



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM MECANIZADA
PARA DEJETOS SUÍNOS**

Luciano Braga Cavaletti

Monografia apresentada ao Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Odorico Konrad

Lajeado, junho de 2014.

Luciano Braga Cavaletti

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM MECANIZADA
PARA DEJETOS SUÍNOS**

A Banca examinadora abaixo aprova a monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, na linha de formação ambiental, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental:

Prof. Dr. Odorico Konrad – Orientador
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Mestre Rafael Rodrigo Eckhardt
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Mestre Filipe Vargas Zerwes
Centro Universitário UNIVATES

Lajeado, junho de 2014.

AGRADECIMENTOS

No final deste trabalho não posso deixar de expressar o meu sincero agradecimento às pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta investigação. Assim, as minhas palavras de apreço e gratidão vão para:

- O meu orientador, Professor Doutor Odorico Konrad, pela sua dedicação, total disponibilidade e simpatia com que sempre me recebeu, pelas suas sugestões sempre pertinentes, pelos seus ensinamentos e pelo seu incondicional apoio.

- A minha família, especialmente o meu pai, a minha mãe, meus irmãos, e amigos, em particular, minha esposa Cristiane e meu filho Felipe, pelo estímulo, apoio e ajuda.

- A todos vocês, meu muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de avaliar o processo de compostagem através de uma unidade mecanizada de compostagem para tratamento de dejetos líquidos de suínos instalada no município de Capitão/RS, através da incorporação do efluente suíno em serragem de eucalipto afim de minimizar os impactos ambientais gerados pela atividade suinícola de integração, no período de outubro de 2013 a junho de 2014. Foram avaliados parâmetros de temperatura da leira de compostagem, pH do efluente líquido suíno e da serragem, determinação da matéria seca do efluente e da serragem de eucalipto, além da quantificação de minerais como Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Sódio (Na), Enxofre (S) e Boro (B) do material decomposto final. Parâmetros minerais essenciais para aproveitamento como mineralizador de áreas próprias à agricultura convencional e orgânica. Os resultados obtidos de temperaturas no processo de compostagem e o acondicionamento do efluente líquido suíno indicaram que a tecnologia do sistema de compostagem mecanizada é eficiente para o tratamento do dejetos líquido de suínos minimizando os impactos ambientais da suinocultura sobre o meio ambiente, condicionando um material decomposto adequado para uso em solos agrícolas. Com base nestes dados avalia-se o processo de compostagem mecanizada viável ambiental e socialmente a curto prazo e não viável economicamente como uma obtenção de renda atualmente.

Palavras-chave: Suinocultura. Compostagem mecanizada. Poluição ambiental. Viabilidade.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the composting process through a mechanized composting plant for treatment of liquid swine manure located in the municipality of Captain / RS, through the incorporation of swine wastewater in sawdust in order to minimize environmental impacts the pig integration activity, from October 2013 to June 2014. temperature parameters windrow composting swine effluent pH and sawdust, dry matter determination of the effluent and sawdust were evaluated beyond quantification of minerals such as nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), Copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), manganese (Mn), sodium (Na), sulfur (S), boron (B) of the decomposed material end. Essential minerals for use as parameters mineraliser to have its own conventional and organic farming areas. The results of temperature in compost and conditioning of process effluent pigs indicated that the technology of mechanized composting system is effective for the treatment of pig slurry minimizing the environmental impact on the swine environment, conditioned material decomposed suitable for use in agricultural soils. Based on these data we evaluate the process of environmental mechanized composting and socially viable in the short term and not economically viable as an income-earning currently.

Keywords: Swine. Mechanized composting. Environmental pollution. Feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Problemas a serem resolvidos no manejo dos dejetos líquidos de suínos.	23
Figura 2 – Sistema de Compostagem Mecanizada de Dejetos Suínos.	40
Figura 3 – Localização do Município de Capitão.	45
Figura 4 – Vista Superior da Área da Unidade de Compostagem.	46
Figura 5 – Acesso e Portaria da Unidade Produtora de Suínos.	47
Figura 6 – Unidade de Recalque do Dejeto Líquido de Suínos.	48
Figura 7 – Ilustração da Serragem de Eucalipto.	48
Figura 8 – Máquina Realizando a Operação de Aplicação de Dejeto Líquido e Revolvimento da Serragem.	49
Figura 9 – Máquina Aplicando o Dejeto Líquido de Suínos.	50
Figura 10 – Evaporação da Umidade	51
Figura 11 – Determinação da Temperatura com Termohigrômetro Digital.	52
Figura 12 - Definição de Amostras das Temperaturas ao Longo da Leira.	52
Figura 13 - Alturas do sensor para amostragem de temperaturas.	53
Figura 14 – Determinação do Teor de pH.	53
Figura 15 – Cadinho Calcinado e Balança de Precisão.	54
Figura 16 – Estufa Marca SP Labor e Dessecador.	55
Figura 17 – Fluxograma para Determinar Sólidos Totais e Umidade.	55
Figura 18 - Volume de Dejeto Líquido Aplicado na Unidade de Compostagem por Aplicação.	58
Figura 19 - Temperaturas no Interior da Célula de Compostagem.	59
Figura 20 - Média das Temperaturas na Altura de $\frac{1}{4}$ da Leira de Compostagem.	60
Figura 21 - Média das Temperaturas na Altura de $\frac{1}{2}$ da Leira de Compostagem.	60
Figura 22 - Média das Temperaturas na Altura de $\frac{3}{4}$ da Leira de Compostagem.	61
Figura 23 - Teores de pH do Dejeto Líquido.	62
Figura 24 - Sólidos Totais do Dejeto Líquido.	63
Figura 25 - Teores de Umidade na Serragem de Eucalipto durante o Processo de Compostagem.	64
Figura 26 - Teores de Sólidos Totais na Serragem de Eucalipto durante o Processo de Compostagem.	65
Figura 27 – Amostragem do Material Compostado ao Final de 246 Dias	72
Figura 28 – Volume de Materiais que Entraram na Unidade de Compostagem e Saíram pós Processo de Compostagem.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teores totais de nutrientes em amostras de dejetos líquido de suínos.	26
Tabela 2 – Produção média diária de dejetos por animal nas diferentes fases produtivas dos suínos.	27
Tabela 3 – Quantidade Estimada de Dejetos Líquidos de Suínos Produzidos Diariamente de Acordo com o Sistema de Produção.	27
Tabela 4 - Composição química média (mg.L ⁻¹) dos dejetos de suínos observada por diferentes autores.	29
Tabela 6 - Custos Iniciais (R\$) de Implantação das Esterqueiras.	68
Tabela 7 - Custos Iniciais (R\$) de Implantação para Unidade de Compostagem.	68
Tabela 8 – Payback (R\$) de Operação e Manutenção para Unidade de Compostagem.	71
Tabela 9 – Custos Anuais (R\$) Durante o Processo de Tratamento para 850 Suínos.	73

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

B:	Boro
C:	Carbono
Ca:	Cálcio
CH ₄ :	Metano
cm:	Centímetro
CO ₂ :	Dióxido de Carbono
Cu:	Cobre
C/N:	Carbono Nitrogênio
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO ₅ :	Demanda Bioquímica de Oxigênio durante 5 Dias
DLS:	Dejeto Líquido de Suínos
DQO:	Demanda Química de Oxigênio
Fe:	Ferro
g.m ⁻³ :	Gramas por Metro Cúbico
Ha:	Hectare
K:	Potássio
kg:	Quilograma
kg.dia ⁻¹ :	Quilograma por Dia
kg.ha ⁻¹ :	Quilograma por Hectare
kg.m ⁻³ :	Quilograma por Metro Cúbico
kg/hab/ano:	Quilogramas por Habitante por Ano
km ² :	Quilômetro Quadrado

L.dia ⁻¹ :	Relação Litro por Dia
m:	Metro
m ² :	Metro Quadrado
m ³ :	Metro Cúbico
m ³ .ha ⁻¹ :	Relação Metro Cúbico por Hectare
m ³ .ano ⁻¹ :	Relação Metro Cúbico por Ano
Mg:	Magnésio
mg.DBO ⁻¹ .L ⁻¹ :	Miligramas por Demanda Bioquímica de Oxigênio por Litro
mg.kg ⁻¹	Miligramas por Quilo
mg.L ⁻¹ :	Miligramas por Litro
Mn:	Manganês
MS:	Matéria Seca
N:	Nitrogênio
Na:	Sódio
NH ₃ :	Amônia
N ₂ O:	Óxido Nitroso
N-NTK:	Nitrogênio Orgânico
N-NH ₃ :	Nitrogênio Amoniacal
P:	Fósforo
pH:	Potencial Hidrogeniônico
PVC:	Policloreto de Vinila
RS:	Rio Grande do Sul
S:	Enxofre
ST:	Sólido Total
UFRGS:	Universidade Federal do Rio Grande de Sul
UPL:	Unidade Produtora de Leiteões
Zn:	Zinco
°C:	Grau Centígrado

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 PRODUÇÃO DE SUÍNOS NO MUNDO E NO BRASIL	16
3.2. SUINOCULTURA NO RIO GRANDE DO SUL	17
3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS DEJETOS DE SUÍNOS	19
3.4 GESTÃO AMBIENTAL NA SUINOCULTURA	21
3.5 MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS LÍQUIDOS	24
3.6 CARACTERÍSTICAS DOS DEJETOS SUÍNOS	25
3.6.1 <i>Gases nocivos</i>	28
3.6.2 <i>Impactos sobre os mananciais de água</i>	28
3.6.3 <i>Impactos no Solo</i>	30
3.6.4 <i>Impactos na Atmosfera</i>	33
3.7 IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS	35
3.8 COMPOSTAGEM COMO TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS.....	36
3.9 PARÂMETROS PARA O FUNCIONAMENTO DA COMPOSTAGEM MECANIZADA DE DEJETOS SUÍNOS	39
3.9.1 <i>Minimização dos Impactos Gerados pela Suinocultura</i>	41
4 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1 RESULTADOS DE TEMPERATURAS	58
5.2 MONITORAMENTOS DE PH	62
5.3 SÓLIDOS TOTAIS DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS	63
5.4 TEORES DE SÓLIDOS TOTAIS E UMIDADE NA SERRAGEM DE EUCALIPTO	64
5.5 ANÁLISE LABORATORIAL	66

5.6 CUSTOS PARA INSTALAÇÃO DE ESTERQUEIRAS PARA ACONDICIONAMENTO DE DEJETO LÍQUIDO SUÍNO.....	67
5.7 CUSTOS PARA INSTALAÇÃO DA UNIDADE DE COMPOSTAGEM MECANIZADA.....	68
5.8 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM MECANIZADA.....	69
5.8.1 Variáveis Técnica/Econômica do Processo de Compostagem Mecanizada.....	69
5.8.2 Variáveis Técnica/Econômica da Esterqueira para Dejeto Líquido de Suínos.....	69
5.8.3 Payback dos Sistemas de Tratamento de Dejetos Líquidos de Suínos.....	70
6 CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS	76
ANEXO I.....	82
ANÁLISE LABORATÓRIO DE SOLOS DA UNISC.....	82
ANEXO II.....	83
ANÁLISE LABORATÓRIO DE SOLOS DA UFRGS.....	83
ANEXO II.....	84
PLANILHA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURAS	84

1 INTRODUÇÃO

Um dos desafios mais importantes na preservação de meio ambiente enfrentado pela sociedade atualmente é a aplicação rápida, barata e efetiva de métodos de tratamento de resíduos perigosos e outros contaminantes do solo ou mananciais de água.

O desenvolvimento da suinocultura trouxe a produção de grandes quantidades de dejetos, o qual, pela falta de tratamento adequado, se transformou numa das maiores fontes poluidoras dos mananciais de água, através de um modelo de produção atual, caracterizado pela criação intensiva e em confinamento, concentrando grande número de animais em áreas reduzidas, aumentando o risco de contaminação ambiental.

Os dejetos líquidos de suínos caracterizam-se por elevada carga de matéria orgânica, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn), cobre (Cu) e contaminantes biológicos, assim causando grande impacto ambiental quando não manejados corretamente. A crescente concentração de suínos em pequenas propriedades, gerando grande excedente de N, P e K, tem gerado grandes conflitos entre os produtores e os órgãos ambientais, pois grande parte dos produtores não consegue atender as exigências da legislação ambiental vigente. Para se adequar a legislação ambiental é necessária grande extensão de áreas agrícola, para o manejo correto dos fertilizantes orgânicos gerados (DAÍ PRÁ et al., 2005).

Quando os dejetos líquidos são aplicados em grandes quantidades no solo ou armazenados em lagoas sem revestimento impermeabilizante durante vários anos, ocorre sobrecarga da capacidade de filtração do solo e retenção dos nutrientes dos dejetos. Quando isso acontece, alguns destes nutrientes podem atingir as águas subterrâneas ou superficiais

acarretando problemas graves como presença de coliformes fecais, mortalidade de peixes, eutrofização do meio hídrico e aumento da demanda bioquímica e química de oxigênio.

Apesar dos problemas ambientais que acompanham, a atividade ligada à suinocultura, por seus aspectos econômicos e sociais, é uma atividade que interessa ao país. Por isso vê-se a necessidade de implantação de medidas que vissem a manutenção dos limites de sustentabilidade ambiental, de forma a reduzir os prejuízos já associados ao meio ambiente.

Os dejetos de suínos por conterem elementos químicos como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn), cobre (Cu) e outros elementos em pequena proporção, quando manejados corretamente, podem auxiliar no desenvolvimento das plantas constituindo-se em nutrientes para as mesmas através da fertilização das áreas agrícolas e monitorando a qualidade do solo e do meio ambiente, consegue-se ganhos econômicos ao produtor rural (SEGANFREDO, 2007).

A interação do homem com o meio ambiente define a qualidade de vida, portanto, é necessário que os produtores e demais envolvidos com a produção animal sejam sensibilizados da importância dos fatos e passem a adotar medidas de controle para proteger e conservar o solo, a água, o ar, a fauna, a flora e a qualidade de vida humana. O manejo inadequado dos dejetos de suínos pode causar inúmeros impactos ambientais, no meio físico, biótico e socioeconômico, quanto na armazenagem, transporte e distribuição dos mesmos (OLIVEIRA, 2004).

A atual expansão da suinocultura tem como principal característica a concentração de animais por área, visando atender o consumo interno e externo de carne, produtos e derivados. Observa-se, como consequência, generalizada poluição hídrica (alta carga orgânica e presença de coliformes fecais) proveniente dos dejetos, que somada aos problemas de resíduos domésticos e industriais, tem causado sérios problemas ambientais, como a destruição dos recursos naturais renováveis, especialmente água.

Para que as zonas de produção intensiva de suínos persistam, é necessário que se encontre sistemas alternativos de produção que reduzam a emissão de odores, de gases nocivos e os riscos de poluição dos mananciais das águas superficiais e subterrâneas e do ar, pelas emissões de gás amônia (NH₃) e gás metano (CH₄). Além disso, devem solucionar os problemas

de custos e dificuldades de armazenamento, de transporte, de tratamento e de utilização técnica dos dejetos líquidos (DAÍ PRÁ, 2005).

Na tentativa de solucionar esse problema diversas instituições de pesquisa e de assistência rural vêm apontando o uso da compostagem como uma das soluções eficientes, sob o ponto de vista econômico, social e ambiental, permitindo agregar valor à essa atividade através da geração de biogás e de fertilizantes orgânicos. No mundo todo, o poder público passou a criar leis de proteção ambiental e regular atividades como a suinocultura.

O processo de tratamento de dejetos suínos através da compostagem caracteriza-se como um procedimento inovador, uma vez que se utilizam substratos de baixo custo, disponíveis em abundância na região, tais como serragem de eucalipto e pinus. O volume das camadas utilizadas para cada tipo de substrato, no processo de compostagem, corresponde a partes iguais, nas quais é aplicado o resíduo da suinocultura, objetivando a redução dos impactos ambientais locais através da redução do volume dos dejetos, emissão de odores e proliferação de insetos (OLIVEIRA, 2004).

Além dos aspectos ambientais, os processos adotados para o tratamento dos dejetos devem proporcionar agregação de valor ao resíduo final, para torná-lo autossustentável economicamente, através da valorização agrônômica do resíduo como fertilizante, a produção comercial de adubo orgânico ou a geração de energia (térmica ou elétrica) (OLIVEIRA, 2004).

O grande desafio dos produtores de suínos, é a exigência da sustentabilidade ambiental das regiões de produção intensiva, pois de um lado existe a pressão pela concentração de animais em pequenas áreas de produção, e pelo aumento da produtividade e, do outro, que esse aumento não afete o meio ambiente.

Neste contexto, o presente trabalho abordará o tratamento de dejetos de suínos através de um procedimento de compostagem, utilizando como substrato, resíduos vegetais, visando à redução do volume líquido destes dejetos, e posterior transformação em adubo orgânico sólido, contribuindo para a sustentabilidade da atividade suinícola.

2 OBJETIVOS

Para a realização do trabalho, se fez um estudo sobre a viabilidade econômica e ambiental na destinação de dejetos líquidos da cadeia de produção de suínos buscando novas tecnologias para amenizar e/ou solucionar os problemas ambientais causados pelos dejetos.

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência de uma Unidade de Compostagem Mecanizada dos dejetos líquidos em uma unidade de produção de suínos.

2.2 Objetivos Específicos

- Compostar os dejetos suínos utilizando serragem de eucalipto como substrato vegetal;
- Monitorar o processo de compostagem mecanizada no seu período de operação;
- Verificar a qualidade do composto final quanto aos parâmetros de MS, pH, ST e carga de macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e micronutrientes como Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Boro (B), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Sódio (Na) e Enxofre (S);
- Avaliar a viabilidade econômica e operacional do sistema de compostagem mecanizada de dejetos líquidos suínos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produção de Suínos no Mundo e no Brasil

A China é hoje o maior produtor mundial de carne suína, produzindo cerca de 53 milhões de toneladas (53 % do total mundial). O Brasil é o único país da América Latina, incluído na lista dos 10 maiores produtores mundiais de carne suína, tendo esta colocação melhorada ano após ano. A análise de diversos estudos realizados permite concluir que o crescimento da produção de suínos pelos países desenvolvidos tem diminuído nos últimos anos, em relação aos índices obtidos nos países que estão em desenvolvimento (ACSURS, 2007).

Esses mesmos dados permitem realizar uma estimativa, onde, em 2010, se poderia ter uma situação favorável aos países em desenvolvimento, estando estes com cerca de 60% da produção mundial. Durante o período de 1995 a 2001, o crescimento na produção de carne suína no Brasil foi de 56%, contra 7% nos Estados Unidos, 9% na Comunidade Europeia e 28% na China (ROPPA, 2002).

O rebanho suíno brasileiro tem a sua maior expressão numérica, econômica e tecnológica na região Sul, seguida, posteriormente pelas regiões Sudeste, Centro Oeste, Nordeste e Norte. Tendo em vista o tamanho continental do Brasil e a influência europeia de criação de suínos, na região Sul, onde se concentra a maior parte das indústrias e tecnologia de ponta. As regiões Sudeste e Centro Oeste têm se destacado na suinocultura brasileira, haja vista os grandes investimentos que estão sendo realizados nos estados do Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás (ACSURS, 2007).

A suinocultura é uma atividade importante do ponto de vista econômico e social, uma vez que se constitui em ferramenta de fixação do homem no campo, e instrumento de geração de empregos diretos e indiretos em toda a cadeia produtiva. O rebanho suíno nacional é estimado em 36,0 milhões de cabeças, concentrando um total na região Sul de cerca de 13 milhões de cabeças, o que representa aproximadamente, 38% do rebanho nacional (ANUALPEC, 2002).

O rebanho suíno é o segundo em número de animais quadrúpedes criados no Brasil. A oferta de suínos para abate em 2010, aumentou 1,8 % em relação ao ano de 2009. Desta forma, o país é o 3º maior produtor de suínos, onde 2.909.000 toneladas, cerca de 80% de toda a produção, foram voltadas para o mercado interno, e sendo exportadas 581.000 toneladas de carne suína alcançando o 4º lugar em exportação de carne suína, assim, o consumo de carne suína do Brasil é estimado em 15 Kg/hab/ano (ABIPECS, 2012).

A suinocultura vem se destacando cada vez mais, principalmente na região sul do país, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, sendo ela desenvolvida nas pequenas propriedades rurais, gerando renda, alimento e emprego. Acrescentam que em 2007, a produção mundial de suínos estava estimada em torno de 103.386 milhões de toneladas, sendo que de todos os tipos de carnes abatidas, a suína é que se tem a maior possibilidade de apresentar maior crescimento, segundo a Organização das Nações Unidas. Entretanto, afirmam que o Brasil vem crescendo significativamente na produção de suínos, já se destacando como um dos maiores produtores nessa área, com grandes possibilidades de expandir cada vez mais sua produção, sendo que aqui existem empresas voltadas para o abate e industrialização da carne suína e as prestadoras de serviço para as diferentes esferas da cadeia produtiva (SHIKIDA et al., 2002).

3.2. Suinocultura no Rio Grande do Sul

O Rio Grande do Sul possui uma população de 10.693.929 habitantes em uma extensão territorial de 280.674 Km², distribuídos em 479 municípios (IBGE, 2012). Segundo a ACSURS (2007), o Rio Grande do Sul conta com um rebanho de suínos de 5.653.000 cabeças. Dentro da Federação, o Rio Grande do Sul é atualmente o 2º maior produtor de suínos, ficando atrás somente do estado de Santa Catarina.

De acordo com a Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE, o Rio Grande do Sul registrou em 2011 a produção de 5.677.515 cabeças. Considerando a última década, pode-se afirmar que o Estado manteve relativamente estável o seu rebanho, sendo que a participação gaúcha na produção nacional aumentou de 13% em 2000 para 14% em 2011. Do mesmo modo que a cadeia produtiva de bovinos, a cadeia produtiva de suínos é considerada uma das mais tradicionais do Estado e possui grande importância econômica e social, poder de integração regional, possibilidade de aumento de valor agregado de seus produtos finais e de melhoria da pauta de exportações.

O rebanho suíno encontra-se presente em praticamente todo Estado embora mais concentrado no norte e nordeste, fomentado às indústrias de beneficiamento. No Rio Grande do Sul, destacam-se os municípios de Aratiba, com um rebanho médio de 93.940 cabeças no período 2009-2011, Três Passos, com média de 83.233 cabeças, seguidos de Santa Rosa, com média de 77.142 cabeças, Nova Candelária, com 74.857 cabeças, Arroio do Meio, com 72.757 cabeças, Não-Me-Toque, com 71.870 cabeças e São Pedro do Butiá, com 70.893 cabeças (ABIPECS, 2012).

Ao longo do tempo, tem sido possível constatar o surgimento de graves desequilíbrios no meio ambiente, com reflexos não apenas dos problemas econômicos e sociais, mas também da utilização abusiva dos recursos naturais. Não obstante a severidade e a gravidade de muitos outros problemas provocados pela antropização, a crise ambiental (que pode beirar o colapso, em algumas décadas) é o que nos coloca de frente com a real ameaça de extinção da vida no planeta. Os danos ao meio ambiente se sobressaem às fronteiras físicas, geográficas ou culturais e continuarão a se multiplicar enquanto o ser humano não tomar a devida consciência de que os seus atos atingem em maior ou menor intensidade, todos os ecossistemas. Mas não é preciso tanto esforço para se perceber que todos eles estão coligados e se constituem em problemas sistêmicos cuja fonte não poderia ser outra que não a consciência do próprio ser humano (EMBRAPA, 2005).

Tanto impactos no meio físico, quanto no meio biótico pode-se identificar a contaminação dos solos como possíveis consequências de erosão e conseqüente poluição das águas, impactos que correlacionados andam juntos, causando a diminuição da capacidade produtiva do solo, a maior causa de mortandade de peixes e proliferação de vetores como moscas e mosquitos transmissores de doenças. A suinocultura é reconhecida como uma atividade de grande potencial poluidor, por produzir em pequena escala, grandes quantidades

de resíduos com altas cargas de nutrientes (fósforo e nitrogênio), matéria orgânica, sedimentos, patógenos, metais pesados (cobre e zinco utilizados nas rações como promotores de crescimento, por exemplo), hormônios e antibióticos (USDA; USEPA, 1999).

Com o espaço físico reduzido nas propriedades, busca-se desenvolver um modo de manejo sustentável e assim tratar dos dejetos líquidos de suínos via processos de compostagem, pois é uma das alternativas que prometem assegurar a manutenção das zonas de produção intensiva, através da adoção deste procedimento visa-se à minimização de custos, dificuldades de tratamento e armazenamento, transporte de distribuição e de utilização na agricultura destes resíduos (OLIVEIRA, 1999, 2004; OLIVEIRA et al., 2003; PAILLAT et al., 2005).

A noção de resíduo gerado através do tempo não existe com determinação na natureza, pois é fundamentada pelos grandes acontecimentos ou ciclos naturais em que, comumente, o papel do decompositor é transformar e/ou incorporar, completamente, os materiais descartados por outros componentes do sistema, sem alterar o equilíbrio natural do ecossistema. Sendo assim, o resíduo elencado como elemento negativo e causador de degradação ambiental, são de origem antrópica e aparece, em geral, quando a capacidade de absorção natural pelo meio no qual está inserido é ultrapassada (BIDONE, 2001).

3.3 Impactos Ambientais Causados pelos Dejetos de Suínos

A quantidade total de dejetos produzido por um suíno varia de acordo com seu desenvolvimento, mas apresenta valores decrescentes em relação ao seu peso vivo por dia para a faixa de 15 a 100 kg. Cada suíno adulto produz em média de 7 a 8 litros de dejetos líquidos por dia. O atual modelo suinícola brasileiro demonstra redução do número de suinocultores com um aumento do efetivo de animais alojados por unidade criatória. Isso caracteriza um aumento de emissão de dejetos por área de produção. O efeito direto e imediato desse processo é a contaminação, acima dos níveis toleráveis, tanto dos solos agrícolas quanto das fontes hídricas para consumo humano. Por outro lado, a redução do poder poluente para 40 mg de DBO.L⁻¹ de dejetos, 15% de sólidos voláteis e redução da taxa de coliformes a 1%, requerem investimentos elevados que estão, via de regra, acima da capacidade de investimento do produtor (EMBRAPA, 2006).

A partir dos anos 80, e maior intensificação nos anos 90, diversos fatores conjunturais e estruturais tanto em nível nacional como internacional emergiram, provocando uma crise social e econômica. Isto forçou ainda mais a exploração dos recursos naturais, com agravamento da situação ambiental da região. A questão ambiental, através do descontrole do destino dos dejetos não tratados dos setores produtivo e agroindustrial, provocou a poluição das águas e do solo, com tudo devido a pressões da sociedade e dos órgãos financiadores, as agroindústrias evoluíram para a implantação sistemas de tratamento e melhoria dos processos dos tratamentos de efluentes em suas plantas industriais, porém transferindo para os suinocultores a responsabilidade sobre os problemas ambientais causados nas propriedades pela produção de suínos (SILVA, 2001).

Essa exploração excessiva dos recursos naturais resultou em uma degradação ambiental acentuada e, com consequência, a crise social e econômica, limitando o crescimento e comprometendo a continuidade do modelo de desenvolvimento da região. É relevante ressaltar a conscientização do sistema de integração e das Cooperativas sobre as falhas do sistema em geral, e dos problemas ambientais que devem ser sanados para garantir a sustentabilidade ambiental da região. O sistema desenvolveu-se fundamentado na racionalidade econômica e necessita de realimentação e inter-relação da racionalidade ambiental e da racionalidade social (BIDONE, 2001).

Na época, o modelo de desenvolvimento rural da região se baseava na exploração dos recursos naturais sem considerar o equilíbrio entre os ecossistemas, considerado infinitos pelas agroindústrias e produtores como um todo, e na intensa exploração de mão de obra barata, por ser basicamente do meio rural. O desenvolvimento rural a qualquer custo, sem preocupações com a preservação dos recursos ambientais, levou ao desequilíbrio de todo o ecossistema regional. Ressalta-se que o desenvolvimento atingido até meados os anos 80, tanto agropecuário como agroindustrial, teve a participação efetiva do Estado, através da liberação de recursos subsidiados ao produtor e pecuarista com a assistência técnica e extensão rural participativa e gratuita (SILVA, 2001).

A gravidade da contaminação depende da composição média destes dejetos, da capacidade de extração destes nutrientes pelas culturas, das doses aplicadas no solo, do tipo de solo e das quantidades aplicadas cumulativamente (SEGANFREDO, 2000 e 2007).

Outro problema elencado é que, como as rações dos suínos são concentradas, esse baixo aproveitamento desta ração resulta em alta concentração de nutrientes nesses dejetos (KONZEN, 2002). O conhecimento destes valores destes concentrados se constitui na base para um cálculo mais efetivo da quantidade a ser aplicada no solo como adubação para cada cultura, em função da produtividade pretendida.

A aplicação de dejetos líquidos de suínos sem o devido tratamento e de forma indiscriminada resultará em riscos de impacto ambiental negativo, pois há possibilidade de ocorrer contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas (SEGANFREDO, 2007).

As aplicações frequentes de dejetos líquidos de suínos podem resultar no excesso de alguns elementos, promovendo assim o desequilíbrio químico, físico e biológico do solo em questão onde for aplicado. Isso implica em resultar na absorção desbalanceada desses elementos e nutrientes pela planta, além da seletividade de espécies vegetais e alterações na biodiversidade do solo (SEGANFREDO, 2000; 2007).

Há consciência de que o ambiente é um sistema complexo, inter-relacionado com modernidade e desenvolvimento, sociedade e natureza, andando em consonância e equilíbrio com as partes. Portanto, as questões ambientais e naturais também são complexas e precisam ser avaliadas, com participação efetiva da sociedade e através de equipes multidisciplinares (KONZEN et al., 1998).

3.4 Gestão Ambiental na Suinocultura

A todos rege o direito de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, um bem de uso comum do seu povo e essencial à sadia qualidade de vida. Assim determina o Código Estadual do Meio Ambiente (Lei Estadual n.º 11.520 de 03/08/2000). Para isso, é dever de todos os cidadãos, da sociedade em geral, do Estado e do Município defender, conservar e manter o meio ambiente para as gerações presentes e futuras, garantido a proteção dos ecossistemas e o uso racional dos recursos ambientais na sua totalidade (WOLFF, 2004).

É importante lembrar que o uso, exploração e conservação dos recursos ambientais naturais, o interesse comum tem prevalência sobre o privado. A criação de suínos, assim como

qualquer outra atividade agrícola e não agrícola com potencial poluidor, deve ser dotada de sistemas de segurança contra acidentes que coloquem em risco a saúde pública e/ou o meio ambiente. Desta forma, o aproveitamento dos recursos ambientais de qualquer ecossistema, com fins econômicos privado ou não, depende de autorização do órgão competente (WOLFF, 2004).

Os dejetos suínos têm potencial poluidor muito maior que os de origem humana, inclusive também, aos impactos ambientais gerados através dos dejetos de outras criações, como de aves ou bovinos. Dados da Agência Nacional das Águas indicam que um hectare de terra agriculturável tem capacidade de absorver, sem danos aos solos e às águas, os dejetos de 20 suínos em terminação. Há vários municípios e regiões, que não possuem mais área agriculturável para se destinar ou se aproveitar os resíduos da suinocultura, pelo motivo da topografia e pela alta produção de dejetos líquidos por área. Assim, a criação intensiva de suínos no Rio Grande do Sul, praticada em sistema confinado e em lotes de reprodução, de engorda e de abate industrial, é um dos tipos de empreendimentos agropecuários de maior potencial poluidor e impacto ambiental da atualidade (WOLFF, 2004).

Nos países da Europa, a legislação ambiental é bem mais rígida com relação aos dejetos sólidos e líquidos produzidos pelos suínos e outros animais, devido à dificuldade de distribuição dos mesmos. A partir de 1991, no Brasil, começou-se a dar uma maior importância às leis ambientais, passando o Ministério Público a cobrar o cumprimento da legislação, aplicando advertências, multas e até mesmo procedendo o fechamento de unidades produtoras (DIESEL et al., 2002).

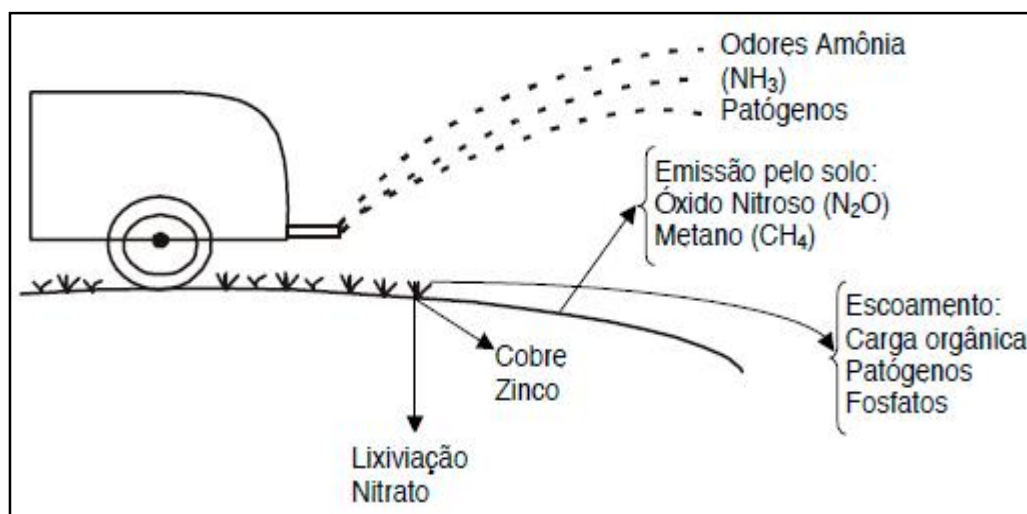
Ao aplicar-se esterco de suínos no solo agriculturável, é importante considerar o nitrogênio como critério básico, deve-se ao fato de que os adubos nitrogenados são os mais caros e os mais poluentes. O aumento da concentração de compostos nitrogenados, nas águas superficiais e subterrâneas, traz muitos riscos ambientais. Esses adubos podem ser facilmente lixiviados, devido à grande mobilidade do nitrato no perfil do solo (verticalmente), ou emitidos para a atmosfera na forma de óxido nitroso ou amônia (evaporação). Os outros nutrientes, como o fósforo e o potássio, quando aplicados em excesso no solo, podem, através da erosão, chegar facilmente aos cursos de água e causar conseqüentemente poluição (OLIVEIRA et al., 2003).

Dentre as formas de aplicação de adubação orgânica para o fornecimento de nutrientes ao solo, a aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) se destaca como uma alternativa muito

vantajosa, podendo ser utilizada na adubação de culturas para a produção de grãos, pastagens, reflorestamento, fruticultura, e até mesmo para recuperação de áreas degradadas (SEGANFREDO, 2007).

A aplicação de DLS em solos agriculturáveis possibilita o fornecimento de macros e micronutrientes, devendo assim se conhecer a composição do dejetos para a realização do cálculo do volume que deve ser aplicado para uma determinada cultura que será utilizada. Assim, a dosagem deste dejetos deverá ser calculada em função da exigência nutricional da cultura em si, conforme a expectativa de produção e a fertilidade do solo (adubação de manutenção e de correção) (SEGANFREDO, 2007).

Figura 1 – Problemas a serem resolvidos no manejo dos dejetos líquidos de suínos.



Fonte: Oliveira, 2004.

Todos os sistemas de produção exigem que os dejetos que não forem utilizados como fertilizante (excedentes) sejam tratados. O tratamento destes DLS agrupa um conjunto de ações de transformação por diferentes meios (físico, químico e biológico) com a finalidade de modificar sua composição química e consistência física agregando uma melhor qualidade final ao produto. A possível modificação da composição química do resíduo tratado é realizada pela eliminação e/ou transformação de certos elementos (N orgânico transformado em N amoniacal) e a modificação de sua parte física que na prática consiste em aumentar a concentração dos elementos (N, P e K) em uma ou outra fase do tratamento. Em se falando de tratamento de dejetos é importante ter disponível uma larga gama de soluções técnicas, devido a sua complexidade físico-química, a diversidade de situações existentes e da situação técnico-

econômica em função dos diferentes sistemas de produção de suínos existentes (SEGANFREDO, 2007).

Segundo Kiehl (1985), a adição de dejetos como material orgânico proporciona a melhoria na estrutura do solo, caracterizada pela diminuição de densidade, aumento da porosidade e da taxa de infiltração de água, além de aumentar direta e indiretamente a capacidade do solo de armazenar água na faixa de tensão disponível para as plantas, essas são características fundamentais para esses solos terem uma boa capacidade produtiva.

Os fatores que contribuiriam para a redução dos impactos ambientais da aplicação continuada de DLS no solo são o condicionamento ao emprego de sistemas de fermentação deste dejetos capaz de reduzir os riscos sanitários e ambientais, o qual atua para a mineralização dos nutrientes e a diminuição do potencial de organismos patogênicos e o emprego de práticas agronômicas conservacionistas, destacando-se aquelas voltadas para a manutenção da qualidade do solo e das águas superficiais e subterrâneas (SEGANFREDO, 2007).

A deposição de material orgânico nos solos, na forma de compostos orgânicos, influencia positivamente as propriedades do solo, aumentando sua capacidade catiônica, a disponibilidade dos nutrientes necessários para as culturas, aspectos fundamentais para os solos tropicais altamente intemperizados e ácidos (SANTOS; CAMARGO, 1999).

3.5 Manejo e Utilização de Dejetos Líquidos

No Brasil, a forma mais usual de manejo dos dejetos de suínos é o armazenamento em esterqueiras ou em lagoas facultativas e posterior aplicação no solo (KUNZ et al., 2004). Nos modelos de edificações existentes em uso nos sistemas convencionais de produção de suínos, em torno de 95 % das edificações manejam o dejetos da suinocultura em seu estado líquido (OLIVEIRA, 1995).

As esterqueiras e lagoas facultativas, desde que corretamente dimensionadas e operadas, são uma opção de baixo custo para os produtores que possuem áreas agriculturáveis suficientes, denotando que esses resíduos possam ser utilizados como fertilizante orgânico e tomadas as devidas recomendações agronômicas para essa prática devendo ser respeitado o balanço de

nutrientes, imprescindível para nortear a tomada de decisões e mitigar os impactos ambientais (SEGANFREDO, 1999).

Durante seu armazenamento na esterqueira ou lagoa, o dejetos sofre degradação anaeróbica, podendo ocorrer liberação de gases nocivos responsáveis pela geração de odores, principalmente nos meses mais quentes onde ocorre o aumento da temperatura ambiente favorecendo a atividade biológica e a volatilização destes gases. Para as esterqueiras, o tempo de armazenamento recomendado para ocorrer certa estabilização de toda a matéria orgânica e inativação de patógenos gira em torno de 120 dias (PERDOMO; OLIVEIRA, 2003).

Nos sistemas convencionais, o volume total de dejetos líquidos produzidos requer grandes estruturas para o armazenamento, pois os órgãos de fiscalização ambiental preconizam um tempo mínimo de 120 dias de retenção, e grandes áreas disponíveis para disposição dos dejetos com culturas que extraiam grande parte destes nutrientes, para o aproveitamento desses resíduos, além da disponibilidade de máquinas e equipamentos para o transporte e distribuição (OLIVEIRA; SILVA, 2004).

Como fonte de biofertilizante a utilização dos dejetos líquidos de suínos, pode ser eficaz e benéfica em aplicação em cultivo de grão e forrageiras. Porém tem se dado maior importância à capacidade produtiva da cultura e menos ênfase nos aspectos (SCHERER, 1996).

3.6 Características dos Dejetos Suínos

Os dejetos suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos dos animais, poeira e outros materiais decorrentes do processo criatório, mais a água da chuva misturada aos dejetos pelo motivo das esterqueiras na maioria não possuem cobertura (KONZEN, 1998).

Nos dejetos líquidos de suínos, a maior parte do nitrogênio presente se encontra na forma mineral, ou seja, prontamente disponível para as plantas. Entretanto, encontra-se também mais sujeito à perda por volatilização de amônia, ou lixiviação de nitrato (SCHERER; BALDISSERA, 1994).

Segundo Seganfredo (2007), fator que deve ser levado em consideração para a aplicação de DLS no solo, diz respeito à sua composição química muito variável (Tabela 1), sendo esta influenciada por fatores, como raça, idade, alimentação e tratamentos dos animais.

Tabela 1 – Teores totais de nutrientes em amostras de dejetos líquido de suínos.

Amostra	Nutrientes							
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn
	g.L ⁻¹					mg.L ⁻¹		
A	3,4	1,8	0,63	2,2	0,74	35	119	25
B	3,4	1,8	0,44	2,5	0,74	36	120	30
C	5,9	3,2	0,94	3,3	1,30	32	159	39
D	3,1	1,9	0,58	2,2	0,82	43	134	23
E	6,0	2,5	1,20	5,7	0,96	12	72	49

Fonte: Adaptado de Seganfredo (2007).

Entre os fatores que podem sofrer maior interferência do criador estão à qualidade e a quantidade de alimentos, pois quanto mais rica a alimentação, mais elementos estarão presentes nestes dejetos (SEGANFREDO, 2007).

Segundo Silva (1996), os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado, e, principalmente, da qualidade de água e nutrientes em sua composição.

Kiehl (1985) observou que os nutrientes contidos nas rações fornecidas aos suínos, entre 30 a 60% do que foi ingerido pelos animais, são convertidos em ganho de peso, sendo o restante eliminado, contudo, ainda se demonstra uma conversão que poderia ser melhor se o animal aproveitasse melhor a ração.

Scherer (1996) coletou 56 amostras de esterco líquido de suínos, em esterqueiras de unidades produtivas na região oeste do Estado de Santa Catarina, para qualificar os teores médios dos principais nutrientes contidos nestes dejetos suínos. O ferro, com valor médio de 633 g.m⁻³, mostrou ser o principal componente mineral, seguido pelo zinco com 43 g.m⁻³ e pelo manganês com 35 g.m⁻³.

Na Tabela 2, Oliveira (1993) mostra os dados obtidos, para as diferentes fases produtivas.

Tabela 2 – Produção média diária de dejetos por animal nas diferentes fases produtivas dos suínos.

Categoria	Esterco (Kg.dia ⁻¹)	Esterco e Urina (Kg.dia ⁻¹)	Dejeto Líquido (L.dia ⁻¹)
Suínos 25 a 100 Kg	2,30	4,90	7,00
Porca Gestação	3,60	11,00	16,00
Porca Lactação + Leitegada	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões Creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (1993).

Um parâmetro muito importante é a alimentação, pois ocupa um papel de destaque na determinação das características dos dejetos de suínos, onde um aumento significante na digestibilidade da matéria seca da dieta destes animais de, 85% para 90%, reduz em torno de 30% a excreção de matéria seca nas fezes (LIMA, 1996).

Segundo Konzen (2000), os dejetos coletados em sistemas de piso ripado com fossas têm um conteúdo de matéria seca que varia de 2,6% a 3,5%. No manejo em lâmina d'água e canaletas, esta variação é de 1,7% a 2,6%. Assim o conteúdo de sólidos totais dos dejetos de suínos pode sofrer variações, dependendo da diluição causada pelo maior ou menor uso da água de limpeza no sistema de higienização.

Tabela 3 – Quantidade Estimada de Dejetos Líquidos de Suínos Produzidos Diariamente de Acordo com o Sistema de Produção.

TIPO DE SISTEMA DE PRODUÇÃO	QUANTIDADE DIÁRIA DE DEJETOS
Ciclo completo	8,5 litros/matriz
Unidade produção de leitões (UPL)	45 litros/matriz
Terminador	9,0 litro/cabeça

Fonte: Adaptado de Dartora *et al.*(1988).

3.6.1 Gases nocivos

Nos sistemas de tratamento adotados considera-se a emissão de gases gerados, os principais gases emitidos pelo sistema de criação de suínos e tratamento de dejetos, dentre eles o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e os gases nitrogenados como amônia (NH₃), óxido nítrico (NO) e nitrogênio (N₂O) (KERMARREC et al., 1999; ZAHN et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2003).

Essas emissões muitas vezes são sentidas a grandes distâncias, além dos limites da área ou propriedade emissora. A maioria desses gases supracitados, além de serem tóxicos e/ou agravadores do efeito estufa, podem gerar odor desagradável. Adaptações para evitar a emissão destes gases e odores exigem grandes investimentos econômicos, tanto no modelo da edificação como nas estruturas de armazenamento e tratamento (MEDRI, 1997; TROGLIO et al., 1995; OLIVEIRA 2004).

3.6.2 Impactos sobre os mananciais de água

A poluição, provocada pelo manejo inadequado dos dejetos de suínos, cresce em importância a cada dia, seja por uma maior consciência ambiental dos produtores, como também pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade em geral (DIESEL et al., 2002).

Outra forma indireta de contaminação dos cursos d'água ocorre nas propriedades onde os dejetos são dispostos nos solos agrícolas sem prévio período de tratamento ou estabilização e sem adoção das práticas agrícolas adequadas para que os mesmos não atinjam as águas superficiais e subterrâneas e nem degradem o solo onde o dejetos é despejado. Destes procedimentos indevidos decorrem os conflitos no abastecimento público, a disseminação de doenças e contaminações, inclusive na cadeia alimentar, a propagação de bichos, ratos, moscas e outros vetores, os maus cheiros na redondeza e a perda de qualidade de vida no meio rural (WOLFF, 2004).

O problema maior e crucial na criação de suínos consiste no grande volume de dejetos produzido e na sustentabilidade da sua escala de produção. O lançamento indiscriminado de

dejetos não tratados nos recursos hídricos em geral e no solo sem uma devida atenção pode provocar doenças (hepatite, verminoses, alergias); conseqüentemente provoca desconforto à população (proliferação de insetos e odor desagradável) e, ainda, provocar impactos no meio ambiente e ecossistemas por inteiro (morte de peixes e animais, toxicidade em plantas e eutrofização dos cursos hídricos). Constitui-se, dessa forma, um risco à sustentabilidade produtiva, ambiental e expansão da suinocultura como atividade econômica (BLEY JUNIOR, 1997).

O problema do despejo de dejetos nos recursos hídricos é um processo comum nas regiões produtoras de suínos, pois resulta em um rápido aumento populacional das bactérias, a qual é a principal responsável pela extração do oxigênio dissolvido na água. As bactérias são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e pelo consumo de oxigênio para seu metabolismo e reprodução. Acelerando o procedimento de decomposição e consumindo o oxigênio na água, diminui-se consideravelmente a possibilidade de sobrevivência da fauna aquática em geral (DARTORA et al., 1998).

Observa-se, que os problemas ambientais ligados a suinocultura são ainda maiores e de solução mais difícil do que se imaginava, pondo em risco recursos hídricos, solos agrícolas, reservas vegetais, a pesca e a própria biodiversidade (WOLFF, 2004).

Tabela 4 - Composição química média (mg.L⁻¹) dos dejetos de suínos observada por diferentes autores.

Parâmetro	Duarte et al. 1992 (Portugal)	Sevrin-Reyssac et al. 1995 (França)	Medri 1997 (SC/Brasil)	Zanotelli 2002 (SC/Brasil)	Kunzet al. 2005 (SC/Brasil)
pH	7,46	-	6,90	6,87	7,30
DQO total	21670	80000	21647	26387	65090
DBO ₅ total	7280	40000	11979	-	34300
N – NTK	2150	8100	2205	2539	4530
N – NH ₃	1420	3400	-	-	2520
P total	-	7100	633	1215	1600
Sólidos totais	-	82000	17240	22867	-
Sólidos voláteis	-	66000	10266	16855	39220

Fonte: Adaptado de WOLFF (2004).

Segundo Diesel et al. (2001), a poluição ambiental por dejetos é um problema que vem se agravando na suinocultura moderna. Diagnósticos recentes têm demonstrado um alto nível de contaminação dos rios e lençóis hídricos superficiais que abastecem o meio rural como o urbano.

As águas doces superficiais são muito importantes como fonte de água potável para o homem e os animais. O aporte de íons fosfato nestas águas através do despejo de dejetos suínos funciona normalmente como nutriente determinante do crescimento de algas, ou seja, quanto mais abundante o suprimento do íon, maior será o crescimento de algas nestes cursos hídricos (BAIRD, 2002).

A tendência atual é que os impactos ambientais causados pela disposição inadequada de dejetos de origem animal aumentem, ainda mais, nos próximos anos, devido à concentração dos sistemas de produção de animais confinados. Para diminuir os danos é necessário adotar medidas para a realização de um manejo condizente com a evolução do setor produtivo (KUNZ, 2004).

3.6.3 Impactos no Solo

Quando o esterco líquido é aplicado em grandes quantidades no solo ou armazenado em lagoas não impermeabilizadas, poderá ocorrer a sobrecarga da capacidade de filtração do solo e retenção dos nutrientes do esterco. Quando isso ocorre, alguns destes nutrientes podem atingir as águas subterrâneas ou superficiais acarretando problemas de contaminação. Um dos compostos que deve ser considerado na preservação ambiental é o nitrato. Os teores de nitrato observados em lençóis freáticos de terras tratadas com grandes volumes ($160 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de esterco líquido por vários anos) foram maiores que os encontrados nas terras não tratadas (MATTIAS et al., 2004).

O destino dos metais pesado e de outros compostos orgânicos tóxicos é a sua deposição e soterramento em solos e sedimentos, sendo que os metais pesados acumulam-se, frequentemente, na camada superior do solo, onde são disponíveis para as plantas. Os materiais húmicos têm grande afinidade pelos cátions dos metais pesados, de maneira que os extraem da água que passa através deles por meio de processos de troca iônica formando complexos

insolúveis em água (BAIRD, 2002).

A presença de metais pesados (Cromo, Cobre, Arsênio, Zinco e Manganês), em grandes quantidades nos dejetos, é decorrente de altas concentrações nas rações, onde são adicionados em excesso para suprir a baixa taxa de absorção pelos suínos. No momento em que é atingida a capacidade de retenção destes metais pesados pelo solo, estes podem atingir camadas mais profundas, chegando inclusive ao lençol freático. Nas áreas de suinocultura intensiva, os dejetos são adicionados ao solo agriculturável, e devido a sua alta reatividade com os grupos funcionais da matéria orgânica e argilominerais, a tendência é de acúmulo (MATTIAS et al., 2004).

O acúmulo de metais pesados leva a uma reação intensa com os constituintes coloidais e biológicos do solo, tanto na camada superficial do solo e como dissolvidos na água. Na eventual absorção por micro organismos ou vegetais, pode apresentar altos riscos à saúde humana e ao ecossistema (AMARAL SOBRINHO, 1999).

Mattias et al. (2004), em trabalho realizado em solo, com o objetivo de analisar a movimentação vertical de cobre, zinco e manganês, sob a aplicação de dejetos líquidos de suíno, concluiu que a lixiviação de metais pesados depende muito dos atributos constituintes do solo, como teor de matéria orgânica e argila, e que aplicações de doses elevadas de dejetos sem o controle devido, podem favorecer a movimentação dos metais pesados por excederem a capacidade suporte do solo.

Conforme EMBRAPA (2006), o reaproveitamento dos dejetos como fertilizante na propriedade requer área disponível, e distanciamento dos corpos d'água (rios, açudes, córregos, lagoas, nascentes, etc.). A disposição do resíduo no solo deve obedecer aos seguintes critérios e parâmetros:

- Proceder a análise do solo ao qual o dejetos irá ser depositado;
- Seguir as recomendações técnicas de segurança sanitária;
- Não ultrapassar a capacidade de absorção do sistema solo planta;
- Utilizar técnicas adequadas de conservação do solo e distanciamento adequado dos mananciais hídricos;
- Utilizar o plantio de espécies vegetais exigentes em nutrientes como N e P.

Scherer e Nesi (2004) analisando a mobilidade dos micronutrientes catiônicos dos dejetos de suínos observaram que o zinco apresentou teores mais elevados na camada mais

superficial do solo, decrescendo rapidamente, em camadas mais profundas, indicando pouca mobilidade vertical desse elemento no perfil do solo. O zinco adicionado é retido, nas cargas negativas das superfícies dos coloides do solo, formando ligações mais estáveis, tornando-se menos móvel e pouco disponível para as plantas. Em relação ao cobre, os maiores teores foram encontrados nas camadas de solo em torno de 30 a 50 cm, indicando que boa parte do mineral adicionado a ração e descartado pelo suíno, foi translocado para camadas mais profundas do solo, sendo a causa mais provável a presença dos ácidos orgânicos, formados durante a decomposição da matéria orgânica. Em função dessa maior mobilidade, deve haver uma maior preocupação com a adição de cobre na ração animal por seu efeito acumulativo no solo, por ser um elemento que pode causar risco ambiental.

Outras medidas de redução para estes componentes limitantes, como nitrogênio, fósforo e metais pesados, devem ser adotadas através de modificações nas dietas dos suínos (FLOTATS, 2000).

Segundo Diesel et al. (2002), existem aspectos importantes relacionados à nutrição animal que poderão reduzir o potencial poluente dos dejetos e assegurar maior sustentabilidade aos sistemas de produção. Outros fatores que se destacam para a melhoria da eficiência alimentar dos animais, além do uso de nutrientes na ração, de acordo com as exigências dos animais, o emprego da técnica da restrição alimentar para suínos em algumas fases como a terminação, a redução dos níveis de cloreto de sódio, fazendo com que haja uma utilização mais racional da água e, finalmente, o uso de promotores de crescimento, como o cobre e o zinco, na forma quelatizada para reduzir a excreção.

Os dejetos de suínos podem constituir-se em fertilizantes eficientes na produção de grãos e de forragens, desde que adequadamente estabilizados, antes de sua distribuição no solo (KONZEN, 2002).

As raízes das plantas absorvem o nitrogênio na forma amoniacal ou nítrica, o fósforo nas formas de radicais iônicos e o potássio na forma catiônica. Para que a matéria orgânica possa fornecer nutrientes às plantas, necessita sofrer um processo de decomposição microbiológica, acompanhado da mineralização dos seus constituintes orgânicos. O fertilizante orgânico, portanto, ao fermentar e se decompor gera húmus e compostos minerais assimiláveis pelas plantas (KIEHL, 1985).

Os dejetos de suínos devem ser usados na fertilização de áreas agriculturáveis conforme recomendação técnica, trazendo ganhos econômicos ao produtor rural, sem comprometer a qualidade do meio ambiente e de vida da população nas regiões produtoras, agregando condicionantes ao solo, melhorando sua textura (KONZEN, 2002).

Os resultados agronômicos e econômicos da produção de grãos (milho e soja) nas pesquisas conduzidas pela EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo), com adubação de dejetos de suínos, mostram altas produtividades na ordem de 6,0 a 7,8 Ton.ha⁻¹, trazendo um custo/benefício da ordem de 38 % a 63 %, respectivamente (KONZEN, 2000).

3.6.4 Impactos na Atmosfera

A emissão de gases pode causar prejuízos às vias respiratórias do ser humano e dos animais, bem como a contribuição para a formação de chuva ácida através de descargas de amônia na atmosfera, além de contribuir para o aquecimento global. A produção intensiva de suínos acarreta outro problema grave nas regiões produtoras, que é o odor desagradável dos dejetos. Isso ocorre devido à evaporação dos compostos voláteis, que causam efeitos prejudiciais ao bem-estar humano e animal (LUCAS et al., 1999).

As emissões de gases representam uma grande preocupação para a manutenção da qualidade do ar atmosférico, devido aos seus efeitos prejudiciais na qualidade ambiental, no desconforto e na saúde humana. Os principais gases emitidos pelos sistemas de criação de suínos são o dióxido de carbono, metano e os gases amônio, óxido nitroso e nitrogênio. Estudos de qualidade do ar indicam que as emissões dos sistemas de tratamento de dejetos de suínos têm alto potencial de afetar negativamente a qualidade do ar local, regional e até globalmente (OLIVEIRA et al., 2003).

Uma das principais atividades agrícolas responsáveis pela geração de gases de efeito estufa, em especial o gás metano, é a pecuária, através da fermentação entérica dos ruminantes, e a agricultura através do manejo de resíduos animais utilizados como adubo, e principalmente o cultivo de arroz irrigado (PILLON, 2001).

O gás metano é mais efetivo do que o dióxido de carbono na absorção da radiação solar na superfície da terra. A concentração global deste gás tem aumentado a uma taxa de 1% ao

ano, sendo 80% de origem biogênica, produzido em condições de anaerobiose, ou seja, ausência de oxigênio. O metano é produzido por bactérias metanogênicas, que podem ser fermentativas, redutoras ou acetogênicas (SIQUEIRA et al., 1994).

Fukumoto et al. (2003) conduziram um estudo sobre compostagem de dejetos de suínos com sistema de aeração forçada em pilhas de diferentes tamanhos, com o objetivo de avaliar as emissões de gás amônia, óxido nitroso, óxido nítrico e metano. Os resultados indicaram um significativo aumento de emissão de óxido nitroso e metano em pilhas de maior escala de tamanho, devido ao fato de se criarem maior número de sítios anaeróbicos e com maior extensão.

A mistura do substrato aos dejetos e a conseqüente absorção da umidade é um importante fator no controle das perdas de nitrogênio por volatilização, durante o processo de compostagem. A emissão de gases ocorrida durante o processo de compostagem é um fator valioso a ser considerado. Os principais fatores que afetam as emissões gasosas em geral são os teores de nitrogênio total inicial, o regime de temperatura do material em compostagem e a frequência com a qual as pilhas são revolvidas (BARRINGTON et al., 2002).

Para Perdomo (2001), dejetos animais não tratados lançados indiscriminadamente no solo e nos mananciais hídricos causam desequilíbrios ambientais, como, por exemplo, a proliferação de vetores como moscas e borrachudos, dificultando a vida do homem do campo e da cidade. Os dejetos servem como substrato nutricional para as larvas, e em doses elevadas, pode matar os peixes que constituem os principais predadores naturais desses insetos, além de desestruturar o solo onde é aplicada sem devida recomendação técnica. Segundo a organização mundial da saúde mais de 20% das enfermidades que atingem o homem, especialmente as crianças, estão direta ou indiretamente ligadas à contaminação da água de consumo.

Prioritariamente os dejetos devem ser usados como adubo orgânico, respeitando sempre as limitações impostas pelo solo, água e planta através de recomendações técnicas. A preservação ambiental, preocupação básica para qualquer sistema de produção ou finalidade, deve estar presente em qualquer atividade econômica ou social, em especial no manejo dos dejetos e rejeitos de animais. Quando isso não for possível há necessidade de tratar os dejetos adequadamente, de maneira que não ofereçam riscos de poluição quando retornarem à natureza (OLIVEIRA et al., 2003).

Investimentos insuficientes têm sido feitos pelos criadores de suínos em estruturas de contenção e de tratamento dos dejetos produzidos nas pocilgas, uma vez que apesar da alta rentabilidade por área construída na propriedade, aos produtores sobra uma pequena margem de receita líquida para tal finalidade. Desta forma, as esterqueiras ou lagoas facultativas, quando existem, costumam apresentar problemas de infiltração ou de subdimensionamento em planta, além de servirem apenas de estocagem de dejetos e água, sem realizar um efetivo tratamento dos dejetos. Este problema ocorre de forma direta, quando lançado o material nos arroios, rios, lagos..., ou de forma indireta, pela infiltração dos contaminantes até os mananciais subterrâneos, pela utilização de técnicas não específicas (OLIVEIRA et al., 2003).

3.7 Impactos Socioeconômicos

Como impacto socioeconômico tem-se um grande problema voltado à logística onde o dejetos de suíno em sua forma líquida não agrega valor econômico, não pode ser estocado e se transportado para lugares distantes agrega-se um alto custo para transporte e manuseio e ainda causa diversos incômodos como: Contaminação do ar, onde os gases gerados pela decomposição da matéria orgânica podem causar desconforto ambiental para humanos (odor desagradável) (OLIVEIRA et al., 2003).

De acordo com Oliveira et al. (2001), a má utilização do dejetos suíno como fertilizante agrícola decorre de sua composição extremamente diluída, o que inviabiliza economicamente a sua aplicação no solo. Além das questões ambientais, outro importante fator a ser considerado é a questão econômica na escolha de um sistema de gerenciamento dos dejetos suínos.

Por outro lado, existem várias práticas agrícolas de manejo da criação e dos dejetos que minimizariam os impactos ambientais da suinocultura no âmbito das propriedades rurais: desde o uso minucioso da água, o correto manejo, tratamento e destinação dos dejetos líquidos, a mudança dos sistemas de criação sobre cama sobreposta, a compostagem das carcaças e dos dejetos líquidos, dos resíduos animais e mesmo dos dejetos líquidos, até os métodos conservacionistas de cultivo do solo e a própria agricultura orgânica. Todas estas práticas e aperfeiçoamentos nos direcionam para o caminho da sustentabilidade, com agregação de qualidade de vida e proteção do meio ambiente local e regional. (WOLFF, 2004).

Os criadores de suínos, normalmente, destinam grandes investimentos ou recursos financeiros com o intuito de melhorar a produção e a produtividade, mas muitas vezes se esquecem de investir no controle da emissão de poluentes e na utilização agrônômica e racional dos dejetos suínos (PERDOMO, 2003).

A geração de dejetos líquidos de suínos passa a ser uma das principais preocupações em decorrência do aumento dos lotes alojados e da produtividade representam grande importância econômica e social fixando o homem no campo, gerando emprego e renda ao meio rural, todavia a exploração da atividade suinícola é considerada pelos órgãos ambientais como uma atividade de grande potencial poluidor (OLIVEIRA et al., 2003).

Além de não atenderem as leis ambientais, que exigem um tempo de retenção de no mínimo 120 dias, estudos demonstram que 80% dos produtores de suínos situados na região do Alto Uruguai não possuem áreas suficientes para destinação e aproveitamento dos dejetos líquidos dos suínos como fonte de adubação orgânica (DAÍ PRA et al., 2009).

3.8 Compostagem como Tratamento dos Dejetos de Suínos

A compostagem de resíduos orgânicos é, provavelmente, o mais antigo sistema de tratamento biológico utilizado pelo homem, tendo sido utilizado pelas antigas civilizações como um método natural de reciclagem dos nutrientes, comumente presentes nos resíduos resultantes de suas atividades diárias (MAZÉ et al., 1996; OLIVEIRA, 1995; KIEHL, 2004; DAÍ PRA et al., 2005).

O processo de compostagem é um sistema controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando pelas seguintes fases: uma inicial do composto cru ou imaturo, seguida de uma fase de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente a cura, maturação ou tecnicamente, a humificação, acompanhada de mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, considerando-se finalizada a compostagem. Durante o processo ocorre a produção de calor e o desprendimento, principalmente de gás carbônico e vapor d'água (KIEHL, 2004).

Nesse sentido, a compostagem possibilita a melhoria das características físicas dos dejetos, facilita o armazenamento e o transporte e agrega valor ao produto final. O adubo orgânico além de fornecer nutrientes as plantas promovem melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (KIEHL, 2004).

A compostagem consiste no processo de manejo de resíduos sólidos onde a fração orgânica do mesmo é decomposta biologicamente, sob condições controladas, até atingir um estado no qual o material possa ser manuseado, transportado, armazenado e/ou aplicado ao solo sem afetar adversamente o meio ambiente. A alternativa de tratamento de dejetos de suínos pelo processo de compostagem é importante e segura para as regiões de pequenas propriedades, com alta concentração populacional de suínos e pouca área agrícola disponível, sendo viável para a maioria dos produtores, desde que adequados os dimensionamentos para cada volume de dejetos gerados pela produção. Para o caso de dejetos de suínos pode-se utilizar o que se denomina de plataforma de compostagem que é uma versão acelerada do processo natural de degradação de produtos orgânicos dando condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos para degradar a matéria orgânica presente nos dejetos (OLIVEIRA, 2004; DAÍ PRA et al. 2005, PAILLAT et al., 2005).

O tratamento dos dejetos via sistema de compostagem consiste, basicamente, na mistura dos dejetos brutos oriundos das edificações convencionais de produção de suínos, em unidades de compostagem constituídas por leitos formados por maravalha, serragem ou palha. Os resíduos são lançados fracionadamente sobre o leito da unidade de compostagem até a saturação líquida do substrato usado. A mistura permanece na unidade de compostagem por um período compreendido entre dois a três meses, até sua maturação total (relação C/N < 20) (DAÍ PRA, 2005).

Os modelos de unidades de compostagem podem ser desde os mais simples até aos automatizados, dependendo da escala na qual o processo será implantado. As mais sofisticadas podem ser utilizadas por grandes produções ou empresas que poderiam produzir e comercializar o fertilizante orgânico gerado. Pequenas produções podem implantar estruturas mais simples como a compostagem em leiras montadas manualmente (OLIVEIRA, 2004).

O produto final gerado na unidade de compostagem constitui-se de composto orgânico de excelente qualidade, não exigindo equipamento especial para transporte e distribuição nas lavouras facilitando sua destinação final (OLIVEIRA, 2004; DAÍ PRA et al., 2005).

O odor desagradável é reduzido pelo processo de compostagem em si, constituindo-se em uma das vantagens deste tratamento em relação aos tratamentos convencionais que utilizam lagoas anaeróbias e facultativas (PAILLAT et al., 2005).

Paillat et al. (2005), estudando as emissões de gases em sistema de tratamento dos dejetos de suínos via compostagem, concluiu que:

- 65% do total de carbono inicial são perdidos, sendo 57% perdido sob a forma de dióxido de carbono, 6% sob a forma de metano, e 2% como Composto Orgânico Volátil;
- Do total inicial de nitrogênio 60% são perdidos sendo 10% sob a forma de amônia, 6% sob a forma de óxido nitroso e 44% sob a forma de Nitrato.

Estudos conduzidos por Mazé et al. (1999) demonstraram a viabilidade dos sistemas de compostagem para o tratamento dos dejetos líquidos de suínos. Os resultados observados demonstraram que é possível atingir uma absorção relativa entre 8 e 14 litros de dejetos líquido para cada quilograma da mistura de maravalha e palha, respectivamente.

Os resultados obtidos nas avaliações de unidades de compostagem realizados por Mazé et al. (1999); Oliveira et al. (2001) e Daí Pra (2006), demonstraram a viabilidade do sistema e observaram que as temperaturas medidas desenvolvidas na biomassa mantiveram-se entre 40 e 55°C por um período longo, registrando-se elevações médias de 10°C, logo após a incorporação de dejetos ao substrato para início do processo.

Oliveira et al. (2003) e Nunes (2003) estudaram a evolução da taxa de incorporação de dejetos (relação substrato/dejeto) em sistema de compostagem com revolvimento manual do composto somente na aplicação dos dejetos, demonstrando a viabilidade da compostagem para tratar os dejetos de suínos.

A compostagem deve ser utilizada em propriedades que produzem um volume de dejetos muito superior ao volume que pode ser aplicado em suas áreas cultivadas, e que não possa ser exportado na forma líquida, para lavouras vizinhas, de forma economicamente viável (DORFFER, 1998).

Em estações automatizadas é possível tratar para cada tonelada de maravalha ou palha, 15 m³ de dejetos líquidos obtendo-se 4,0 toneladas de composto estabilizado com relação C/N

< 20 e uma redução da metade do nitrogênio (DORFFER, 1998).

Em sistemas de compostagem com o uso de palha em unidades de tratamento com área de 620 m², desenvolvido pela Station Pilote Multi-Déchets Organiques, foi demonstrado ser possível tratar 1.000 m³ de dejetos por ano com uma quantidade incorporada de 12 m³ de dejetos por tonelada de palha, obtendo-se de 250 a 300 toneladas de composto orgânico.

3.9 Parâmetros para o Funcionamento da Compostagem Mecanizada de Dejetos Suínos

As unidades de compostagem mecanizadas consiste em estruturas com cobertura de PVC transparente, com o objetivo de aproveitar a radiação solar incidente para aumentar a evaporação da água contida nos dejetos, e aumentar a temperatura no processo da compostagem. As paredes devem ser abertas para garantir a ventilação necessária para remover o vapor de água gerado, e o piso pode ser concreto ou solo compactado, sendo que as unidades devem prever sistemas de drenagem e um depósito para o chorume filtrado pelo leito de compostagem, para a coleta e recirculação do mesmo dentro da unidade caso este venha a ocorrer (DIESEL et al., 2002).

Segundo Merkel (1981), revolver a pilha de composto eventualmente é essencial para o desenvolvimento da compostagem de forma rápida e sem a emissão de odores indesejáveis, características comuns em processos anaeróbios e termofílicos. O revolvimento também é eficiente na redução da umidade e no fornecimento de oxigênio para a biomassa. Desta forma, promove-se no leito de compostagem a decomposição rápida e uniforme da matéria orgânica.

Na Figura 2, segue uma ilustração de uma unidade de compostagem mecanizada onde demonstra sua operacionalização, através de um sistema compacto em relação às esterqueiras e lagoas facultativas que necessitam uma área territorial muito maior.

Figura 2 – Sistema de Compostagem Mecanizada de Dejetos Suínos.



Fonte: Instituto Nacional de Carne Suína – INCS.

Se o conteúdo de umidade estiver entre 50% e 60%, a pilha deverá ser revolvida em intervalos de três dias. Quando este teor ultrapassar o valor de 60 % recomenda-se esta prática com intervalos de dois dias. Durante o revolvimento, o calor é liberado para o meio ambiente na forma de calor latente (vapor de água) (DIESEL et al., 2002).

Outra questão importante relacionada com a temperatura desenvolvidas nos processos de compostagem é a inativação de microrganismos patogênicos presentes na biomassa. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (*Environmental Protection Agency – EPA, 1985*), o tempo e a temperatura mínimos para o processo de compostagem em leiras estáticas aeradas e em reatores é de 55°C por 3 dias consecutivos. Para pilhas de compostagem revolvidas, um mínimo de 55°C deve ser mantido por 15 dias consecutivos, sendo o material revolvido pelo menos cinco vezes durante este período.

O teor de umidade é um dos principais fatores ambientais de interesse para que ocorra o fornecimento de um meio de transporte de nutriente dissolvido para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos. Além disso, a disponibilidade de água está diretamente relacionada ao suprimento de oxigênio, o que também afeta a atividade microbiana. Valores

baixos de umidade podem causar a desidratação no interior da pilha de compostagem, o que inibe o processo biológico, trazendo a estabilidade física, porém instabilidade biológica. Por outro lado, umidade alta pode promover condições de anaerobiose no interior das pilhas fazendo com que o processo ocorra de forma descontrolada (DIESEL et al., 2002).

Barrington et al. (2002) estudando o efeito da aeração passiva e ativa na compostagem de dejetos de suíno com 3 substratos diferentes (maravalha, palha e feno) em umidade de 60, 65 e 70 %, concluíram ser a umidade um fator determinante nos padrões de temperatura alcançados, principalmente no caso dos substratos maravalha e palha. No caso da maravalha, a umidade de 65 % produziu temperaturas altas para ambos os regimes de temperaturas adotados (ativo e passivo). No caso da palha, a umidade mais alta (70 %) proporcionou as temperaturas mais altas também para ambos os regimes de aeração. No entanto, neste mesmo trabalho, os autores concluíram que o fator umidade apenas teve efeito sobre a temperatura entre os dias 2 a 6.

O crescimento e diversidade da população microbiológica na massa de compostagem relacionam-se diretamente com a concentração de nutrientes. Estes fornecem material para a síntese protoplasmática e a energia necessária para o crescimento celular, entre outras funções (KIEHL, 2004; PAILLAT et al., 2005).

Durante a compostagem, o conteúdo da matéria orgânica sofre uma diminuição, o que leva a uma redução do carbono orgânico. Dados obtidos por Kermarrec (1999) confirmaram que a relação carbono-nitrogênio (C/N) diminuiu com o processo de compostagem ocorrido nas camas de suínos, sendo diferente conforme o tipo de aeração.

3.9.1 Minimização dos Impactos Gerados pela Suinocultura

A compostagem é um novo conceito no tratamento de dejetos suínos, buscando uma produção sustentável e limpa, acabando com riscos ao meio ambiente, produzindo adubo orgânico e aumentando a rentabilidade da atividade (UMAC, 2013).

Algumas vantagens do sistema de Compostagem em relação ao sistema convencional sem tratamento de dejetos são:

- Minimiza e elimina riscos de poluição ambiental;
- Acaba com as esterqueiras e lagoas facultativas;
- Minimiza a geração de gases de efeito estufa;
- Elimina o odor desagradável;
- Reduz a proliferação de moscas e outros vetores;
- Elimina os custos de hora máquina para o transporte e a distribuição de dejetos líquidos;
- Viabilidade ambiental;
- Permite domínio total do processo.

Sistema 100% automatizado, baixo custo operacional e fácil manejo (UMAC, 2013, texto digital).

Desenvolver um modo de manejo e tratamento dos dejetos líquidos de suínos via processos de compostagem é uma alternativa promissora para assegurar a manutenção das zonas de produção intensiva, em razão do espaço físico reduzido nas propriedades, dos riscos de poluição causados pelo manejo líquido dos dejetos às águas superficiais e subterrâneas por nitrato, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos, e do ar pelas emissões de amônia, dióxido de carbono, óxido nitroso e gás sulfídrico. A adoção deste procedimento visa à minimização de custos e dificuldades de tratamento de armazenamento, de transporte de distribuição e de utilização na agricultura destes resíduos (OLIVEIRA, 1999, 2004; OLIVEIRA et al., 2003; PAILLAT et al., 2005).

Esta técnica foi desenvolvida como um método alternativo de manejo dos dejetos oriundos desta atividade, e visa modificar as características químicas e físicas dos dejetos, dando origem a um produto final de alto valor agrônômico. Ela pode representar uma solução efetiva para regiões com problemas de alta concentração da produção de suínos, pois permite transferir os resíduos na forma de compostagem para outras regiões que demandam este tipo de adubo (PAILLAT et al., 2005).

De acordo com Konzen (2000), os dejetos de suínos podem se constituir em fertilizantes muito eficientes na produção de grãos e de forragens, desde que adequadamente dosados e estabilizados antes de sua utilização.

Estudo desenvolvido por Mazé, Théobald e Potocky (1999) demonstraram que no processo de compostagem desenvolvido, a água contida nos dejetos é praticamente toda eliminada na forma de vapor.

As operações, além de diminuir volume e a concentração de nutrientes, fornecem como produto final um material que pode ser utilizado nas melhorias das condições do solo. Boa alternativa tecnológica para o tratamento dos dejetos suínos, a compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana, com oxigenação (DAÍ PRÁ, 2009).

Esta técnica foi desenvolvida principalmente para a agricultura biológica para evitar ou suprimir o uso de fertilizantes minerais. Atualmente, ela vem sendo cada vez mais empregada pelos suinocultores localizados em zonas geográficas cujas águas estão fortemente poluídas por nitrato (ITB, 1995; MAZÉ; THÉOBALD; POTOCKY, 1999).

A redução de odores e a redução da emissão dos gases de efeito estufa (CH_4 , N_2O) são significativas no processo de compostagem, quando comparado ao sistema convencional de tratamento líquido. O tratamento dos dejetos por compostagem reduz significativamente o impacto ambiental causado pela produção de suínos, reduzindo o odor e o potencial de risco de poluição, característico dos dejetos líquidos (OLIVEIRA, 2003).

O produtor pode estocar o composto para ser utilizado no momento mais oportuno, conforme a sua necessidade, fato que não ocorre no sistema de tratamento na forma líquida convencional, onde o produtor necessariamente tem que distribuir os dejetos no solo agrícola ou lavoura, mesmo que o momento não seja o mais adequado. Além disso, permite que o produtor aumente o número de animais em sua granja pela redução no volume de dejetos e melhor maturação e aproveitamento (OLIVEIRA, 2003).

Ela pode representar uma solução efetiva para regiões com problemas de alta concentração da produção de suínos e que não dispõem de área com culturas para aplicação dos dejetos, pois permite transferir ou comercializar os resíduos na forma de composto para outras regiões que possuam maior demanda por adubo orgânico (SEGANFREDO, 2003).

A máquina que realiza a mistura de dejetos e maravalha trabalha em um sistema de revolvimento através de helicoides e com sistema automático de deslocamento onde todo o material é revolvido aerando a massa em compostagem permitindo as condições propícias para que os microrganismos aeróbicos degradem a matéria orgânica produzindo calor, aumentando

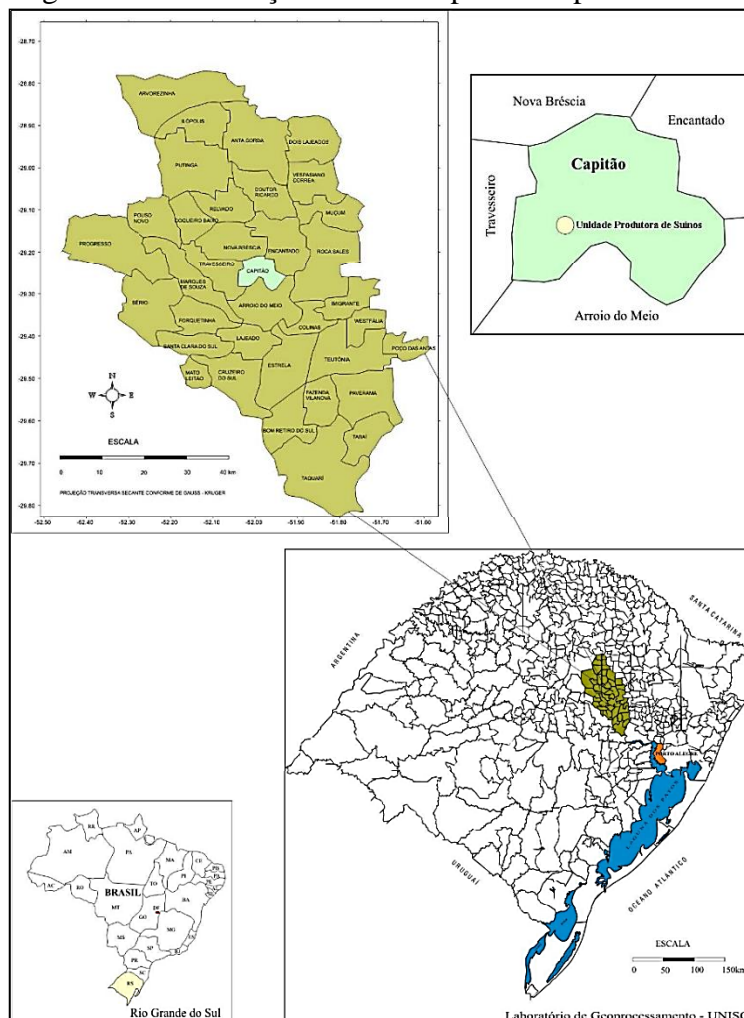
a temperatura eliminando os agentes patogênicos e contribuindo para a evaporação da água presente nos dejetos, o revolvedor se desloca sobre trilhos tendo a função de espalhar os dejetos sobre as baias (UMAC, 2013).

Os dejetos de suínos devem ser usados na fertilização das lavouras nas dosagens recomendadas tecnicamente, trazendo ganhos econômicos ao produtor rural, sem comprometer a qualidade do meio ambiente e de vida da população nas regiões produtoras (KONZEN, 2002).

4 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O estudo sobre **Avaliação do Sistema de Compostagem Mecânica para Dejetos Suínos** foi realizado no município de Capitão – RS.

Figura 3 – Localização do Município de Capitão.



Fonte: O autor.

O período de acompanhamento do processo de compostagem teve início em 05 de outubro de 2013 e teve seu encerramento em 08 de junho de 2014, em propriedade de produtor de suínos no município de Capitão/RS, onde o proprietário possui uma unidade de compostagem e como matéria prima usou-se serragem de eucalipto e dejetos líquidos suínos em fase de terminação.

Na figura 4, está a vista superior da área onde está implantada a unidade de compostagem com sistema mecanizado e automatizado para aplicação do dejetos líquido de suínos e o revolvimento da leira com serragem de eucalipto.

Figura 4 – Vista Superior da Área da Unidade de Compostagem.



Fonte: Google Earth.

Município este que foi emancipado há 21 anos, quando deixou de ser distrito do município de Arroio do Meio, no dia 20 de março de 1992, está localizado no Vale do Taquari com altitude de 465 metros, interior do Rio Grande do Sul e distante 137 km da capital Porto Alegre sua extensão territorial de 74,6 Km² com 470 propriedades rurais, o que representa 0.02767% do território do estado (FEE, 2011).

Possui uma população de 2.639 habitantes, e um rebanho suinícola de 71 mil animais, onde o número de suínos é cerca de 26 vezes maior do que o número de habitantes. (IBGE, 2012). Estes animais geram diariamente em torno de 497,0m³ de dejetos líquidos por dia resultando em 181.405m³ de dejetos líquidos anuais.

A coleta dos dados foi uma parte qualitativa, pois foram analisados os contextos de operacionalização da unidade desde seu início de funcionamento até a obtenção do composto final, obtenção do teor de matéria seca do substrato e do dejetos líquido de suínos, pH e outra

parte quantitativa, tendo em vista que foram levantados dados como volume, tipo de substrato usado, temperatura e umidade ambiente e da unidade de compostagem, sistemática de aplicação dos dejetos com volumetria na unidade de compostagem.

Este foi o primeiro trabalho realizado pelo proprietário com este tipo de equipamento, onde anteriormente o mesmo efetuava a aplicação do efluente suíno em forma líquida em sua propriedade e também na propriedade de vizinhos. A unidade de produção de suínos aloja 2.550 suínos anuais, divididos em três lotes de criação, ilustração do acesso à unidade produtora na Figura 5.

Figura 5 – Acesso e Portaria da Unidade Produtora de Suínos.



Fonte: O autor.

O dejetos líquido de suínos é acondicionado diariamente em três depósitos dentro da unidade produtora, um logo abaixo de cada galpão criatório e um depósito externo de alvenaria para posterior bombeamento para a unidade de compostagem, com um período máximo de estocagem de treze dias, compreendendo um volume total de armazenamento de 79,68 m³ de dejetos, o que é favorável pois deve-se deixá-lo estocado até a próxima aplicação na unidade de compostagem mecanizada e automatizada.

A unidade de compostagem possui 50,0 metros de comprimento e 12,50 metros de largura, constituindo uma área de 625,0 m² de instalação e o espaço físico adotado para o processo de compostagem foi de 252,0 metros quadrados correspondendo a duas leiras ou células. A unidade de compostagem possui cobertura com folhas translúcidas para a passagem dos raios solares. Assim, esse telhado não expõe a unidade à umidade externa, principalmente à precipitação pluviométrica da região.

A unidade de compostagem possui quatro células e pertence a um grupo de sócios ao qual foi dimensionada a unidade. Na Figura 6, está ilustrada a bomba de recalque e parte da estrutura de armazenamento do dejetos líquido de suínos.

Figura 6 – Unidade de Recalque do Dejetos Líquido de Suínos.



Fonte: O autor.

A serragem de eucalipto utilizada provém de serrarias da região do Vale do Taquari através de caminhões próprios para transporte deste tipo de material. A quantidade de serragem utilizada foi de 257,04m³ e custo de R\$ 18,00 o m³, a granulometria da serragem se altera um pouco por ser adquirida de várias serrarias da região pois cada serra tem uma fita que pode ser diferente uma da outra e conseqüentemente dar diferença no tamanho da partícula da serragem.

Na Figura 7, está ilustrada parte das características da serragem em relação aos utensílios usados no monitoramento da unidade de compostagem.

Figura 7 – Ilustração da Serragem de Eucalipto.



Fonte: O autor.

As células de compostagem foram preenchidas com serragem de eucalipto até uma altura em média de 1,02 metros e logo após iniciou-se a aplicação do dejetos líquido de suínos terminação com o auxílio de uma bomba elétrica de 5,0 CV para recalque do dejetos líquido para uma máquina que aplica o efluente na serragem e ao mesmo tempo revolve a serragem de eucalipto com o chorume aplicado, esta máquina tem 8,0 helicoides para revolvimento do material sendo compostado, possui 2,0 motores de 5,0 CV para movimentar estes helicoides e um motor de 1,0 CV para o seu deslocamento dentro da leira de compostagem.

A máquina é própria para este procedimento de aplicação e revolvimento da compostagem, ela opera uma leira de cada vez e se faz necessário o deslocamento lateral do equipamento para outra leira de compostagem até percorrer todo circuito inteiro da célula de compostagem.

O processo de aplicação do efluente de suínos na serragem de eucalipto na unidade de compostagem se deu, inicialmente, duas vezes por semana e posteriormente foi espaçado o tempo entre as aplicações por causa da saturação da serragem com o efluente, pois ocorre o processo de degradação da serragem e ocorre a sua saturação com o dejetos líquido, assim perde-se o poder de reação com o tempo de processo de compostagem.

Na Figura 8 está ilustrada a máquina em operação chegando próxima ao final da primeira leira, aplicando e revolvendo a serragem com o dejetos líquido de suínos.

Figura 8 – Máquina Realizando a Operação de Aplicação de Dejetos Líquido e Revolvimento da Serragem.



Fonte: O autor.

O acompanhamento iniciou com a aplicação do dejetos líquido de suínos na célula de compostagem, volume mensurado previamente e descontado a altura do dejetos líquido que ficou no depósito, para se ter um volume aplicado naquele período ou momento.

Na primeira aplicação de dejetos líquido na célula de compostagem, foi observado um problema na distribuição deste dejetos ao longo da máquina de aplicação e revolvimento. A medida para resolver esse problema foi tapar alguns orifícios de saída do dejetos líquido para melhor distribuição posteriormente.

Neste caso, a problemática é da bomba de recalque enviar uma quantidade maior de dejetos líquido de suínos na máquina de aplicação e revolvimento, pois a pressão da bomba é muito maior que a de vazão de operação, mostrada na Figura 9.

Figura 9 – Máquina Aplicando o Dejetos Líquido de Suínos.



Fonte: O autor.

As células foram revolvidas diariamente, nos dias de aplicação do dejetos líquido e nos dias sem a aplicação pois se trata de um tratamento aeróbio (com presença de O_2), tendo em vista o controle da temperatura e a homogeneização do substrato em todo seu volume.

A Figura 10 ilustra a máquina fazendo o trabalho de revolvimento da serragem e observa-se a umidade saindo da célula de compostagem através da evaporação da umidade.

Figura 10 – Evaporação da Umidade .



Fonte: O autor.

O tempo de trabalho diário dentro da unidade de compostagem era em torno de 75 minutos, pois a máquina leva 16 minutos para percorrer os 42 metros de extensão da primeira leira e mais 16 minutos voltando ao ponto inicial realizando somente o processo de revolvimento, sem aplicar o efluente à serragem, assim repetindo o mesmo processo na segunda leira de compostagem.

A coleta das temperaturas nas leiras de compostagem teve início 21 dias antes da aplicação do efluente na serragem, para se conseguir mensurar o diferencial da temperatura da serragem de eucalipto sem a aplicação do efluente de suíno e o início do processo logo após a primeira aplicação do efluente na serragem, dando prosseguimento com as tomadas de temperatura duas vezes por semana.

A temperatura de cada momento era anotada na planilha para posterior construção de gráficos que oferecem uma melhor leitura das dinâmicas e alterações das mesmas dentro de cada célula.

Para as leituras de temperaturas foi utilizado um Termohigrômetro Digital com Sonda Externa - AK28 da marca AKSO, com especificações técnicas de leitura externa de -50°C a 70°C , com exatidão de $(\pm) 1^{\circ}\text{C}$, conforme Figura 11.

Figura 11 – Determinação da Temperatura com Termohigrômetro Digital.

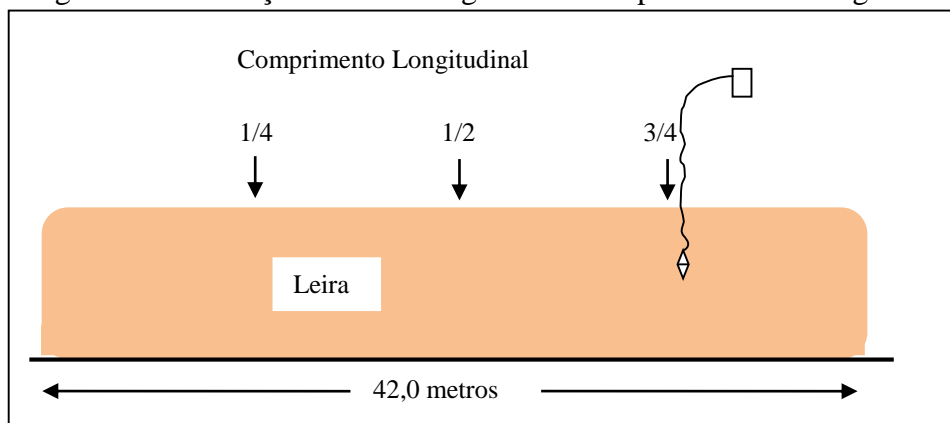


Fonte: O autor.

As leituras das temperaturas foram anotadas em planilha de monitoramento desenvolvida antes de se iniciar o acompanhamento do processo de compostagem e repassadas para um computador para realização dos gráficos, conforme APÊNDICE II.

A metodologia de coleta das temperaturas dentro das células de compostagem foi coletada, duas vezes por semana e efetuou-se coletas em três pontos diferentes dentro da mesma célula, conforme ilustração na Figura 12.

Figura 12 - Definição de Amostragens das Temperaturas ao Longo da Leira.

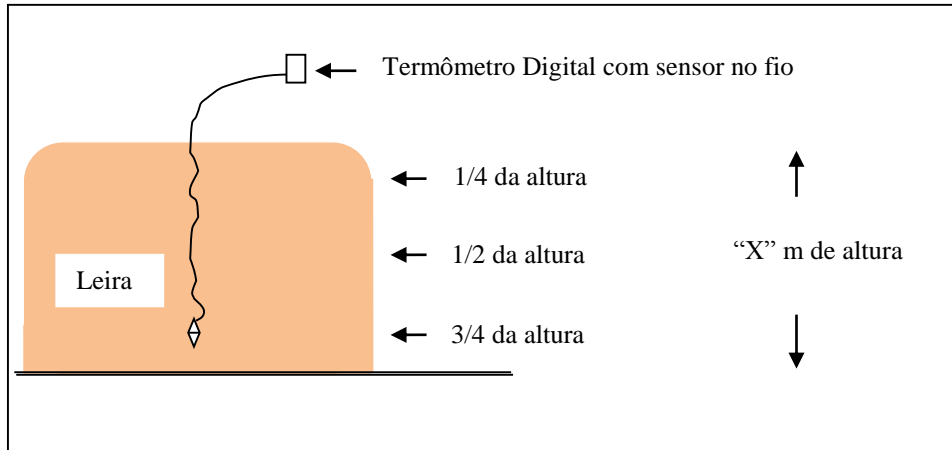


Fonte: O autor.

A cada ponto de amostragem efetuou-se três coletas de temperaturas da seguinte forma; a primeira medida foi realizada na altura de $\frac{1}{4}$ superior em direção ao centro da leira, a segunda

no meio da leira e a terceira na altura de $\frac{3}{4}$ inferior antes do contato com o piso. Foram coletadas temperaturas das leiras do sistema de compostagem mecanizada, constituindo 3,0 amostras por leira, conforme Figura 13.

Figura 13 - Alturas do sensor para amostragem de temperaturas.



Fonte: O autor.

Essas alturas de coleta de temperaturas relacionadas ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, e $\frac{3}{4}$), teve-se estas como metodologia, pela dinâmica que ocorre dentro da célula de compostagem, pois com o passar do tempo a altura da serragem de eucalipto começa a diminuir consequentemente pelo processo de reação com o dejetos líquido aplicado ou seja a compostagem em si.

Para a determinação de pH utilizou-se o aparelho pHmetro, marca Digimed modelo DM-20, conforme Figura 14.

Figura 14 – Determinação do Teor de pH.



Fonte: O autor.

As análises dos níveis de pH e Sólidos Totais foram executados quinzenalmente e também anotadas em planilha para depois serem processadas e analisadas para realização dos gráficos.

Para a determinação de Sólidos Totais foram utilizados cadinhos pré calcinados (Figura 15) para acondicionar o material a ser analisado e efetuado a leitura de sua massa em balança de precisão marca SHIMADZU modelo AW 220.

Figura 15 – Cadinho Calcinado e Balança de Precisão.



Fonte: O autor.

As amostras do dejetto líquido de suínos e da serragem foram coletadas em periodicidade a cada 15 dias e levadas para o laboratório de Biorreatores da Univates para serem efetuadas as análises de Potencial Hidrogeniônico (pH) e Sólidos Totais (ST).

As amostras foram postas em cadinhos de porcelana previamente pesados e em seguida colocou-se uma quantidade em torno de 30% do volume interno do cadinho de material a ser determinado os Sólidos Totais e posteriormente pesou-se com o substrato em seu interior para saber o peso úmido do material.

Após a pesagem do cadinho com o substrato, os cadinhos foram colocados em estufa. Essas análises de Sólidos Totais foram realizadas sempre em triplicata para maior margem de segurança dos resultados. Os cadinhos com as amostras foram acondicionadas na estufa marca SP Labor modelo SP-400, ilustrada na Figura 16, sob uma temperatura de 105°C por um período de 24 horas.

Após esse período, os cadinhos foram acondicionados em um dessecador, por um período de 30 minutos, para que atingisse a temperatura ambiente e posteriormente pesados em balança de precisão, obtendo-se assim, o valor do material seco.

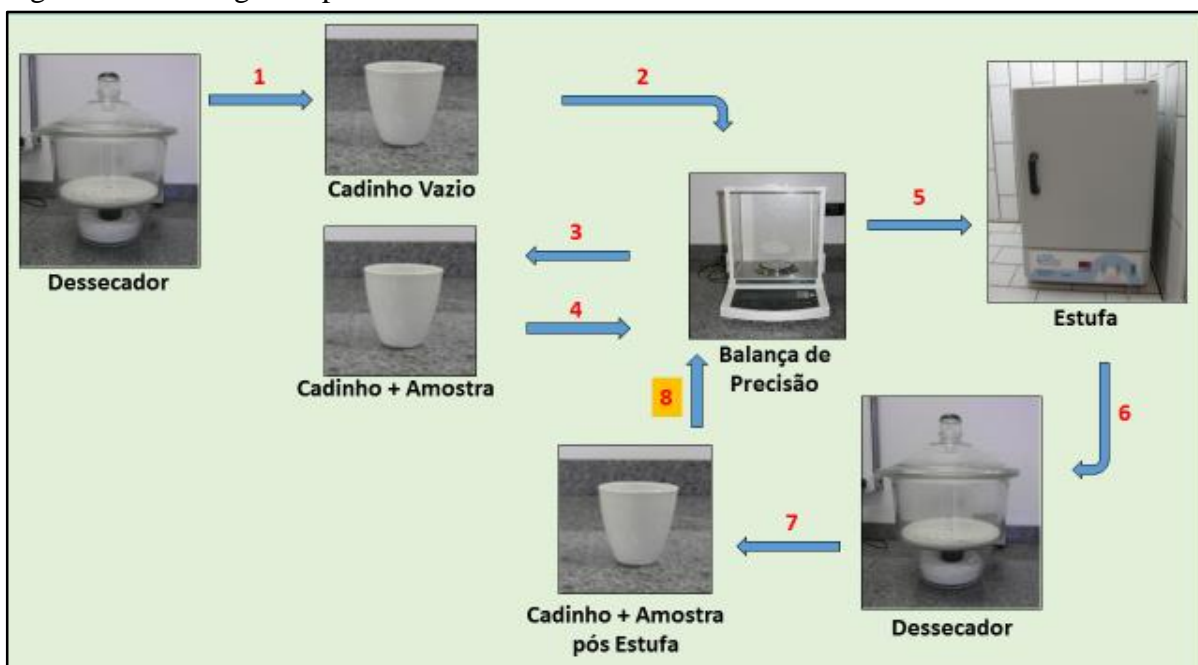
Figura 16 – Estufa Marca SP Labor e Dessecador.



Fonte: O autor.

A matéria sólida é a característica física de maior interesse no dimensionamento e controle de operações de unidades de tratamento de efluentes. Essa matéria sólida se refere aos sólidos suspensos e dissolvidos tanto de água como dos efluentes. Ambos são subdivididos em sólidos voláteis e fixos. Na Figura 17 está ilustrado como foi efetuado o procedimento para determinação dos Sólidos Totais.

Figura 17 – Fluxograma para Determinar Sólidos Totais e Umidade.



Fonte: O autor.

Com todos estes dados na planilha, efetuou-se o cálculo para determinar os Sólidos Totais da amostra através da seguinte fórmula:

$$ST = \frac{(C - A) \times 100}{(B - A)}$$

Onde:

ST = Sólidos Totais;

A = (peso do Cadinho Vazio);

B = (peso do Cadinho + Amostra);

C = (peso do Cadinho + Amostra pós Estufa).

Para a determinação da viabilidade técnica, econômica e ambiental foi coletado todas as informações e dados referentes ao processo da unidade de compostagem mecanizada e automatizada de dejetos suínos e feito às referências com as análises laboratoriais e incremento de renda pelo empreendedor.

Para parâmetros dos níveis de nutrientes do material compostado com idade de 180 dias foi enviado uma amostra do composto para o Laboratório da UNISC e uma amostra do composto com idade de 232 dias foi enviado ao Laboratório de Solos da URGS para determinação de macronutrientes como o Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), e os micronutrientes como Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Boro (B), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Sódio (Na) e Enxofre (S), para se ter parâmetros da qualidade do composto final.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Iniciou-se o período de acompanhamento da utilização da Unidade de Compostagem Mecanizada e Automatizada através de monitoria a cada três dias no processo de compostagem, onde se teve as orientações técnicas de funcionamento da unidade de compostagem repassadas pelo Biólogo que atende a Prefeitura Municipal de Capitão/RS.

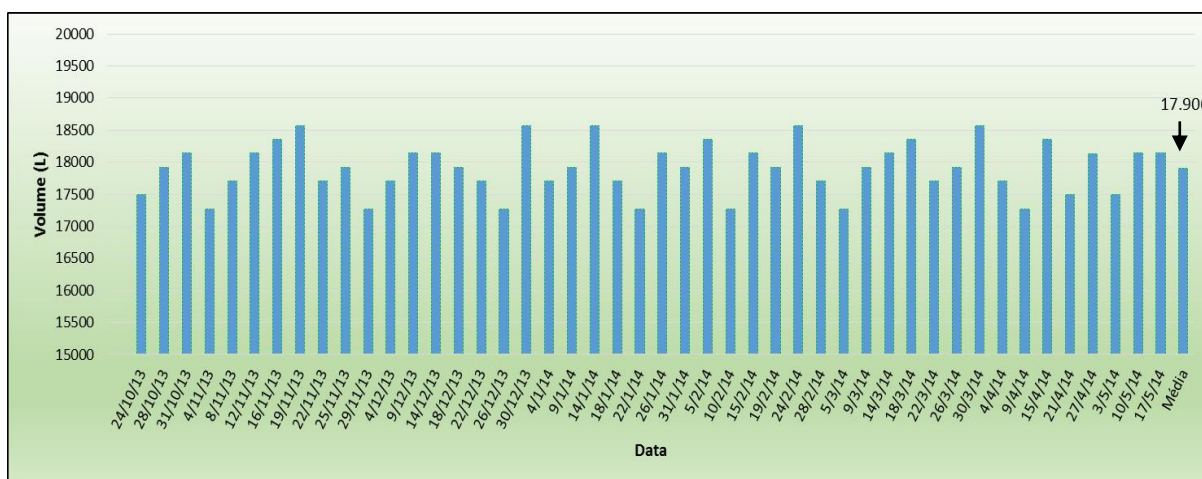
Essa unidade de compostagem mecanizada é constituída de uma edificação aberta nas laterais possuindo cobertura com telhas transparentes, piso e muretas laterais em alvenaria, com medidas de 12,00 m de largura por 45,00 m de comprimento. No seu interior possui uma máquina que constitui-se de um revolventor mecânico automático para a serragem depositada nas leiras de compostagem e externamente uma bomba elétrica para recalque do dejetos líquido de suínos até a máquina de revolvimento.

A quantidade de dejetos líquido de suínos aplicado nas células foi calculado através das medidas do depósito onde o dejetos líquido estava armazenado, ficando a delimitação da altura sendo efetuada sempre nos dias de aplicação do dejetos líquido na unidade de compostagem.

O volume introduzido na unidade de compostagem por aplicação variou de 17,2m³ a 18,5m³ de dejetos líquido acondicionado em uma esterqueira de alvenaria. Essa diferença se deu pelo fato de ocorrerem algumas eventualidades durante o instante do bombeamento e aplicação do dejetos na unidade de compostagem, como, problemas de ruptura das mangueiras, parada inesperada da máquina de aplicação e revolvimento, dificuldade de leitura da altura da coluna de dejetos líquido, menor teor de sólidos nos dejetos, entre outros. Na Figura 18, esta ilustrado os dados de volume de aplicação do efluente suíno por aplicação.

Foram efetuadas 46 aplicações de dejetos líquidos suínos na unidade de compostagem mecanizada e automatizada, onde inicialmente aplicou-se periodicamente duas vezes por semana e conforme se notava visualmente o excesso da umidade dentro da célula de aplicação esse intervalo entre aplicações foi estendido em mais dias de vazio sem a aplicação do dejetos na unidade de compostagem.

Figura 18 - Volume de Dejetos Líquidos Aplicados na Unidade de Compostagem por Aplicação.



Fonte: O Autor.

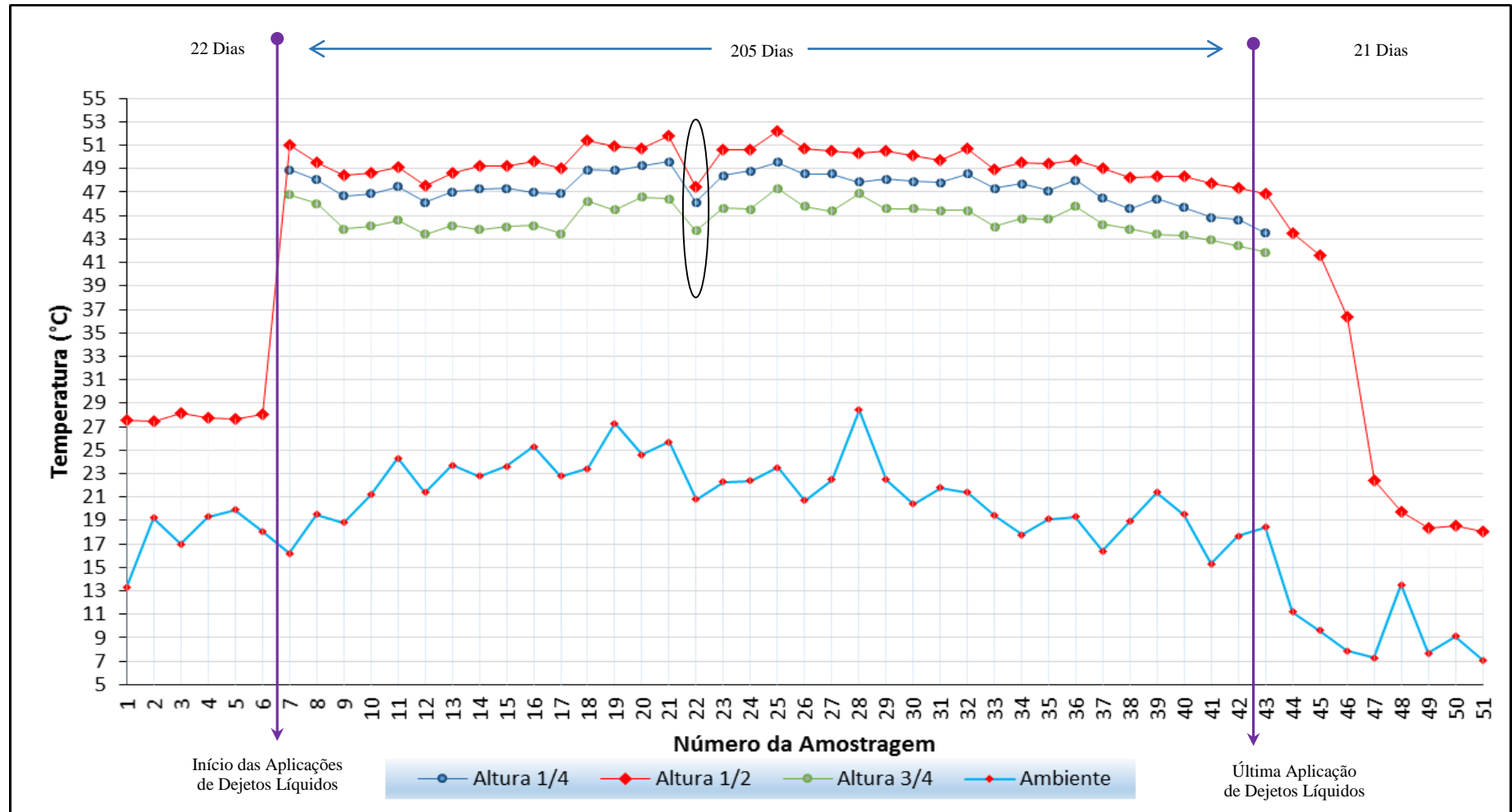
O volume total aplicado na área de 252,0 m² no processo de compostagem no período de 246 dias foi de 823,67 m³ de dejetos líquidos de suínos.

Cada 1,0 cm de diferença na altura da coluna de dejetos líquidos corresponde a 294 litros de dejetos líquidos no depósito de alvenaria, assim dependendo ao ponto de visão do operador da régua para obtenção da medida, pode dar uma diferença significativa no volume aplicado de dejetos líquidos suínos.

5.1 Resultados de Temperaturas

O controle de temperatura da serragem de eucalipto se deu em período anterior à aplicação de dejetos líquidos suínos e foi observado inicialmente uma temperatura média de 27,8°C da serragem de eucalipto, indicado por uma relação C/N muito alta, ocasionando o atraso do processo de compostagem, conforme referencial bibliográfico já abordado anteriormente.

Figura 19 - Temperaturas no Interior da Célula de Compostagem.

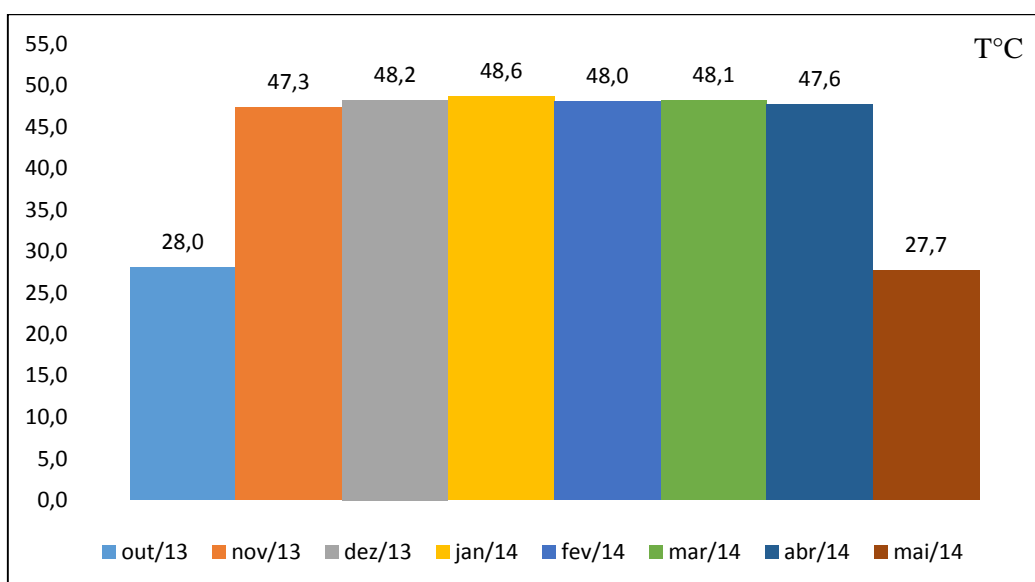


Fonte: O Autor.

As temperaturas correspondem ao período de 246 dias de utilização da unidade para tratamento dos dejetos líquidos suínos, onde se continuou com o revolvimento do composto diariamente até a data de 08 de junho de 2014, onde a temperatura se estabilizou no processo de compostagem, chegando a temperaturas de 19,7°C, 18,3°C, 18,5°C e 18,1°C respectivamente ao final do processo de compostagem.

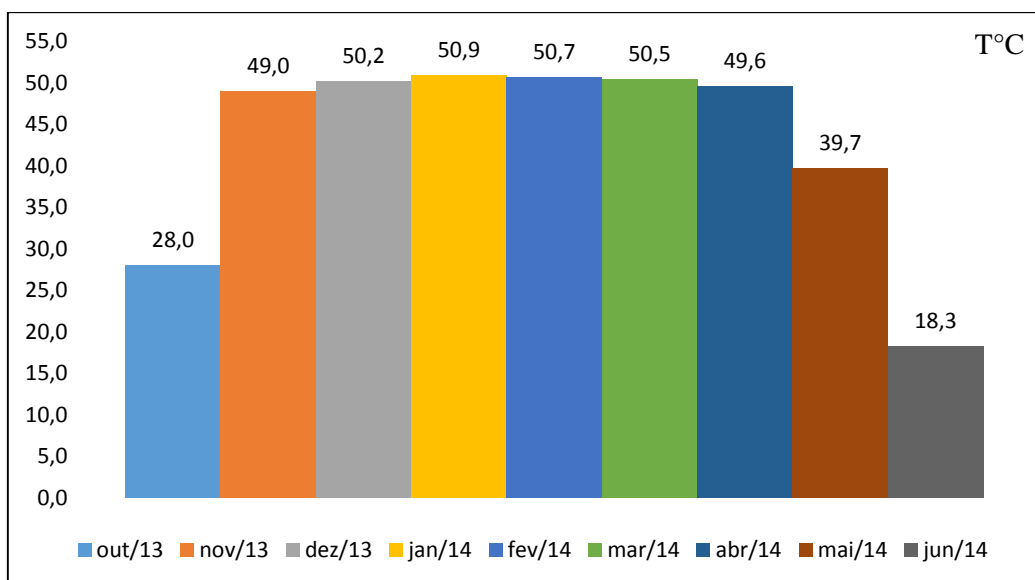
A média das temperaturas na leira de compostagem nas diferentes alturas estão expressas nas Figuras 20, 21 e 22.

Figura 20 - Média das Temperaturas na Altura de ¼ da Leira de Compostagem.



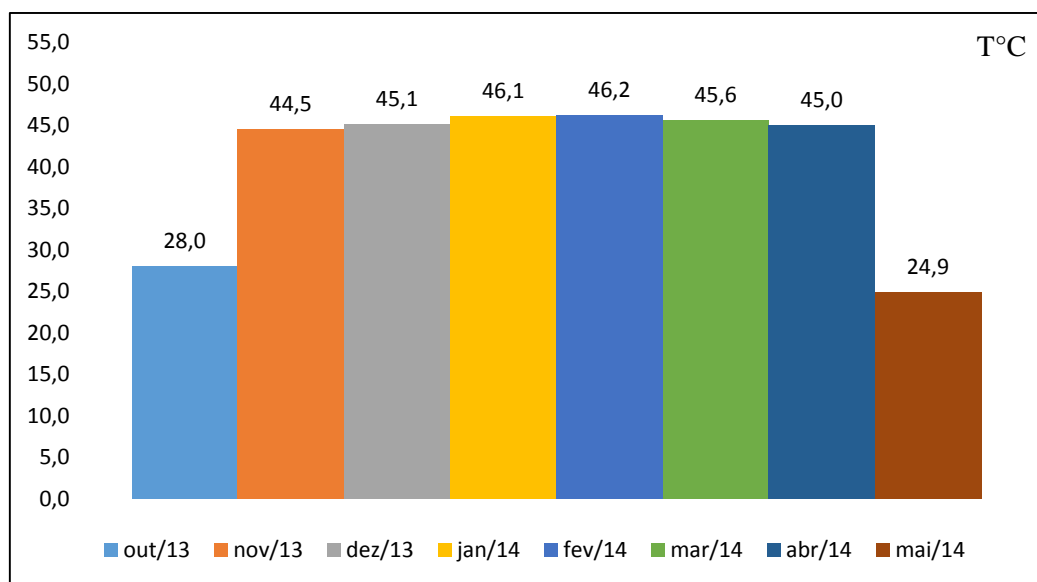
Fonte: O Autor.

Figura 21 - Média das Temperaturas na Altura de ½ da Leira de Compostagem.



Fonte: O Autor.

Figura 22 - Média das Temperaturas na Altura de $\frac{3}{4}$ da Leira de Compostagem.



Fonte: O Autor.

As temperaturas altas, acima de 50°C, são muito importantes dentro do processo de compostagem para que ocorra a eliminação de certos organismos patogênicos, e favorecendo a evaporação da umidade contida dentro da célula de compostagem. Na monitoria desta unidade de compostagem as temperaturas não ultrapassaram os 53°C, possivelmente pela alta umidade da serragem, em torno de 69%, acima da referendada por outras bibliografias.

Estas temperaturas elevadas ocorrem em uma faixa denominada de termofílica, situadas entre 50-55°C e tendo como temperatura máxima 85°C. As temperaturas que vão de 25-40°C encontram-se na faixa denominada de mesófila, podendo chegar ao máximo de 43°C. Uma terceira faixa chamada criófila (crio=frio), inicia-se quando a temperatura da composteira atinge a temperatura ambiente, coincidindo com a fase de maturação do composto (Kiehl, 1985).

As temperaturas observadas durante o monitoramento da unidade de compostagem ficaram entre 18,1°C a 52,2°C, período que correspondente à pré adição de dejetos líquidos de suínos até o momento da estabilização da compostagem. As temperaturas altas favorecem a incidência de bactérias mesófilas e bactérias termófilas, ideais para que ocorra o processo de compostagem.

Verificou-se que a temperatura aumentou rapidamente nos primeiros dias, indicando que o processo de compostagem estava se desenvolvendo adequadamente, sendo que já na

primeira semana, apresentou temperaturas superiores a 50°C, mantendo-se na faixa de 43°C a 52°C durante 205 dias, período caracterizado pela fase termofílica elevando a capacidade de evaporação da umidade existente na leira de compostagem.

Neste ponto ocorreu uma diminuição da temperatura no interior da célula de compostagem pelo fato de haver a introdução do dejetos líquido suíno e ar atmosférico, havendo o revolvimento da serragem homogeneizando os estratos nas diferentes alturas.

As temperaturas monitoradas na célula de compostagem tiveram pouca influência com a externa, pois havia período do dia que a temperatura estava mais baixa aproximadamente em 15°C principalmente à noite e ela não influenciou significativamente na temperatura no interior da célula.

Durante a monitoria das temperaturas no processo da compostagem, analisou-se uma diferença entre as temperaturas do centro da leira em relação as temperaturas na altura de ¼ de 3,3°C e de 5,4 em relação à altura ¾ respectivamente, diferença definida pelo contato do ar atmosférico com a parte superior da leira e a temperatura mais baixa na altura de ¾ por consequência do contato com o piso de concreto da unidade de compostagem.

5.2 Monitoramentos de pH

Na Figura 19, tem-se os resultados dos níveis de pH do efluente aplicado na unidade de compostagem.

Figura 23 - Teores de pH do Dejetos Líquido.



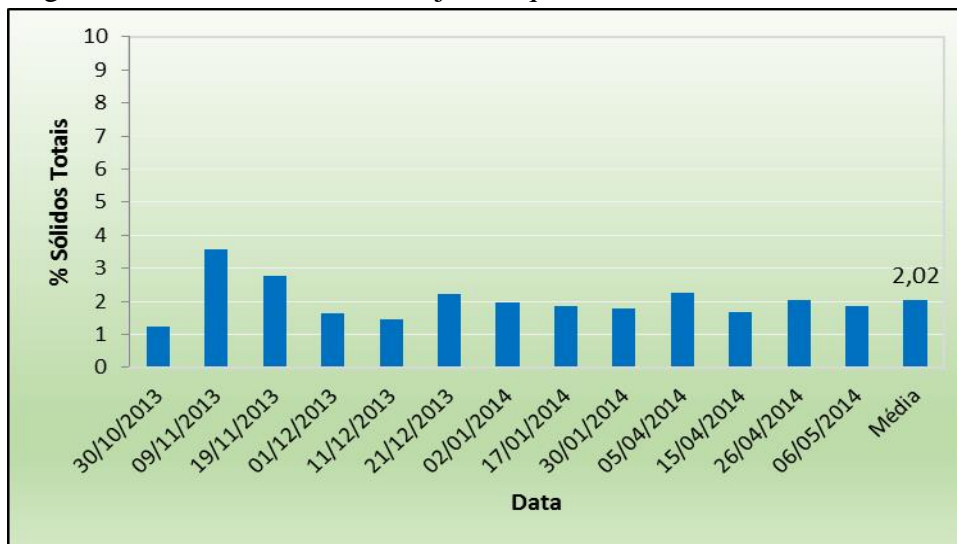
Fonte: O Autor.

Nota-se que o teor de pH não sofre grande interferência durante o período de monitoramento. Percebe-se que os valores de pH estão acima da neutralidade, em média “7,7” pois a alcalinidade é uma medida da capacidade de tamponamento do meio e está relacionada exclusivamente à concentração de íons de bicarbonato. A urina e as fezes dos suínos são ricas desses íons, o que condiciona uma neutralidade do material. O íon carbonato tem a propriedade de doar hidrogênio sem afetar abruptamente a faixa de pH da mistura.

5.3 Sólidos Totais do Dejeto Líquido de Suínos

A quantidade de Matéria Seca presente no dejetto líquido de suínos representa os níveis de Sólidos Totais, o restante é a umidade do material. Essa matéria seca determina os níveis de nutrientes presentes no dejetto líquido de suínos. Na Figura 20 estão expressados os teores de Sólidos Totais das amostras do dejetto líquido de suínos.

Figura 24 - Sólidos Totais do Dejeto Líquido.



Fonte: O Autor.

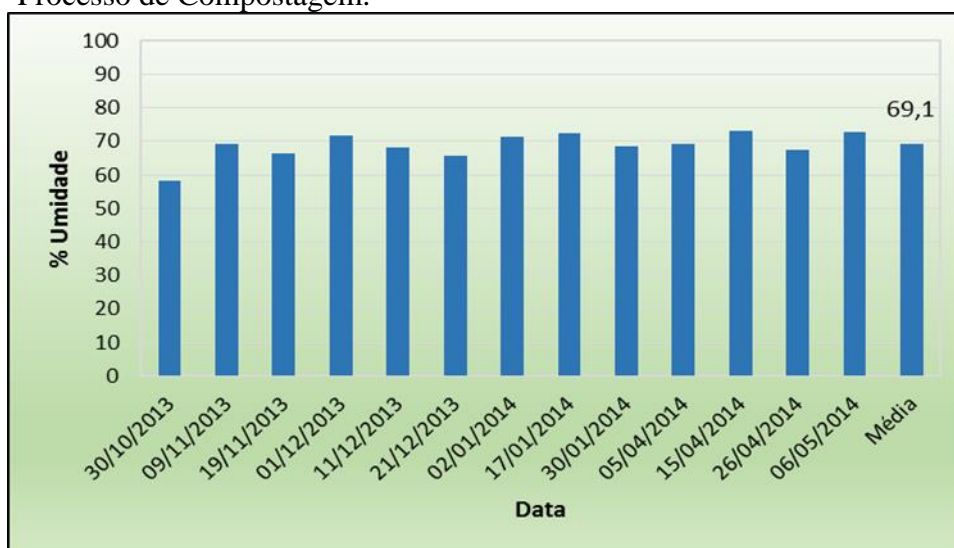
Os níveis de Sólidos Totais tiveram uma variação inicial bem significativa pois não se teve uma boa homogeneização do dejetto líquido de suínos na hora de ser bombeado à máquina de aplicação na unidade de compostagem. Já nas aplicações seguintes o problema da homogeneização foi solucionado e os parâmetros voltaram a ficar mais próximos e com índices mais baixos.

Os resultados obtidos no acompanhamento dos Sólidos Totais nos dejetos líquidos suínos demonstram valores entre 1,2% a 3,6% do volume aplicado, demonstrando que o restante do volume é água e urina, teores referenciados principalmente pelo processo de higienização das baias que utiliza grande quantidade de água que é agregada posteriormente ao dejetos produzido pelos suínos. Os Sólidos Totais nos dejetos líquidos suínos variam a sua quantidade conforme a sazonalidade, pois há influencia na menor ou maior ingestão de água e consequentemente produção de urina.

5.4 Teores de Sólidos Totais e Umidade na Serragem de Eucalipto

Os teores de umidade ficaram mais altos na serragem de eucalipto com adição de dejetos líquido de suínos (Figura 21), assim ocorrendo a elevação da temperatura no processo de compostagem. Observa-se que os dados ficaram muito elevados e se deveria ter adicionado menos volume de dejetos líquido de suínos na célula de compostagem.

Figura 25 - Teores de Umidade na Serragem de Eucalipto durante o Processo de Compostagem.



Fonte: O Autor.

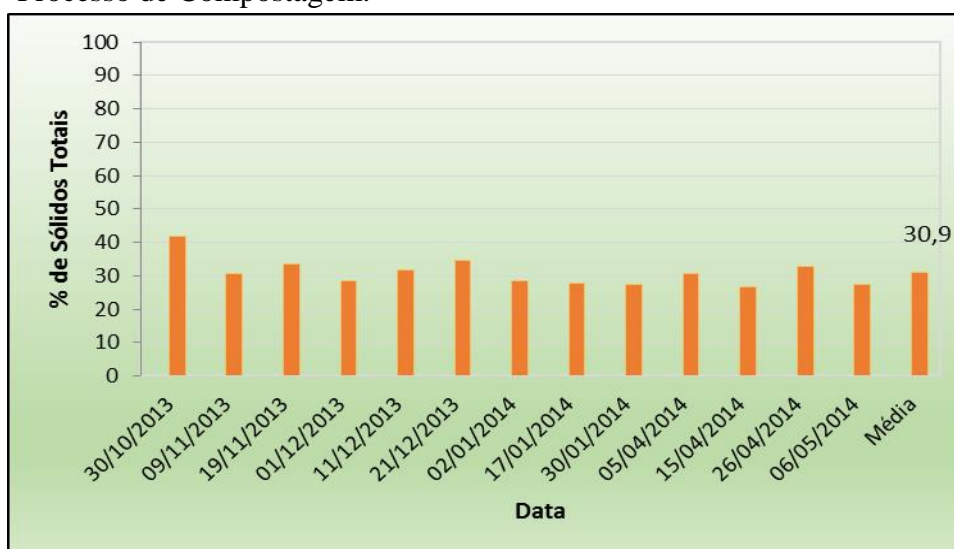
A umidade dentro da célula de compostagem medidas durante o monitoramento do processo de compostagem ficou, em média, de 69,1% afetando assim no aumento na temperatura dentro da célula.

Como a compostagem é um processo biológico de decomposição da matéria orgânica, a presença de água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos, os quais não sobrevivem na sua ausência. A umidade adequada deveria estar entre 40% e 60% (Kiehl, 2002).

A decomposição da matéria orgânica pelo processo aeróbico (produtos finais água, gás carbônico e calor pela ação de *Bacillus*, *Proteus* e *Micrococcus*; amônia e gás carbônico pela putrefação facultada pela ação do *Micrococcus ureae*, *Proteus*, entre outros). Para obtenção de um bom processo de compostagem é necessária a existência de diversas condições favoráveis como temperatura, umidade (40 a 60%), aeração, pH (6,5 a 8,0), tipo de compostos orgânicos existentes, concentração e tipo de nutrientes disponíveis (LOVATTO, 1996).

No processo de compostagem acompanhado na propriedade elencada anteriormente, a média de umidade ficou em 69,1%, variável importantíssima para que ocorra a elevação da temperatura próxima a 85°C, conforme bibliografia citada anteriormente.

Figura 26 - Teores de Sólidos Totais na Serragem de Eucalipto durante o Processo de Compostagem.



Fonte: O Autor.

O final da monitoria da unidade de compostagem ocorreu no dia 08 de junho quando os dados de temperatura do interior da célula de compostagem indicaram uma estabilização na temperatura em seu interior, não havendo mais aplicação de dejetos líquidos de suínos na unidade de compostagem desde o dia 17 de maio de 2014, onde após 4 dias se mensurou a altura do material compostado que ficou em 0,62 metros de altura em média na célula de compostagem.

A adoção de unidade de compostagem mecanizada para tratamento de dejetos líquidos de suínos com serragem vegetal, resulta na mudança do conceito da atividade, que passará de um sistema de produção com alto impacto poluidor, para uma atividade de médio potencial poluidor.

5.5 Análise Laboratorial

Foi enviado aos Laboratórios de Solos da UNISC em Santa Cruz do Sul/RS e UFRGS em Porto Alegre/RS duas amostras do composto uma com 149 dias para a UNISC, e outra com 246 dias para a UFRGS, para determinação de macro e micronutrientes que este composto possa conter em diferentes períodos dentro do processo. Os resultados estão elencados na Tabela 5 com os parâmetros de quantidade por volume de material decomposto.

Tabela 5 – Análise Laboratorial UNISC e UFRGS do Composto Orgânico.

Detrminações	Unidade	Valor Amostra UNISC	Valor Amostra UFRGS
Umidade	% (m/m)		59
pH		7,4	5,6
Densidade	kg/m ³	-	496
Carbono orgânico	% (m/m)	-	34
Nitrogênio (TKN)	% (m/m)	-	2,7
Fósforo Total	mg/L	>50	5500
Potássio total	mg/L	>1000	9000
Cálcio total	cmol/L	941,9	4400
Magnésio total	cmol/L	1276,4	3100
Enxofre total	mg/L	108,1	1650
Cobre total	mg/L	11,1	323,5
Zinco total	mg/L	52,5	496,5
Ferro total	% (m/m)	0,08	0,1
Manganês total	mg/L	2	108,5
Sódio total	% (m/m)	-	2700
Boro total	mg/L	0,7	35

Fonte: Laboratório de Análises de Solos da UNISC e UFRGS.

Nota-se que a concentração dos micronutrientes Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Manganês (Mn) estão altos. De acordo com a Resolução CONAMA n° 375, de 29 de agosto de 2006, que para o Cobre (Cu) o valor máximo é de 1.500 mg/kg e Zinco (Zn) é de 2.800 mg/kg. Na análise final estes parâmetros ficaram bem abaixo da resolução, assim, pode-se aplicar no solo como fertilizante orgânico.

A relação média de utilização de dejetos líquidos de suínos em áreas agricultáveis está relacionada aos teores nutricionais requeridos pela cultura a ser produzida e pelas características físico-químicas do solo a ser cultivado.

O volume a ser aplicado em solo agrícola segue com base o Manual de Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e completar a dose com fertilizantes minerais visando a atender as necessidades nutricionais da cultura a ser implantada.

5.6 Custos para Instalação de Esterqueiras para Acondicionamento de Dejetos Líquidos de Suínos.

Se tivéssemos de dimensionar as lagoas para suportar o dejetos líquidos de suínos para esta propriedade para se levantar os custos de todo o projeto, seria necessária uma área de 420,0m² em esterqueiras para suportar o volume gerado de dejetos líquidos de suínos durante 120 dias conforme recomendação técnica. Recomenda-se a utilização de duas esterqueiras para que ocorra o um período mínimo de estocagem, ocorrendo uma pré fermentação do dejetos líquido de suínos, ambas cobertas para evitar agregação do volume de dejetos causado pela precipitação da água da chuva.

Seriam dimensionados duas esterqueiras de 14,0m x 14,0m x 3,2m, com um recuo interno de 3,0m para uma inclinação próxima de 45°, e 1,0m de distância entre as bordas de uma esterqueira com a outra. Com cobertura de fibrocimento e estrutura de sustentação com madeira de eucalipto roliças, tendendo a diminuir o seu custo de implantação.

Estes dados estão relacionados na Tabela 6, com seus respectivos custos para acondicionar o dejetos líquido de suínos produzidos por esta unidade produtora.

Tabela 5 - Custos Iniciais (R\$) de Implantação das Esterqueiras.

Material	Descrição	Valor Unitário	Medida	Quantidade	Valor Total
Geomembrana 0,8mm	2 esterqueiras de 14m x 15,5m cada (2 x 217m ²)	12,50	m ²	634	7.925,00
Telhado telha fibrocimento	2,44m x 0,5m x 0,004m	10,90	un	434	4.730,60
Estrutura de Sustentação	Esterqueira	350,00	un	1	350,00
Área de Instalação	420	-	m ²	-	-
CUSTO TOTAL					13.005,00

Fonte: O Autor.

5.7 Custos para Instalação da Unidade de Compostagem Mecanizada

Para esta propriedade é necessário uma área de 352,24m² de instalações buscando-se a relação de 3,0 suínos por m³ de serragem por m² de área de compostagem com serragem, compreendendo a esterqueira de alvenaria e a unidade de compostagem mecanizada ambas já instaladas. A esterqueira de alvenaria serve como um depósito para posterior recalque do dejetos líquido para a unidade de compostagem mecanizada.

Tabela 6 - Custos Iniciais (R\$) de Implantação para Unidade de Compostagem.

Material	Descrição	Valor Unitário	Medida	Quantidade	Valor Total
Depósito de Alvenaria	(13,3 x 2,8) 37,24m ²	4.000,00	m ²	1	4.000,00
Telhado telha fibrocimento	2,44m x 0,5m x 0,004m	10,90	un	60	654,00
Infraestrutura Unidade de Compostagem	50,0m x 6,30m	40.000,00	un	1	40.000,00
Máquina de Revolvimento	9 helicoides	35.000,00	un	1	35.000,00
Bomba de Recalque	5 CV	4.700,00	un	1	4.700,00
Área de Instalação	352,24	-	m ²	-	-
CUSTO TOTAL					84.354,00

Fonte: O Autor.

A dimensão da esterqueira de alvenaria é de 12,80m x 2,30m x 1,0m (retangular). Com cobertura de fibrocimento e estrutura de sustentação com madeira de eucalipto roliças. Estes dados estão relacionados na Tabela 7, com seus respectivos custos.

5.8 Viabilidade Econômica do Processo de Compostagem Mecanizada

5.8.1 Variáveis Técnica/Econômica do Processo de Compostagem Mecanizada

Para dejetos compostados aconselha-se a administração de 20,0 a 40,0 toneladas/Ha de composto. Na unidade produtora de suínos a unidade de compostagem mecanizada gera até o final de seu processo (365 dias) em torno de 103,0m³ de composto o que corresponde a 40% do volume de serragem colocado na unidade de compostagem. O composto final possui densidade 0,496 assim tem-se 51,0 toneladas de material compostado na unidade de compostagem mecanizada no final dos 365 dias, assim, necessita-se de 2,55 hectares administrando a dose de 20,0 Ton/Ha de material decomposto, respeitando recomendação técnica.

O processo de compostagem na unidade é de 365 dias (1 ano), onde se fará a criação de três lotes de suínos em fase de terminação (engorda). Esta unidade contém telhado, piso de concreto, máquina para aplicação do dejetos líquido de suínos e revolvimento da serragem de eucalipto, bomba de recalque deste dejetos líquido e esterqueira de alvenaria.

5.8.2 Variáveis Técnica/Econômica da Esterqueira para Dejetos Líquidos de Suínos

Não se tem dados definitivos mas de forma preliminar aconselha-se a administração de (+/-) 60,0m³ de dejetos líquidos de suínos por hectare agrícola. Na unidade produtora de suínos a qual foi monitorada a unidade de compostagem mecanizada, há uma geração de 2.171,8m³ de dejetos de suínos por ano, correspondendo a uma área total para destinação destes dejetos em 36,2 hectares agricultáveis por ano, respeitando recomendações técnicas e a legislação ambiental.

A pesquisa ainda não possui dados definitivos, mas de forma preliminar sugere-se para a cultura de milho, dose de até 160 kg de nitrogênio / ha (\pm 60 m³ de dejetos), parcelada em duas vezes e para as culturas de estação fria dose de 15 m³/Ha. Nessa área há necessidade de

mais pesquisa para verificar-se o comportamento dos nutrientes no solo e níveis de nitrato na água, visando ter-se mais segurança na indicação de doses de esterco para diferentes tipos de solo (BIPERS, 1998).

Para aplicação deste volume anual de dejetos líquidos gerado pela unidade de produção será necessário um veículo próprio de transporte que no caso será um caminhão tanque com capacidade de carga de 6,0 toneladas. A geração de dejetos líquidos de suínos anual na propriedade é de 2.171,8m³, seriam necessário 362,0 cargas deste caminhão transportando este dejetos líquidos até a área agrícola destinada à aplicação deste dejetos.

5.8.3 Payback dos Sistemas de Tratamento de Dejetos Líquidos de Suínos.

Payback é o tempo ao qual o valor adicionado no projeto do tratamento e destinação do dejetos líquidos de suínos e o valor adicionado com o projeto de unidade de compostagem para tratar esta mesma quantidade de dejetos líquidos de suínos atingem o mesmo valor na comparação se fosse implantar ambos os projetos.

Assim, soma-se os valores de implantação e custos de operação anuais de ambos projetos e projeta-se esses gastos nos anos adiante, até que os valores se igualem. No ano que se igualarem os valores de investimento mais os operacionais, este é o período de Payback.

Neste caso é um comparativo entre os dois processos de tratamento de dejetos líquidos de suínos, onde ocorre uma mensuração dos gastos entre estes dois sistemas, com seus lucros e gastos para sua operação.

Conforme Tabela 8, o payback é alcançado no 5º ano após a implantação do projeto de tratamento de dejetos líquidos de suínos, indicando muitas variáveis que se pode ter na unidade de compostagem. Uma destas variáveis é que o valor orçado se manteve o mesmo com o passar dos anos, outra que não aparece é os subsídios recebidos pela gestão municipal (recursos públicos), mais uma é a questão de o produtor possuir transporte próprio para os dejetos líquidos atendendo a necessidade para outras atividades como um trator agrícola, no caso abordado o transporte era terceirizado, etc...

Tabela 7 – Payback (R\$) de Operação e Manutenção para Unidade de Compostagem.

Destinação →	ANO 1		ANO 2		ANO 3		ANO 4		ANO 5	
	Líquido	Compostagem	Líquido	Compostagem	Líquido	Compostagem	Líquido	Compostagem	Líquido	Compostagem
CUSTOS										
Geomembrana 0,8mm	7.925,00	-	1.585,00	-	1.585,00	-	1.585,00	-	1.585,00	-
Telhado (esterqueira)	5.368,58	742,20	-	-	-	-	-	-	-	-
Estrutura Sustentação Telhado	350,00	350,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Infra estrutura Compostagem	-	40.000,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Serragem (284m³ a R\$ 18,00/m³)	-	5.112,00	-	5.112,00	-	5.112,00	-	5.112,00	-	5.112,00
Máquina Revolvimento	-	35.000,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Elétrica	-	400,00	-	400,00	-	400,00	-	400,00	-	400,00
Manutenção	1.394,80	2.000,00	1.394,80	2.000,00	1.394,80	2.000,00	1.394,80	2.000,00	1.394,80	2.000,00
Transporte (R\$ 50,00/carga)	18.100,00	-	18.100,00	-	18.100,00	-	18.100,00	-	18.100,00	-
Bomba de Recalque	-	4.700,00	-	-	-	-	-	-	-	-
VALOR (R\$)	33.138,38	88.304,20	21.079,80	7.512,00	21.079,80	7.512,00	21.079,80	7.512,00	21.079,80	7.512,00
	33.138,38	88.304,20	52.633,18	95.816,20	73.712,98	103.328,20	94.792,78	110.840,20	115.872,58	118.352,20
RECEITA										
Venda do Composto (R\$ 25,00/m³)	-	2.575,00	-	2.575,00	-	2.575,00	-	2.575,00	-	2.575,00
VALOR TOTAL (R\$)									115.872,58	105.477,20

Fonte: O autor.

Os custos abordados na Tabela 8, podem sofrer algum tipo de alteração, pois dependendo do município pode haver formas distintas de subsídios oferecidos aos produtores de suínos onde se consegue diminuir os custos de implantação da unidade de tratamento dos dejetos líquidos de suínos.

O payback refere-se ao setor econômico, o ambiental se digna de se ter uma redução considerável dos materiais destinados a unidade de compostagem para seu devido tratamento. A diferença dos volumes é em relação a parte líquida do dejetos líquido de suínos e a própria unidade da serragem de eucalipto que dentro do processo de compostagem ocorreu sua evaporação.

A degradação de dejetos animais via compostagem apresenta a vantagem de reduzir o volume e o peso do dejetos, produção de material estável sem geração de odores desagradáveis (quando corretamente manejado) e com alto valor agrônômico, além da possibilidade de reduzir a quantidade de microrganismos patogênicos (TURNER, 2002).

Figura 27 – Amostragem do Material Compostado ao Final de 246 Dias



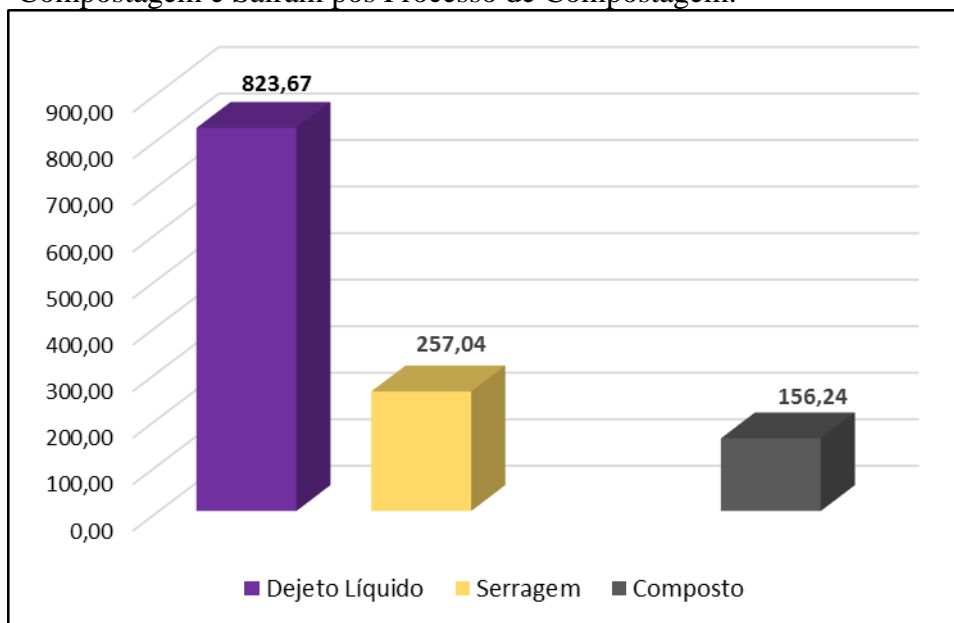
Fonte: O Autor.

O composto final depois de estabilizado tem características distintas, sem odor desagradável característico dos dejetos suínos e com coloração escura característica de material decomposto, conforme ilustrado na Figura 25, realçando a cor clara da serragem de eucalipto *in natura* com o composto final.

Analisando os dados de entrada na unidade de compostagem mecanizada de 257,04 m³ de serragem de eucalipto, mais 823,67m³ de dejetos líquido de suínos aplicado durante o processo de compostagem, diga-se que foram acondicionados na área de unidade de compostagem mecanizada um volume total de 1.080,71m³ e após 246 dias que foi o período de

compostagem desta unidade, tirou-se da unidade de compostagem o volume de 156,24 m³ de material decomposto, ilustrado na Figura 26.

Figura 28 – Volume de Materiais que Entraram na Unidade de Compostagem e Saíram pós Processo de Compostagem.



Fonte: O autor.

Esse processo de compostagem reduziu o volume total do composto em 85,54% de todo material que entrou nesta unidade de compostagem mecanizada, durante este processo de compostagem de 246 dias. Demonstrando sua viabilidade técnica durante o processo de compostagem.

Tabela 8 – Custos Anuais (R\$) Durante o Processo de Tratamento para 850 Suínos.

Material	Dejetos Líquidos Suínos	Unidade de Compostagem Mecanizada
<i>Produção Final</i>	<i>2.171,8 m³</i>	<i>103,0 m³</i>
Mão de Obra (Operação)	-	-
Energia Elétrica (163 KW/mês) (0,204/KW)	-	400,00
Manutenção	1.394,80	2.000,00
Transporte de Dejetos Líquidos (Frete)	18.100,00	-
Serragem de Eucalipto	-	5.112,00
TOTAL DE DESPESAS	19.494,80	7.512,00
Receita (Venda Composto)	-	2.575,00
CUSTO TOTAL	19.494,80	4.937,00

Fonte: O Autor.

Na Tabela 9 está elencado os custos de operação para um tratamento e disposição corretos destes dejetos líquidos de suínos, não contabilizados os custos de instalação para a unidade de produção de 2.550 suínos em um período de 365 dias, divididos em 3 lotes.

A utilização de dejetos líquidos de suínos para adubação orgânica se torna inviável pelo custo alto do transporte deste dejetos até o local a ser destinado ou acondicionado, pois se tem um trajeto a ser feito e este nem sempre é na propriedade de produção o que o torna ainda mais oneroso.

Já relatado em literaturas, a utilização de dejetos líquidos através da distribuição no solo como adubo orgânico tem se mostrado inviável economicamente, pelo motivo dos custos altos relacionados com o transporte e distribuição e todavia observando-se problemas ambientais relacionados a esta prática de tratamento e distribuição deste dejetos líquidos (SEGANFREDO, 2004).

6 CONCLUSÃO

Através do monitoramento do processo de compostagem na unidade de compostagem mecanizada concluiu-se que este sistema de tratamento de dejetos líquidos de suínos mostrou-se eficiente ambientalmente, pois houve tratamento dos dejetos líquidos de suínos podendo ser destinado para uso na agricultura.

Embora o período compreendido de monitoria foi de 246 dias, observa-se a viabilidade técnica da unidade de compostagem mecanizada no tratamento de dejetos líquidos de suínos, eliminando 85,54% do material gerado da suinocultura, essa redução se fez pela evaporação da umidade do dejetos líquido.

Na análise laboratorial a concentração de macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e micronutrientes como Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Boro (B), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Sódio (Na) e Enxofre (S) indica que o composto final do processo de compostagem pode ser usado como adubo orgânico, podendo substituir parte da adubação química usada na produção convencional de grãos e olerícolas. Os micronutrientes Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Manganês (Mn) ficaram com valores elevados mas dentro dos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA n° 375, de 29 de agosto de 2006.

O processo de compostagem em unidade de compostagem mecanizada de dejetos líquidos de suínos mostrou-se viável tecnicamente e ambientalmente, na área econômica não se tem retorno que garanta cobrir os gastos de implantação e manutenção da unidade de compostagem mecanizada, pois a unidade possibilita a sustentabilidade ambiental das regiões com alta concentração de animais.

REFERÊNCIAS

ABIPECS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Carne Suína Brasileira, Relatório ABIPECS 2012**. 2010. 9p. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em: 23 set. 2013.

ACSURS. Associação dos Criadores de Suínos do Rio Grande do Sul 2007. Disponível em: <<http://www.acsurs.com.br/>>. Acesso em: 20 set. 2013.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B. **Fontes de contaminação de solos e qualidade de vida**. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 17, 1999, Brasília, DF. CD - ROM. EMBRAPA CERRADOS, 1999.

ANUALPEC 2002. São Paulo: **FNP – Consultoria e Comércio**, 2002. 400p.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Trad. A. M. L. Receio e L. C. M. Carrera, 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARRINGTON, S.; CHOINIÈRE, D.; TRIGUI, M.; KNIGHT, W. Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. **Bioresource technology**, 83, p. 189-194, 2002.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES/RJ, 2001.

BLEY JUNIOR, C. **Instalações para tratamento de dejetos**. In: **Ciclo de Palestras sobre Dejetos de Suínos, Manejo e Utilização, do Sudeste Goiano**, 1, 1997, Rio Verde. Anais. Rio Verde: Fundação do Ensino Superior de Rio Verde, ESUCARV. 1997. p. 48-68.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A. & GUERRA, J.G. **Macromoléculas e substâncias húmicas**. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênese, 1999. p.27-40.

DAÍ PRÁ, Marcos Antonio; KONZEN, Egídio Arno; OLIVEIRA, Paulo Armando de; MORAES, Edgar. **Compostagem de Dejetos Líquidos de Suínos 2005**. Disponível em:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489733/1/Doc45.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2013.

DAÍ PRA, M. A. **Compostagem como Alternativa para Gestão Ambiental na Produção de Suínos**. Porto Alegre: Ed. Evangraf LTDA, 2009.

DAI PRÁ, M. A. **Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos**. 2006. 125 p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

DARTORA, V.; PERDOMO, Carlos Cláudio; TUMELEIRO, I.L. **Manejo de Dejeito de Suínos**. Boletim Informativo de Pesquisa – EMBRAPA Suínos e Aves e Extensão – EMATER/RS. Ano 7 noº 11, março/1998.

DIESEL, Roberto; MIRANDA, Cláudio Rocha; PERDOMO, Carlos Cláudio. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa, 2001. 30p. (BIPERS, 10).

DIESEL, Roberto; MIRANDA, Cláudio Rocha; PERDOMO, Carlos Cláudio. **Coletânea de Tecnologias sobre Dejetos Suínos**. Concórdia: Embrapa, 2002. 31 p. (BIPERS, 14).

DORFFER, M. Le compostagem accessible aux gros excédents. **Porc Magazine**, N. 314, p. 129 – 130, 1998.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES; **Unidade de Compostagem para o Tratamento dos Dejetos de Suínos 2006**. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc>. Acesso em 12 nov. 2013

EMBRAPA SUÍNOS E AVES; **Utilização de Maravalha e Serragem como Substrato para Compostagem de Dejetos de Suínos 2005**. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_h8g32j9g.pdf>. Acesso em 12 nov. 2013.

FLOTATS, X. Gestión y tratamiento de purines de cerdo. **Informativo Porcino, Rotecna**, ano IV, n. 11, junho 2000.

FUKUMOTO, Y., OSADA, T., HANAJIMA, D., HAGA, K., 2003. Patterns and quantities of NH₃, N₂O and CH₄ emissions during swine manure composting without forced aeration – effect of compost pile scale. **Bioresource Technol.** 89, 109–114.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, FEE. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.fee.tche.br>>. Acesso em 12 nov. 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divulgação dos resultados do censo 2012 IBGE**. Acesso em: 4 out. 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Economia**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 18 nov. 2013.

KERMARREC, C. **Bilan et transformations de l'azote en élevage intensif de porcs sur litière**. 1999. 272p. Thèse (Docteur). I' ENSA de Rennes, France. (n.99-24, D3).

KIEHL, E. J., **Fertilizantes Orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda., São Paulo, SP, 492 p., 1985.

KIEHL E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**, Piracicaba, SP. 4º ed., 173 p., 2004.

KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; BAHIA FILHO, A. ; PEREIRA, F. A. **Manejo do Esterco Líquido de Suínos e sua Utilização na Adubação do Milho**. 2ª Ed. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1998. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 25).

KONZEN, E. A. **Manejo e Utilização dos dejetos de suínos**. Pork World, v. 1, n.5, p. 52-57, 2002.

KONZEN, E. A. **Alternativa de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 5).

KUNZ, A.; SCHIERHOLD NETO, G. F.; NUNES, L. M. A.; OLIVEIRA, P. A. V. **Estudo da relação maravalha/dejeto a diferentes umidades para incorporação de lodo de dejeto de suínos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: [s.n.], 2004. p4.

KUNZ, A. et al. Recomendações técnicas para uso de esterqueiras para a armazenagem de dejetos de suínos. **Comunicado Técnico**, n. 361, p. 1-4, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004.

LIMA, G. J. M. M. O papel do nutricionista no controle da poluição ambiental por dejetos de suínos. **Curso de nutrição de suínos e aves**. Concórdia, SC, EMBRAPA-CNPMS, p. 1-9, 1996.

LOVATTO, P.A. **Manejo de Dejetos. Suinocultura Geral, 1996. Capítulo 9**. Disponível em <http://w3.ufsm.br/suinos/CAP9_dej.pdf> Acesso em 12 mai. 2014.

LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T. M. B.; OLIVEIRA, R. A. Possibilidade de uso de dejetos no meio rural. **WORKSHOP: MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA**, Campinas, SP, 1999.

MATTIAS, J.L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas micro bacias hidrográficas de Santa Catarina**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 165p.

MAZÉ, J.; THÉOBALD, O.; POTOCKY, P. Optimisation du compostage du lisier de porc avec des résidus lingo-cellulosiques: incidence du recyclage de la matière carbonée em Teté de procede et premiers essais agronomiques dès produits. **Journées de La Recherche Porcine en France**, 1999, v. 31, p. 91-98.

MAZÉ, J.; MELEC, D.; THÉOBALD, O. Compostage du liser de porc sur différents supports carbonés e selon deux modes d' aération. **Journées de la Recherche Porcine em France**, v. 28, p. 231-240, 1996.

MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para o tratamento de dejetos suínos**. 1997. 345 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

MERKEL, J. A. Composting. In: **Managing Livrdtock Wastes**. [S.I.]: Avi Publishing Company, 1981. p. 306-343.

OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de; HIGARASHI, Martha Mayumi. **Unidade de Compostagem para o Tratamento dos Dejetos de Suínos**: Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNUMA II. Concórdia, 2006. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=918>. Acesso em: 15 set. 2013.

OLIVEIRA; Paulo Armando Victória de. **Tecnologias para o Manejo de Resíduos na Produção de Suínos: Manual de Boas Práticas**. Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNUMA II. Concórdia, 2004. 109 p.

OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de; NUNES, Maria Luísa A. **Sustentabilidade ambiental da suinocultura**. Disponível em: < <http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/administracao/artigos/sustentabilidade-ambiental-suinocultura-t1710/124-p0.htm>>. Acesso em 15 set. 2013.

OLIVEIRA, P. A. V.; COSTA, R. H. R.; TROGLIO, J. Lagoons for treatment of waste products from hogs: example of Coopercentral. In: INTERNATIONAL SPECIALIST CONFERENCE AND WORKSHOP-WASTE STABILISATION PONDS TECHNOLOGY AND APPLICATIONS, 3., João Pessoa, 1995. **Proceedings**. João Pessoa: [s.n.], 1995.v.1.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Série Documentos n.º 27, EMBRAPA/CNPSA, 188 p., 1993.

OLIVEIRA, P. A. V. et al. **Utilização de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11.,2003, Goiânia, GO. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003a. p. 433-434.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M.; NUNES, M. L. A. **Emissão de gases na suinocultura que provocam efeito estufa**. **Suinocultura Industrial**, v. 25, n. 7, p. 16-20, 2003b.

OLIVEIRA, P. A. V. Modelo matemático para estimar a evaporação de água contida nos dejetos, em sistemas de criação de suínos sobre cama de maravalha e piso ripado, nas fases de crescimento e terminação. **Journal of the Brazilian Society of Agricultural Engineering**, v. 23, n. 3, p. 398-626, 2003c.

OLIVEIRA, P. A. V.; NUNES, M. L. A.; ARRIADA, A. A. **Compostagem e Utilização**

de Cama na Suinocultura. In: SIMPÓSIO SO BRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2001, Campinas. **Anais.** Campinas: CBNA, 2001. p. 391-406.

PAILLAT, J.M.; ROBIN, P; HASSOUNA, M; LETERME, P. **Effet du compostage défluent porcins sur les émissions gazeuses et les teneurs en éléments polluants.** Rennes : INRA, Centre de Recherches de Rennes, 2005. 106 p.

PERDOMO, C. C., OLIVEIRA, P. A. V. De, KUNZ A., **Sistemas de tratamento de dejetos suínos: inventário tecnológico.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 85).

PILLON, C. N. Agricultura e efeito estufa: desafios e oportunidades. **Suinocultura Industrial**, n. 154, p. 13-20, 2001.

ROPPA, L. A Suinocultura na América Latina. **In: I Congresso Latino Americano de Suinocultura.** Foz do Iguaçu, PR. 2002.

SANTOS, G; CAMARGO, F. 1999. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Ed Gênese edições. Porto Alegre, Brasil, 508 p.

SCHERER, E.E.; AITA, C. & BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante.** Florianópolis, EPAGRI, 1996. 46p. (Boletim Técnico, 79).

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. **Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizante.** Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos. EMBRAPA - CNPSA, 1994.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Alterações nas propriedades químicas dos solos em áreas intensivamente adubadas com dejetos de suínos. **FERTIBIO 2004**, 19-23 de julho, Lages SC, 4 p., 2004.

SEGANFREDO, Milton Antônio. SOARES, I.J. & KLEIN, C.S. **Potencial fertilizante e poluente dos dejetos de suínos no contexto das pequenas propriedades do Oeste de SC.** Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 342).

SEGANFREDO, Milton Antônio. **Efeito de dejetos líquidos de suínos sobre algumas características físicas do solo.** Embrapa Suínos e Aves (CNPSA), 2000.

SEGANFREDO, Milton Antônio. **Indicadores de pressão ambiental no uso de dejetos suínos como fertilizante do solo e análise de sua aplicabilidade.** In. CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 13., 2007, Florianópolis. **Anais.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007.

SEGANFREDO, Milton Antônio. **Os Dejetos de Suínos são um Fertilizante ou um Poluente do Solo?** Cadernos de Ciência e Tecnologia. Brasília: Embrapa, 1999. p.129-137.

SEGANFREDO, M. A. Dejetos animais: a dupla face benefício ou prejuízo. **Guia Suinocultura Industrial**, n. 9, 2004.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis et al. **Abertura econômica e competitividade no agronegócio brasileiro: impactos regionais e gestão estratégica**. Passo Fundo: UPF, 2002.

SILVA, C.D.; COSTA, L.M.; MATOS, A.T.; CECON, P.R.; SILVA, D.D. **Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar**. Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.487-491, 2002.

SILVA, F. C. M. **Tratamento dos Dejetos Suínos Utilizando Lagoas de Alta Taxa de Degradação em Batelada**. Florianópolis: UFSC, 1996. 115 p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, V. S. et al. **Dinâmica da Infecção por *Mycobacterium avium* em Suínos**. In: Congresso Brasileiro de Veterinários especialistas em suínos, 10., 2001, Porto Alegre. **Anais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. v. 2, p. 137-138.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Microorganismos e processos biológicos no solo: perspectiva ambiental**. EMBRAPA-CNPSO. Brasília, DF, 142 p., 1994.

TURNER, C. The thermal inactivation of *E. coli* in straw and pig manure. **Bioresource Technology**, v. 84, p.57-61, 2002.

USDA/USEPA, Unified National Strategy For Animal Feeding Operations, Washington, March 9, 1999. Disponível em: <<http://www.epa.gov/npdes/pubs/finafost.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2013.

UNIDADE MECANIZADA E AUTOMATIZADA DE COMPOSTAGEM – UMAC, **Compostagem é boa opção**. Disponível em: <www.umac.com.br> Acesso em 10 set. 2013.

WOLFF, Luís Fernando Bos. **Controle da Contaminação Ambiental Decorrente da Suinocultura no Estado do Rio Grande do Sul: Manual de Capacitação de Técnicos**. Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNUMA II. Porto Alegre, 2004. 152 p.

ZAHN, J. A. et al. Functional classification of swine manure management systems based on effluent and gas emission characteristics. **Journal Environment Quality**, v. 30, p. 635-647, 2001.

ANEXO I

Análise Laboratório de Solos da UNISC.



LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO

Nome.....: Prefeitura Municipal
 Município.....:
 Localidade.....:
 Estado.....: RS

Data de Recebimento.....: 26/03/2014
 Data de Expedição.....: 09/04/2014

Núm.	Registro	Argila %	Classe	pH	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	M.O. %	Al cmol _c /L	Ca cmol _c /L	Mg cmol _c /L
1	31455-21	25	3	7,4	6,9	>50	>1000	9,8	0,0	4,7	10,5

Núm.	H + Al cmol _c /L	CTC cmol _c /L	% SAT. da CTC		S mg/L	Zn mg/L	Cu mg/L	B mg/L	Mn mg/L	Fe %	Cl mg/L
			Bases	Al							
1	1,6	19,4	91,6	0,0	108,1	52,5	11,1	0,7	2	0,08	---

Análises Adicionais:

Núm.	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Núm.	Observações
1	01 - Substrato

UNIDADES: % = massa/volume; mg/L = ppm (peso/volume);
 cmol_c/L = meq/100 mL; CTC a pH 7.0

Consulte um profissional da área agrícola para obter as recomendações de adubação e calagem.

"Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada". A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

Alcido Kirst
 Alcido Kirst
 Responsável Técnico
 Reg. CRQ-V 05100435

Laboratório Participante da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - ROLAS
 Avenida Independência, 2293 - Bloco 11 - Santa Cruz do Sul - RS - CEP 96.815-900
 Fone (0xx51) 3717-7500 Fax (0xx51) 3717-7530 www.unisc.br/centralanalitica central@unisc.br

Via Cliente
 Prof. Mun. de Seroio



ANEXO II

Análise Laboratório de Solos da UFRGS



FACULDADE DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SOLOS
LABORATÓRIO DE ANÁLISES

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: EMATER

MUN.: SÉRIO

EST.: RS

Data de entrada: 23/05/14

Data de expedição: 16/06/14

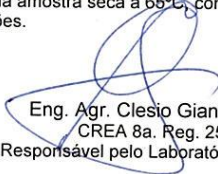
MATERIAL: COMPOSTO ORGÂNICO

Nº DE REG.: R-157/2014

Determinações	Amostra 01	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	59	gravimetria / -
pH	5,6	relação amostra:água 1:5/potenciometria
Densidade - kg/m ³	496	-
Carbono orgânico - % (m/m)	34	combustão úmida/Walkey Black / 0,01%
Nitrogênio (TKN) - % (m/m)	2,7	Kjeldahl / 0,01 %
Fósforo total - % (m/m)	1,1	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Potássio total - % (m/m)	1,8	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cálcio total - % (m/m)	0,88	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Magnésio total - % (m/m)	0,62	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Enxofre total - % (m/m)	0,33	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cobre total - mg/kg	647	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,6 mg/kg
Zinco total - mg/kg	993	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Ferro total - % (m/m)	0,10	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Manganês total - mg/kg	217	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Sódio total - % (m/m)	0,54	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 10 mg/kg
Boro total - mg/kg	70	digestão seca/ ICP-OES / 1 mg/kg

Obs.1: Resultados expressos na amostra seca a 65°C, com exceção do pH e densidade.

Obs.2: Média de 2 determinações.


Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.
CREA 8a. Reg. 25.642
Responsável pelo Laboratório de Análises

ANEXO II

Planilha de Monitoramento de Temperaturas

Produtor:		T °C						
Data	Profundidade da leitura	Leira 1			Leira 2			OBS
		1	2	3	1	2	3	T°C Ambiente
05/10/2013	1/4							13,3
	1/2	27,6						
	3/4							
09/10/2013	1/4							19,2
	1/2	27,5						
	3/4							
13/10/2013	1/4							17
	1/2	28,1						
	3/4							
17/10/2013	1/4							19,3
	1/2	27,8						
	3/4							
20/10/2013	1/4							19,9
	1/2	27,7						
	3/4							
26/10/2013	1/4							18
	1/2	28						
	3/4							
30/10/2013	1/4	48,9						16,2
	1/2	51						
	3/4	46,8						
03/11/2013	1/4	48,1						19,5
	1/2	49,5						
	3/4	46						
06/11/2013	1/4	46,7						18,8
	1/2	48,5						
	3/4	43,8						
09/11/2013	1/4	46,9						21,2
	1/2	48,7						
	3/4	44,1						
13/11/2013	1/4	47,5						24,3
	1/2	49,1						
	3/4	44,6						
16/11/2013	1/4	46,1						21,4
	1/2	47,5						
	3/4	43,4						
19/11/2013	1/4	47						23,7
	1/2	48,6						
	3/4	44,2						