	50	-	-	4	quais 80%
Farinha de Peixe	10	70	-	-	10	solúvel em
Farinha de Sangue	25	30	6	18/1	1	ácido cítrico 2%
Turfa e Linhita						6 (total)

**APÊNDICE B – Tabela nº3 da Portaria nº1 de 4 de março de 1983**

Tabela B – Especificações dos Fertilizantes Organo minerais e composto”.

Garantia	Organomineral	Composto
Matéria Orgânica Total	Mínimo de 25%	Mínimo de 40%
Nitrogênio Total	Conforme registrado	Mínimo de 1,0%
Umidade	Máximo de 20%	Máximo de 40%
Relação C/N	-----	Máximo de 18/1
Índice de pH	-----	Mínimo de 6,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O	Conforme registrado	-----
Soma NPK, NP, PK ou NK	Mínimo de 12%	-----

**APÊNDICE C – Anexo II da IN nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Tabela C – Especificações dos Fertilizantes Orgânicos Simples

\*(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C)

Orgânico simples processado	U% máx.	pH	*C org% mín.	N% mín.	*CTC mínimo	*CTC/C mínimo
Estercos e camas	40	Conforme Declarado <sup>(1)</sup>	20	1	Conforme Declarado <sup>(1)</sup>	Conforme Declarado <sup>(1)</sup>
Tortas vegetais	40		35	5		
Turfa	40		15	0,5		
Linhita	40		20	0,5		
Leonardita	40		25	0,5		
Vinhaça <sup>(2)</sup>	-		3	-		
Parâmetros de referência para outros fertilizantes orgânicos simples	40		15	0,5		

<sup>(1)</sup> É obrigatória a declaração no processo de registro de produto.

<sup>(2)</sup> Deverá ser declarado o teor de potássio.

**APÊNDICE D – Anexo III da IN nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Tabela D - Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos

\*(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C)

Garantia	Misto/composto				Vermicomposto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
Umidade (máx.)	50	50	50	70	50
N total (mín.)	0,5				
*Carbono orgânico (mín.)	15				10
*CTC <sup>(1)</sup>	Conforme declarado				
pH (mín.)	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0
Relação C/N (máx.)	20				14
*Relação CTC/C <sup>(1)</sup>	Conforme declarado				
Outros nutrientes	Conforme declarado				


<sup>(1)</sup> É obrigatória a declaração no processo de registro de produto.



**ANEXOS**




Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC  
 Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT  
 Laboratório de Análises de Solos, Corretivos e Fertilizantes

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 584-1/2012			
DADOS DO CLIENTE			
Cliente: CIRO DANDOLINI DE MORAES			
Endereço: Rua Urussanga – Centro – Criciúma - SC			
CEP: 89810-000		Telefone: (048) 9917-2986	
Contato: Ciro Dandolini de Moraes			
DADOS DA AMOSTRA			
Descrição da Amostra: Composteira A1			
Data da Coleta: 18/10/2012		Data de entrada no laboratório: 18/10/2012	
Ponto de Coleta: Horto Unesc – A1		Coletor: Cliente	
Interessado: Cliente		Nº Amostra Lab.: 70804	
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS			
Parâmetros	Resultados		Métodos Analíticos
	“Tal qual”	“Seca a 65°C”	
Nitrogênio Total (%)	0,5	1,2	Kjeldahl – Liga de Raney
Fósforo Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	0,9	2,3	Gravimétrico – Quimociac
Potássio (K <sub>2</sub> O) sol. em água (%)	0,12	0,31	Espectrof. De Abs. Atômica <sup>(1)</sup>
Carbono Orgânico (CO) (%)	11,1	28,9	Volumétrico – Oxid. c/ K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
CTC (mmol/kg)	250,4	637,6	Volumétrico – NaOH
Relação CTC/C	22/1	22/1	Cálculo (CTC/C)
Relação C/N	23/1	23/1	Cálculo C/N
pH em CaCl <sub>2</sub> (0,01 mol/L)	6,4	-	Potenciométrico
Óleos e Graxas (%)	ND	-	Extração Soxhlet
Umidade a 65°C (%)	60,73	-	Gravimétrico
<b>Observações:</b> - Metodologias segundo a Instrução Normativa Nº 28, de 27 DE JULHO DE 2008 – Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. - <sup>(1)</sup> Elemento analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Chama. - (%) = percentagem mássica. - ND = Não Detectado. - O cliente é o responsável pela amostragem e descrição da amostra. - Este relatório substitui o relatório de ensaio nº 584/2012 para acrescentar resultados na base “Tal qual”.			
Criciúma, 08 de novembro de 2012.			
 Responsável Técnico Química Teresinha Lúcio - CRQ 13200109			
Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.			




Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC  
 Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT  
 Laboratório de Análises de Solos, Corretivos e Fertilizantes

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 585-1/2012			
DADOS DO CLIENTE			
Cliente: CIRO DANDOLINI DE MORAES			
Endereço: Rua Urussanga – Centro – Criciúma - SC			
CEP: 89810-000		Telefone: (048) 9917-2986	
Contato: Giro Dandolini de Moraes			
DADOS DA AMOSTRA			
Descrição da Amostra: Composteira A2			
Data da Coleta: 18/10/2012		Data de entrada no laboratório: 18/10/2012	
Ponto de Coleta: Horto Unesc – A2		Coletor: Cliente	
Interessado: Cliente		Nº Amostra Lab.: 70805	
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS			
Parâmetros	Resultados		Métodos Analíticos
	“Tal qual”	“Seca a 65°C”	
Nitrogênio Total (%)	0,4	1,1	Kjeldahl – Liga de Haney
Fósforo Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	0,5	1,3	Gravimétrico – Quimociac
Potássio (K <sub>2</sub> O) sol. em água (%)	0,09	0,24	Espectrof. De Abs. Atômica <sup>(1)</sup>
Carbono Orgânico (CO) (%)	11,1	29,1	Volumétrico – Oxid.c/ K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
CTC (mmol/kg)	280,7	735,6	Volumétrico – NaOH
Relação CTC/C	25/1	25/1	Cálculo (CTC/C)
Relação C/N	26/1	26/1	Cálculo C/N
pH em CaCl <sub>2</sub> (0,01 mol/L)	6,3	-	Potenciométrico
Óleos e Graxas (%)	ND	-	Extração Soxhlet
Umidade a 65°C (%)	61,84	-	Gravimétrico
Observações:			
- Metodologias segundo a Instrução Normativa Nº 28, de 27 DE JULHO DE 2008 – Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.			
- <sup>(1)</sup> Elemento analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Chama.			
- (%) – percentagem mássica.			
- ND – Não Detectado.			
- O cliente é o responsável pela amostragem e descrição da amostra.			
- Este relatório substitui o relatório de ensaio nº 585/2012 para acrescentar resultados na base “Tal qual”.			
*****			
Criciúma, 08 de novembro de 2012.			
 Responsável Técnico Química Teresinha Lúcio - CRQ 13200109			
Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.			




Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC  
 Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT  
 Laboratório de Análises de Solos, Corretivos e Fertilizantes

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 586-1/2012			
DADOS DO CLIENTE			
Cliente: CIRO DANDOLINI DE MORAES			
Endereço: Rua Urussanga – Centro – Criciúma - SC			
CEP: 89810-000		Telefone: (048) 9917-2986	
Contato: Ciro Dandolini de Moraes			
DADOS DA AMOSTRA			
Descrição da Amostra: Composteira A3			
Data da Coleta: 18/10/2012		Data de entrada no laboratório: 18/10/2012	
Ponto de Coleta: Horto Unesc – A3		Coletor: Cliente	
Interessado: Cliente		Nº Amostra Lab.: 70806	
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS			
Parâmetros	Resultados		Métodos Analíticos
	“Tal qual”	“Seca a 65°C”	
Nitrogênio Total (%)	0,4	1,1	Kjeldahl – Liga de Haney
Fósforo Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	0,8	2,1	Gravimétrico – Quimocías
Potássio (K <sub>2</sub> O) sol. em água (%)	0,11	0,28	Espectrof. De Abs. Atômica <sup>III</sup>
Carbono Orgânico (CO) (%)	9,1	22,9	Volumétrico – Oxid.º/ K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
CTC (mmol/kg)	225,1	567,4	Volumétrico – NaOH
Relação CTC/C	25/1	25/1	Cálculo (CTC/C)
Relação C/N	21/1	21/1	Cálculo C/N
pH em CaCl <sub>2</sub> (0,01 mol/L)	6,4	-	Potenciométrico
Óleos e Graxas (%)	ND	-	Extração Soxhlet
Umidade a 65°C (%)	60,15	-	Gravimétrico
Observações: - Metodologias segundo a Instrução Normativa Nº 28, de 27 DE JULHO DE 2008 – Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. - <sup>(1)</sup> Elemento analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Chama. - (%) = percentagem mássica. - ND = Não Detectado. - O cliente é o responsável pela amostragem e descrição da amostra. - Este relatório substitui o relatório de ensaio nº 586/2012 para acrescentar resultados na base “Tal qual”. *****			
Criciúma, 08 de novembro de 2012.			
 Responsável Técnico Química Teresinha Lúcio - CRQ 13200109			
Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.			




Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC  
 Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT  
 Laboratório de Análises de Solos, Corretivos e Fertilizantes

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 587-1/2012			
DADOS DO CLIENTE			
Cliente: CIRO DANDOLINI DE MORAES			
Endereço: Rua Urussanga – Centro – Criciúma - SC			
CEP: 89810-000		Telefone: (048) 9917-2996	
Contato: Ciro Dandolini de Moraes			
DADOS DA AMOSTRA			
Descrição da Amostra: Composteira B1			
Data da Coleta: 18/10/2012		Data de entrada no laboratório: 18/10/2012	
Ponto de Coleta: Horto Unesc – B1		Coletor: Cliente	
Interessado: Cliente		Nº Amostra Lab.: 70807	
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS			
Parâmetros	Resultados		Métodos Analíticos
	“Tal qual”	“Seca a 65°C”	
Nitrogênio Total (%)	0,4	1,0	Kjeldahl – Liga de Raney
Fósforo Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	1,0	2,4	Gravimétrico – Quimocian
Potássio (K <sub>2</sub> O) sol. em água (%)	0,14	0,33	Espectrof. De Abs. Atômica <sup>(1)</sup>
Carbono Orgânico (CO) (%)	9,8	23,7	Volumétrico – Oxid.º/ K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
CTC (mmol/kg)	175,6	422,4	Volumétrico – NaOH
Relação CTC/C	18/1	18/1	Cálculo (CTC/C)
Relação C/N	24/1	24/1	Cálculo C/N
pH em CaCl <sub>2</sub> (0,01 mol/L)	6,6	-	Potenciométrico
Óleos e Graxas (%)	0,03	-	Extração Soxhlet
Umidade a 65°C (%)	58,43	-	Gravimétrico
Observações:			
- Metodologias segundo a Instrução Normativa Nº 28, de 27 DE JULHO DE 2008 – Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.			
- <sup>(1)</sup> Elemento analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Chama.			
- (%) = percentagem mássica.			
- O cliente é o responsável pela amostragem e descrição da amostra.			
- Este relatório substitui o relatório de ensaio nº 587/2012 para acrescentar resultados na base “Tal qual”.			
Criciúma, 08 de novembro de 2012.			
 Responsável Técnico Química Teresinha Lúcio - CRQ 13200109			
Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.			




Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC  
 Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT  
 Laboratório de Análises de Solos, Corretivos e Fertilizantes

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 588-1/2012			
DADOS DO CLIENTE			
Cliente: CIRO DANDOLINI DE MORAES			
Endereço: Rua Urussanga – Centro – Criciúma - SC			
CEP: 88810-000		Telefone: (048) 9917-2988	
Contato: Ciro Dandolini de Moraes			
DADOS DA AMOSTRA			
Descrição da Amostra: Composteira B2			
Data da Coleta: 18/10/2012		Data de entrada no laboratório: 18/10/2012	
Ponto de Coleta: Horto Unesc – B2		Coletor: Cliente	
Interessado: Cliente		Nº Amostra Lab.: 70808	
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS			
Parâmetros	Resultados		Métodos Analíticos
	“Tal qual”	“Seca a 65°C”	
Nitrogênio Total (%)	0,4	0,9	Kjeldahl – Liga de Raney
Fósforo Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	1,0	2,4	Gravimétrico – Quimociac
Potássio (K <sub>2</sub> O) sol. em água (%)	0,16	0,4	Espectrof. De Abs. Atômica <sup>(1)</sup>
Carbono Orgânico (CO) (%)	8,2	20,4	Volumétrico – Oxid.ª/ K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
CTC (mmol/kg)	156,9	388,6	Volumétrico – NaOH
Relação CTC/C	19/1	19/1	Cálculo (CTC/C)
Relação C/N	23/1	23/1	Cálculo C/N
pH em CaCl <sub>2</sub> (0,01 mol/L)	6,8	-	Potenciométrico
Óleos e Graxas (%)	0,02	-	Extração Soxhlet
Umidade a 65°C (%)	59,62	-	Gravimétrico
Observações:			
- Metodologias segundo a Instrução Normativa Nº 28, de 27 DE JULHO DE 2008 – Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.			
- <sup>(1)</sup> Elemento analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Chama.			
- (%) – percentagem mássica.			
- O cliente é o responsável pela amostragem e descrição da amostra.			
- Este relatório substitui o relatório de ensaio nº 588/2012 para acrescentar resultados na base “Tal qual”.			
*****			
Criciúma, 08 de novembro de 2012.			
 Responsável Técnico Química Teresinha Lúcio - CRQ 13200109			
Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.			



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC  
 Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT  
 Laboratório de Análises de Solos, Corretivos e Fertilizantes

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 589-1/2012			
DADOS DO CLIENTE			
Cliente: CIRO DANDOLINI DE MORAES			
Endereço: Rua Urussanga – Centro – Criciúma - SC			
CEP: 89810-000		Telefone: (048) 9917-2986	
Contato: Ciro Dandolini de Moraes			
DADOS DA AMOSTRA			
Descrição da Amostra: Composteira B3			
Data da Coleta: 18/10/2012		Data de entrada no laboratório: 18/10/2012	
Ponto de Coleta: Horto Unesc – B3		Coletor: Cliente	
Interessado: Cliente		Nº Amostra Lab.: 70809	
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS			
Parâmetros	Resultados		Métodos Analíticos
	“Tal qual”	“Seca a 65°C”	
Nitrogênio Total (%)	0,4	0,9	Kjeldahl – Liga de Faney
Fósforo Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	0,9	2,3	Gravimétrico – Quimocíac
Potássio (K <sub>2</sub> O) sol. em água (%)	0,12	0,3	Espectrof. De Abs. Atômica <sup>(1)</sup>
Carbono Orgânico (CO) (%)	8,6	20,9	Volumétrico – Oxid.º/ K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
CTC (mmol <sub>c</sub> /kg)	178,0	431,8	Volumétrico – NaOH
Relação CTC/C	20/1	20/1	Cálculo (CTC/C)
Relação C/N	23/1	23/1	Cálculo C/N
pH em CaCl <sub>2</sub> (0,01 mol/L)	6,7	-	Potenciométrico
Óleos e Graxas (%)	0,13	-	Extração Soxhlet
Umidade a 65°C (%)	58,78	-	Gravimétrico
Observações:			
- Metodologias segundo a Instrução Normativa Nº 28, de 27 DE JULHO DE 2008 – Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.			
- <sup>(1)</sup> Elemento analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica – Chama.			
- (%) – percentagem mássica.			
- O cliente é o responsável pela amostragem e descrição da amostra.			
- Este relatório substitui o relatório de ensaio nº 589/2012 para acrescentar resultados na base “Tal qual”.			
*****			
Criciúma, 09 de novembro de 2012.			
 Responsável Técnico Química Teresinha Lúcio - CRQ 13200109			
Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.			