

Nº 8

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental**

**Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**

**HUGO ADOLFO GOSMANN**

**ESTUDOS COMPARATIVOS COM BIOESTERQUEIRA E  
ESTERQUEIRA PARA ARMAZENAMENTO E VALORIZAÇÃO  
DOS DEJETOS DE SUÍNOS**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-  
Graduação em Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal de Santa Catarina, como  
requisito parcial para a obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia Ambiental.**

**Orientador: Prof. Dr. Paulo Belli Filho**

**FLORIANÓPOLIS**

**SANTA CATARINA - BRASIL**

**JULHO DE 1997**

**ESTUDOS COMPARATIVOS COM BIOESTERQUEIRA E ESTERQUEIRA  
PARA ARMAZENAMENTO E VALORIZAÇÃO DOS DEJETOS DE SUÍNOS**

HUGO ADOLFO GOSMANN

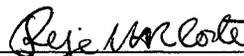
Dissertação submetida ao corpo docente do programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL**  
na Área de Tecnologias de Saneamento Ambiental .

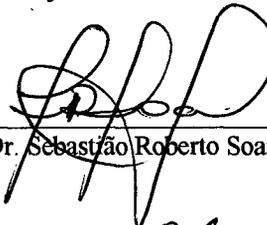
Aprovado por:



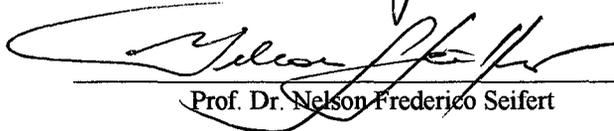
Prof. Dr. Paulo Belli Filho (Orientador)



Prof.ª Dr.ª Rejane Helena Ribeiro da Costa



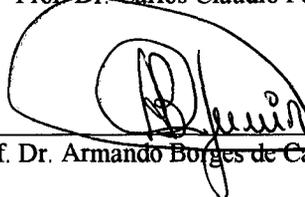
Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares



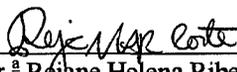
Prof. Dr. Nelson Frederico Seifert



Prof. Dr. Carlos Cláudio Perdomo



Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Júnior



Prof.ª Dr.ª Rejane Helena Ribeiro da Costa  
(Coordenadora)

FLORIANÓPOLIS, SC - BRASIL  
JULHO DE 1997

À minha esposa Sueli  
e a meus filhos Hugo Leonardo,  
Karina e Mário Augusto  
pelo incentivo, cooperação,  
compreensão, amizade e  
carinho recebido.

## AGRADECIMENTOS

Quanto maior a colaboração recebida, mais difícil é lembrar de todos para fazer agradecimentos. É impossível lembrar de todos porque a colaboração e a solidariedade recebida foi grande e de muitos. Mesmo assim, registros precisam ser feitos.

À EPAGRI, pela oportunidade que me foi proporcionada.

Ao Centro Tecnológico (CTC) da UFSC pelo curso de Mestrado em Engenharia Ambiental oferecido.

Ao Prof. Dr. Paulo Belli Filho, meu orientador, pelo incentivo e valiosa contribuição na execução do trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Sérgio Philippi, pelo apoio como orientador de disciplinas.

Aos professores e funcionários do CTC - Engenharia Ambiental e do Centro de Ciências Agrárias (CCA) pela contribuição nas aulas, pelo apoio e amizade.

Aos estagiários Edwin Fabiano Carreira Alves, João Mortari Júnior e aos funcionários do CTC Márcio Luis Busi da Silva e Américo Cruz pela colaboração, apoio, amizade e companheirismo na equipe e na execução do trabalho.

Aos colegas de mestrado pelo companheirismo, amizade e incentivo.

A UFSC, EPAGRI, CIDASC, CNPSA e SADIA CONCÓRDIA SA, instituições parceiras e a GTZ, COOPERCENTRAL e filiações, ACCS, SANSUY, αTECNOQUÍMICA, instituições apoiadoras. Os agradecimentos são extensivos à direção, funcionários e colegas pela contribuição recebida para a realização deste trabalho.

Às demais empresas, amigos e colaboradores.

GOSMANN, Hugo Adolfo. *Estudos comparativos com bioesterqueira e esterqueira para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos*. Florianópolis, 1997. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Paulo Belli Filho

Defesa: 07/97

Estudo com sistemas de armazenamento de dejetos de suínos foi realizado em duas etapas. A primeira etapa constou de uma caracterização de sistema de manejo e armazenamento de dejetos feita à campo. Foi utilizada uma amostra de 163 suinocultores da região Oeste de Santa Catarina, indicando os sistemas de bioesterqueira e de esterqueira como os mais frequentes (91%) em suas propriedades. As propriedades com bioesterqueira, são menores, apresentam maior capacidade de estocagem e aplicam menor quantidade de dejetos nas lavouras, em relação aquelas que adotam a esterqueira. A segunda etapa constou de um estudo comparativo entre os sistemas mais frequentes (bioesterqueira e esterqueira). Os resultados da pesquisa mostraram semelhança nos dois sistemas quanto a eficiência na redução da matéria orgânica (ST, SV, DQO e DBO<sub>5</sub>) e quanto a preservação do poder fertilizante (N, P e K). A esterqueira apresenta a vantagem de um custo de construção 20% inferior ao da bioesterqueira.

## SUMÁRIO

	Página
<b>RELAÇÃO DE FIGURAS.....</b>	<b>i</b>
<b>RELAÇÃO DE TABELAS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RELAÇÃO DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Revisão bibliográfica .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Caracterização da criação de suínos .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Produção e composição dos dejetos de suínos .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Fundamentos da digestão anaeróbia .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.1 Mecanismo da digestão anaeróbia .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.1.1 Fases da digestão anaeróbia .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.1.2 Principais bactérias do armazenamento e do solo .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3.2 Evolução da matéria orgânica .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.3 Evolução de microrganismos patogênicos.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.4 Fatores que interferem na digestão anaeróbia .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.5 Fatores que podem ser controlados na digestão anaeróbia .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4 Aspectos da valorização dos dejetos para agricultura .....</b>	<b>29</b>
<b>2.5 Diferentes sistemas de armazenamento e manejo de dejetos de suínos.....</b>	<b>35</b>
<b>2.5.1 Bioesterqueira .....</b>	<b>35</b>
<b>2.5.2 Esterqueira .....</b>	<b>37</b>
<b>2.5.3 Biodigestor .....</b>	<b>38</b>
<b>2.5.4 Tanque coberto para controle de odores .....</b>	<b>38</b>
<b>2.6 Considerações .....</b>	<b>39</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1 Caracterização dos sistemas de armazenamento e manejo de dejetos de suínos nas propriedades avaliadas .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.1 Aplicação do questionário e análise de dados.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.2 Coleta de amostras para análises no local e no laboratório.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1.3 Avaliação de parâmetros no local de coleta.....</b>	<b>43</b>

3.1.4	Análises de parâmetros no laboratório.....	43
3.2	Experimento com bioesterqueira e esterqueira.....	43
3.2.1	Instalação experimental.....	44
3.2.2	Caracterização da criação de suínos e dos dejetos utilizados no experimento.....	45
3.2.3	Alimentação dos reatores de armazenamento dos dejetos .....	47
3.2.4	Coleta de amostras para as análises laboratoriais.....	48
3.2.5	Avaliação de parâmetros no local do experimento.....	48
3.2.6	Análises laboratoriais.....	49
3.2.7	Análises de coliformes.....	50
3.2.8	Outras análises.....	50
4	Resultados e Discussão.....	51
4.1	Caracterização dos sistemas de armazenamento e manejo de dejetos de suínos nas propriedades avaliadas.....	51
4.1.1	Resultados da aplicação do questionário.....	51
4.1.2	Análise dos dejetos coletados nas propriedades rurais.....	62
4.1.3	Considerações.....	63
4.2	Resultados do Experimento com bioesterqueira e esterqueira.....	64
4.2.1	Volume de dejetos produzidos na unidade experimental .....	64
4.2.2	Evolução dos dejetos nos períodos de armazenamento.....	64
4.2.3	Análises laboratoriais.....	73
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	102
5.1	Caracterização dos sistemas de armazenamento e manejo dos dejetos de suínos nas propriedades avaliadas.....	102
5.2	Experimento com bioesterqueira e esterqueira .....	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
	ANEXOS.....	115
	Anexo 1 - Modelo de questionário aplicado na caracterização.....	116
	Anexo 2 - Relação dos suinocultores entrevistados.....	118
	Anexo 3 - Coletor de amostra de profundidade.....	122
	Anexo 4 - Método Marino Tedesco - determinação de P e K .....	124
	Anexo 5 - Equipamentos utilizados .....	126

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Fluxograma de criação de suínos .....	5
Figura 2.2 Esquema de digestão anaeróbia da matéria orgânica.....	9
Figura 2.3 Produtos formados na fermentação anaeróbia .....	14
Figura 2.4 Evolução esquemática da digestão anaeróbia em digestor .....	15
Figura 3.1 Modelo de uma bioesterqueira no município de Videira - SC .....	41
Figura 3.2 Esquema do fluxo dos dejetos na unidade experimental .....	44
Figura 3.3 Esquema da bioesterqueira e da esterqueira com fluxo dos dejetos .....	46
Figura 3.4 Unidade experimental no Cetre/EPAGRI - Florianópolis -SC .....	46
Figura 3.5 Momento de uma coleta de amostra com coletor de profundidade .....	48
Figura 3.6 Unidade experimental com campânulas e gasômetro - medição de biogás.....	49
Figura 4.1 Distribuição da frequência da área total das propriedades suinícolas .....	52
Figura 4.2 Distribuição da frequência das áreas ocupadas com lavoura .....	53
Figura 4.3 Distribuição da frequência do volume de dejetos produzidos nas propriedades suinícolas avaliadas .....	57
Figura 4.4 Distribuição da frequência do volume de dejetos aplicados nas lavouras das propriedades suinícolas avaliadas .....	61
Figura 4.5 Temperatura, em graus Celcius, no período experimental.....	65
Figura 4.6 Temperatura nos dejetos frescos de suínos e interior da bioesterqueira....	66
Figura 4.7 Temperatura nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira....	66
Figura 4.8 pH nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.....	68
Figura 4.9 pH nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.....	68
Figura 4.10 Potencial de oxiredução (Eh) nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira .....	70
Figura 4.11 Potencial de oxiredução (Eh) nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira .....	70
Figura 4.12 Densidade nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.	71
Figura 4.13 Densidade nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.....	71
Figura 4.14 Sólidos totais nos dejetos frescos de suínos e interior da bioesterqueira .....	74

Figura 4.15	Sólidos totais nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira...	74
Figura 4.16	Sólidos voláteis nos dejetos frescos de suínos e interior da bioesterqueira	77
Figura 4.17	Sólidos voláteis nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira	77
Figura 4.18	Sólidos fixos nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira	79
Figura 4.19	Sólidos fixos nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira....	79
Figura 4.20	DQO total nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira...	81
Figura 4.21	DQO total nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.....	81
Figura 4.22	DQO solúvel nos dejetos frescos de suínos e interior da bioesterqueira....	83
Figura 4.23	DQO solúvel nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira....	83
Figura 4.24	DBO <sub>5</sub> solúvel nos dejetos frescos de suínos e interior da bioesterqueira...	85
Figura 4.25	DBO <sub>5</sub> solúvel nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira...	85
Figura 4.26	NTK nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.....	87
Figura 4.27	NTK nos dejetos de suínos frescos e no interior da esterqueira.....	87
Figura 4.28	NH <sub>4</sub> nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.....	89
Figura 4.29	NH <sub>4</sub> nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.....	89
Figura 4.30	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.....	91
Figura 4.31	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.....	91
Figura 4.32	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> extraível nos dejetos frescos de suínos e interior da bioesterqueira...	93
Figura 4.33	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> extraível nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira...	93
Figura 4.34	K <sub>2</sub> O total nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira....	95
Figura 4.35	K <sub>2</sub> O total nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.....	95
Figura 4.36	K <sub>2</sub> O extraível nos dejetos frescos de suínos e interior da bioesterqueira....	96
Figura 4.37	K <sub>2</sub> O extraível nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira..	96
Figura 4.38	Produção de biogás nos dejetos de suínos do interior da bioesterqueira e da esterqueira, na 2 <sup>a</sup> época do experimento.....	99

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
Tabela 2.1 Características dos dejetos de suínos em unidades de recria e terminação, manejados em fossa de retenção.....	7
Tabela 2.2 Produção média de dejetos conforme a categoria dos suínos.....	8
Tabela 2.3 Produção teórica de metano por diferentes tipos de dejetos.....	17
Tabela 2.4 Composição dos dejetos líquidos: esterco + urina (não decompostos e biofertilizante) .....	30
Tabela 2.5 Composição dos dejetos suínos líquidos em NPK e matéria seca, calculado em volume de material fresco .....	30
Tabela 4.1 Distribuição do número de unidades de bioesterqueiras, esterqueiras de uma população de 163 propriedades avaliadas.....	52
Tabela 4.2 Aptidão agrícola, área total, área de lavoura e área de pastagem das propriedades que adotam os sistemas de manejo de bioesterqueira e esterqueira .....	54
Tabela 4.3 Sistema de manejo adotado n° de aves, n° de bovinos e dejetos acumulados.....	54
Tabela 4.4 Rebanho de suínos por categoria e total das propriedades pesquisadas.....	55
Tabela 4.5 Produção e Capacidade estocagem de dejetos de suínos nas propriedades com sistema de bioesterqueira e de esterqueira .....	56
Tabela 4.6...Número de criações; volume de dejetos produzidos; capacidade de estocagem em m <sup>3</sup> ; relação da capacidade de estocagem/volume de dejetos produzidos; capacidade de estocagem em dias e relação de dejetos produzidos/suíno.ano .....	58
Tabela 4.7 Produção de dejetos de suínos e capacidade de estocagem nas unidades de recria-terminação, por tipo de bebedouro .....	58
Tabela 4.8 Utilização dos dejetos de suínos nas propriedades do Oeste Catarinense..	60
Tabela 4.9 Volume de nutrientes (N, P, K) aplicados/ha.ano.....	61

Tabela 4.10	Resultados de DQO de 7 (sete) propriedades suícolas do Oeste de Santa Catarina (coleta maio 1996).....	63
Tabela 4.11	Potencial de oxiredução (Eh) nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira .....	69
Tabela 4.12	Eficiência na redução de parâmetros na bioesterqueira e na esterqueira no último dia em relação a média nos dejetos frescos da 1ª época do experimento .....	75
Tabela 4.13	Eficiência na redução de parâmetros na bioesterqueira e na esterqueira no último dia em relação a média nos dejetos frescos da 2ª época do experimento .....	75
Tabela 4.14	DQO total nos dejetos frescos de suínos e no da bioesterqueira e da esterqueira .....	80
Tabela 4.15	DQO solúvel nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira .....	82
Tabela 4.16	NTK nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira .....	86
Tabela 4.17	NH <sub>4</sub> nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira .....	88
Tabela 4.18	K <sub>2</sub> O total nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira .....	94
Tabela 4.19	K <sub>2</sub> O Método Fervura nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira .....	97
Tabela 4.20	K <sub>2</sub> O extraível Método Marino Tedesco nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira .....	97
Tabela 4.21	Rel. DQO total/NTK nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira .....	98
Tabela 4.22	- Coliformes totais e fecais/100ml nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira .....	100

## TABELA DE SÍMBOLOS e SIGLAS

$\sigma$ - Desvio Padrão

AGV - Ácidos graxos voláteis

ccf1 - 1º compartimento da câmara de fermentação da bioesterqueira

ccf2 - 2º compartimento da câmara de fermentação da bioesterqueira

CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono

DBO - Demanda bioquímica de oxigênio

Dep. Bio - Depósito da bioesterqueira

DQO - Demanda química de oxigênio

Esterq. - Esterqueira

H<sub>2</sub>S - Sulfeto de hidrogênio

K<sub>2</sub>O - Potássio

NH<sub>3</sub> - Amônia

NH<sub>4</sub> - Nitrogênio amoniacal, amônio

NTK - Nitrogênio total Kjeldahl

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -Fosfato

SF - Sólidos fixos

SO<sub>4</sub> - Íon sulfato

ST - Sólidos totais

SV- Sólidos voláteis

TRH - Tempo de retenção hidráulica

## RESUMO

O manejo e a armazenagem de dejetos de suínos estão diretamente relacionados à poluição ambiental e à sua valorização, principalmente na agricultura. Apesar da falta de maiores informações, os sistemas de armazenamento de dejetos conhecidos como bioesterqueira e esterqueira, são muito utilizados em Santa Catarina. O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de suprir a falta de informações sobre esses sistemas de armazenamento de dejetos de suínos. Na primeira etapa, foi realizada uma caracterização de sistemas à nível de campo, com o propósito de identificar os sistemas mais utilizados e conhecer o perfil e o manejo dos dejetos das propriedades usuárias. Para esta caracterização foi utilizado uma amostra de 163 suinocultores da região Oeste Catarinense. O levantamento indicou que a bioesterqueira está presente nas menores propriedades rurais (29ha em média), as quais possuem maior capacidade relativa de estocagem ( $0,73\text{m}^3/\text{suíno}$ ) e aplicam aos cultivos  $39\text{m}^3$  de dejetos/ha.ano. Já, as propriedades que adotam esterqueira são maiores (32ha em média), a capacidade é de  $0,52\text{m}^3/\text{suíno}$ , aplicando  $51\text{m}^3$  de dejetos/ha.ano. Na segunda etapa, dado a alta frequência destes dois sistemas (91%), foi conduzido um estudo comparativo entre a bioesterqueira e a esterqueira, quanto a eficiência na redução do teor da matéria orgânica e quanto a preservação do poder fertilizante. A pesquisa foi conduzida na EPAGRI-CETRE, em Florianópolis-SC, em duas épocas, sendo a 1ª de 120 dias no período de inverno-primavera e a 2ª de 100 dias no período de primavera-verão. Na 1ª época, em função da baixa temperatura, pequeno tempo de aclimação e fluxo hidráulico adotado, especialmente na bioesterqueira, a eficiência na redução da matéria orgânica, foi baixa. Entretanto, houve preservação do poder fertilizante nos dois sistemas. Na 2ª época, com melhores condições ambientais, a eficiência na redução foi de 56% nos ST, 69% nos SV, 70%, na DQO total, 86% na DQO solúvel e 97% da  $\text{DBO}_5$  solúvel. Também nesta 2ª época o poder fertilizante foi mantido nos dois sistemas. Para as condições onde foi conduzido o experimento, os resultados mostraram que, em se tratando apenas de armazenamento de dejetos de suínos, a eficiência e a preservação do poder fertilizante é semelhante nos dois sistemas estudados. A esterqueira apresenta a vantagem de um custo de construção 20% inferior, em relação bioesterqueira.

**Palavras chave:** dejetos de suínos, esterqueira, bioesterqueira, armazenamento de dejetos, manejo de dejetos.

## ABSTRACT

The management and storage of swine manure is directly related to its use in agriculture and also its environmental pollution effects. Tanks with one chamber and tanks with chambers in series are commonly used in Santa Catarina, nevertheless, little information about the advantages and disadvantages of each one is available. The aim of this research was supply information about these swine manure storage systems. In the first phase of this study was done, at a field level, to characterize the storage systems more found and to know the management of swine manure. The characterization of these systems was done among 163 swine breeders in the west region of Santa Catarina. It was shown that the tank with chambers in series is present in small farms (29ha), with greater storage capacity, about  $0,73\text{m}^3/\text{swine}$  and applying  $39\text{m}^3/\text{ha-year}$ . While the tank with one chamber is found in the larger holdings (32ha), with storage capacity of  $0,52\text{m}^3/\text{swine}$ , and a  $0,51\text{m}^3/\text{ha-year}$  application on crops. In the second phase due to the high frequency (91%) of the two systems (tank with one chamber and tank with chambers in series), was done a comparative study in order to know the efficiency in organic matter reduction and fertilizer power preservation. The research was done in Florianópolis-SC at the “Centro de Treinamento da EPAGRI” in two periods, one within 120 days and another within 100 days. The first, because of the low temperature, little time of acclimatization and hydraulic flow, specially in the tank with chambers in series, had a low efficiency of organic matter reduction, however, with preservation of fertilizer power in both systems. In the latter, with better environmental conditions, the efficiency in reduction was 56% in total solids (TS), 69% in volatile solids (VS), 70% in total carbon oxygen demand (COD), 86% in soluble COD and 97% in soluble biological oxygen demand (BOD). The fertilizer power was also maintained. The results showed that when it comes only to swine manure storage, the efficiency and fertilizer power preservation are the same in both systems. The tank with one chamber has the advantage of a 20% lower cost, comparing with the tank with chambers in series.

Key words: swine manure, swine manure storage, manure storage tanks, manure management, piggery waste.

## INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina tem na suinocultura a sua segunda principal atividade de formação do valor bruto da produção agrícola, participando com 15,4% do total (R\$ 398,3 milhões em R\$ 2,58 bilhões de reais). Possui 3,7 milhões de cabeças, o que representa 12% do rebanho nacional, abate anualmente 5,7 milhões de suínos (0,7% da produção mundial), tendo competitividade comparável aos mercados europeu e americano (Instituto CEPA, 1996).

Existem 197.000 agricultores catarinenses (dados preliminares censo 1996 do IBGE, não publicados). Destes, 28.000, dos quais 18.000 integrados às indústrias, tem na suinocultura a principal atividade econômica (Instituto CEPA, 1996). Do efetivo do rebanho, 80% é criado por pequenos agricultores (Instituto CEPA, 1988). A grande concentração da atividade ocorre na Região Oeste do Estado, predominando a pequena propriedade, onde a agricultura, normalmente a cultura do milho, é um complemento de alimentação dos suínos ou de renda da família rural.

Apesar do alto nível tecnológico da suinocultura catarinense em construções, equipamentos, alimentação, manejo e genética, a concentração desta atividade em algumas áreas e a falta de manejo, armazenamento e tratamento adequado dos dejetos produzidos, está causando sérios danos ao meio ambiente. Parte dos 32.000m<sup>3</sup> de dejetos produzidos diariamente (base 0,27m<sup>3</sup>/animal/mês, segundo KONZEN, 1983), é manejada de forma inadequada. PEDROSO et al, (1993) já alertava que 23,9% das criações do Oeste de Santa Catarina não praticavam nenhuma forma de armazenamento e SCHERER et al, (1996) estimou que apenas 20% dos suinocultores faziam o manejo dos dejetos de suínos corretamente. Existem propriedades com dejetos de suínos conduzidos a céu aberto e lançados diretamente na rede de armazenagem e cursos de água. Dos mananciais de água existentes na zona rural de Concórdia, 85% estão contaminados com coliformes fecais oriundos de dejetos de suínos (levantamento feito

pela ACARESC, 1989), bem como, por salmonelose e leptospirose (OLIVEIRA et al, 1993a). O manejo ineficiente dos dejetos, além disto, tem trazido consequências indesejáveis, tais como o mau cheiro (odores), a concentração de amônia no ar, o nitrato na água subterrânea, o elevado potencial de eutrofização dos corpos de água superficial, a exasperação de aspectos sanitários (BAUFÖRDERUNG LANDWIRTSCHAFT HANNOVER, 1993) e a proliferação de insetos, especialmente moscas (PEDROSO, 1993).

Como potencial de adubação para agricultura, considerando uma possibilidade utilização de 70% do total produzido, com o potencial de adubação haveria anualmente cerca de 8 milhões de m<sup>3</sup> de dejetos de suínos. Aplicando-se 40 toneladas por hectare, poderiam ser adubados 220.000 hectares de lavoura de milho, o que poderia elevar a produção em 3.600.000 sacos, representando R\$21.600.000,00 (vinte e um milhões e seiscentos mil reais), tomando-se por base o potencial de incremento de 1t (16,5 sacas) por hectare (SCHERER & CASTILHOS, 1994a), ao valor de R\$6,00 (seis reais) a saca.

A valorização dos dejetos como fertilizantes, junto com um programa de aplicação de calcário e conservação de solo, poderá aumentar as condições de competição da agricultura catarinense. Além disto, a grande vantagem da valorização dos dejetos será no controle da poluição e na economia de recursos naturais não renováveis, utilizados na fabricação dos fertilizantes químicos.

Atualmente, existem condições favoráveis para equacionar o problema da poluição por dejetos de suínos. Um exemplo disso, é o Programa de Expansão da Suinocultura e Tratamento de seus Dejetos em Santa Catarina, que prevê recursos para expansão da suinocultura, compra de equipamentos de distribuição e construção de unidades de tratamento e armazenamento de dejetos de suínos. Além deste Programa, outros aspectos de igual importância estão contribuindo na solução deste problema: a conscientização dos agropecuaristas e da sociedade; os movimentos de defesa do meio ambiente; os órgãos ambientais, como é o caso da FATMA - Fundação de Amparo ao Meio Ambiente; e os sistemas de gerenciamento ambiental (ISO14.000).

Vários sistemas de armazenamento e tratamento de dejetos de suínos tem sido utilizados em todo o mundo, sendo os principais: a bioesterqueira, a esterqueira, separação por fases e as lagoas de estabilização (anaeróbias, facultativas, aeróbias e aeradas).

Sistemas de esterqueiras ou tanques revestidos para armazenamento dos dejetos de suínos, são largamente utilizados na Europa. Países como a Alemanha, por exemplo, atualmente exigem a construção das unidades de armazenamento e tratamento acima do nível do solo, como forma de perceber e solucionar possíveis vazamentos e controlar a poluição.

Em Santa Catarina, especialmente na Região Oeste, onde se encontram as pequenas propriedades rurais produtoras de suínos, normalmente associadas a produção agrícola, são recomendadas, por técnicos das Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural oficiais e privadas e muito utilizadas por agricultores, a esterqueira e a bioesterqueira. O objetivo dos sistemas de armazenamento consiste em promover a armazenagem dos dejetos de suínos para posterior utilização na agricultura como fertilizante, e com isso, melhor viabilizar as pequenas propriedades rurais.

Apesar do custo de construção 20% mais elevado em relação à esterqueira, a bioesterqueira tem sido recomendada aos agricultores por uma parcela de técnicos da extensão rural pública e privada, com base na crença de sua eficiência quanto à degradação da matéria orgânica e o bom desempenho quanto a preservação do poder fertilizante agrícola, além da redução de odor e da proliferação de moscas.

Inexistem no entanto, informações científicas sobre as vantagens da bioesterqueira em relação à sua finalidade, que é semelhante a da esterqueira, largamente utilizada na Europa e em várias propriedades suinícolas de Santa Catarina. Ambas são propostas para o armazenamento anaeróbio e utilização dos dejetos na agricultura, sem o aproveitamento do biogás. O questionamento, neste sentido, é quanto a possibilidade da esterqueira, além de seu menor custo, mostrar a mesma eficiência na redução do teor de matéria orgânica e a mesma capacidade de preservar o poder fertilizante dos dejetos de suínos em relação a bioesterqueira. Faltam também informações sobre o melhor tempo de detenção e a eliminação de patógenos nestes sistemas de estocagem.

Esta falta de informações e a polêmica em torno dos sistemas de armazenagem de dejetos de suínos motivou o presente trabalho, o qual foi conduzido em duas etapas. A primeira foi uma caracterização dos sistemas de manejo e armazenamento de dejetos existentes a campo, feito junto a suinocultores da região Oeste de Santa Catarina. Teve como objetivo conhecer os sistemas existentes e a característica das propriedades que adotam a bioesterqueira ou a esterqueira, especialmente quanto a estocagem e manejo

dos dejetos de suínos. A segunda, foi um estudo comparativo da bioesterqueira e esterqueira, realizado nas dependências do CETRE (Centro de Treinamento) da EPAGRI (Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina) em Florianópolis, Santa Catarina, cujo objetivo foi o de comparar a sua eficiência na redução da matéria orgânica e na preservação do poder fertilizante.

O objetivo específico do presente trabalho é o de levantar dados quantitativos e qualitativos que ofereçam informações aos suinocultores quanto as vantagens e as desvantagens da bioesterqueira e da esterqueira e o manejo dos dejetos de suínos, nestes sistemas de estocagem, para a sua valorização como fertilizante na agricultura.

O trabalho busca contribuir com o Programa de Expansão da Suinocultura e Tratamento de Seus Dejetos em Santa Catarina e conseqüentemente, na redução da poluição e na melhoria do meio ambiente.

O presente trabalho foi feito em parceria entre a UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), EPAGRI (Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina), CIDASC (Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina), CNPSA-EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e SADIA CONCÓRDIA SA. Também contou com o apoio da GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), COOPERCENTRAL (Cooperativa Central Oeste Catarinense) e filiadadas, ACCS (Associação Catarinense de Criadores de Suínos), SANSUY SA Indústria de Plásticos, ALFATECNOQUÍMICA, além de outras instituições.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Caracterização da criação de suínos

O sistema de produção de suínos e seus dejetos é desenvolvido nas propriedades rurais em unidades de ciclo completo, contendo todas as fases da criação, ou de forma especializada, contendo uma fase da criação de suínos: UPL (unidade de produção de leitões) ou crescimento-terminação. As edificações de prédio único, são compostas por unidades de: 1) gestação, cobrição e pré-cobrição; 2) maternidade; 3) crescimento-terminação (OLIVEIRA et al, 1993b). Na Figura 2.1, pode-se ter uma idéia do fluxograma dos animais e dos dejetos de uma criação de suínos.

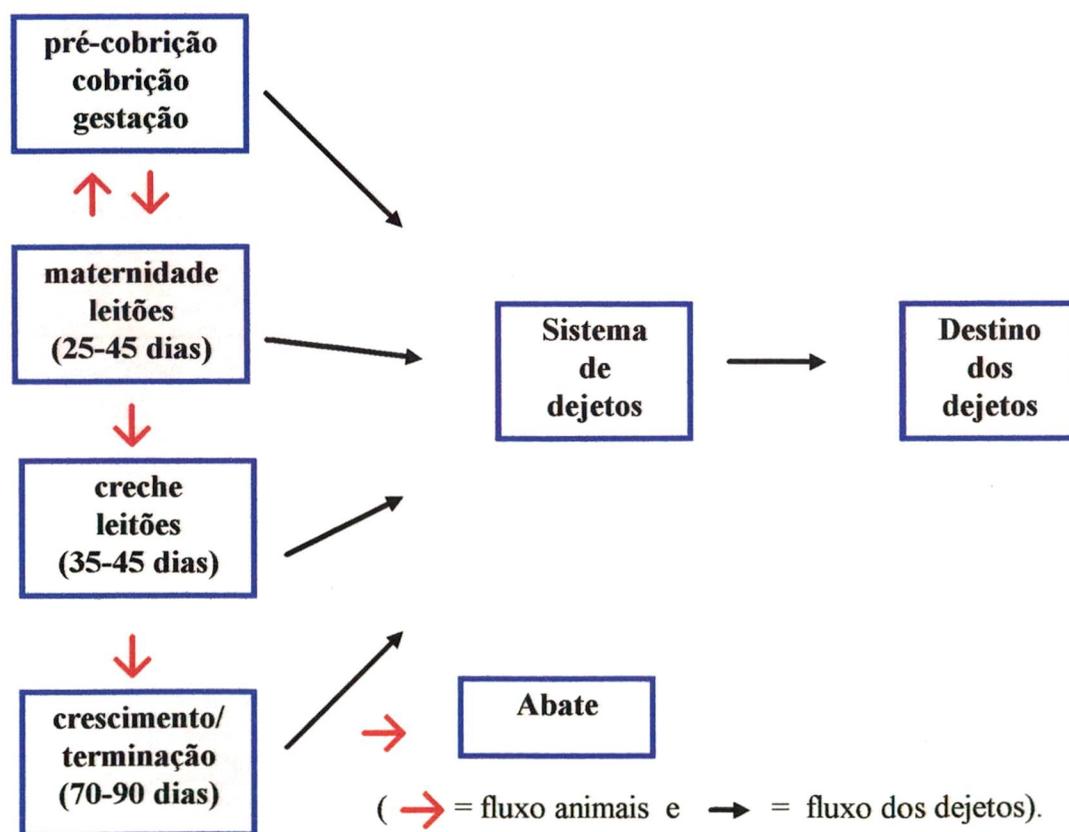


Figura 2.1 - Fluxograma de criação de suínos.

## 2.2 Produção e composição dos dejetos de suínos

Considerando condições distintas de situação e nas criações de suínos, pode-se dizer que a quantidade e a composição dos dejetos, varia a cada propriedade.

Conforme JELINEK (1977), citado por OLIVEIRA et al (1993a), a quantidade de dejetos produzidos varia de acordo com o peso corporal dos animais, apresentando valores decrescentes de 8,5% a 4,9% de seu peso vivo/dia, considerando a faixa dos 15 aos 100 kg de peso vivo.

O volume produzido depende do tipo da criação, construções, alimentação, distribuição de água, manejo adotado e estado psicológico dos animais (BELLI, 1995).

Os vazamentos de água nas pocilgas aumentam o volume dos efluentes. O principal incremento no conteúdo líquido decorre da urina e fezes, e do desperdício por mau funcionamento dos bebedouros e sistema de higiene adotado nas criações, enquanto o consumo de água é influenciado pela dieta e pela temperatura ambiente (PERDOMO, 1995).

A composição dos dejetos está associada ao manejo adotado (OLIVEIRA et al, 1993a), sendo função do esterco, da urina, das sobras de ração, do desperdício de água e de outros componentes que ocorrem nas criações. Quanto maior a sua densidade, maior é o teor de matéria seca e de nutrientes nos dejetos de suínos (SCHERER et al, 1995a e BERTRAND & ARROYO, 1984).

Vários autores estudaram a característica dos dejetos (Tabelas 2.1 e 2.2). Na Tabela 2.1 podem ser observados resultados de composição de dejetos de duas fontes (Brasil e Europa).

A composição, a carga orgânica e o potencial de poluição dos dejetos de suínos está diretamente ligado à nutrição animal (BELLI F<sup>o</sup>, 1995). Segundo JONGBLOED & LENIS (1992), a digestibilidade do fósforo de matéria prima de origem vegetal é de 16 a 45%, de células animais é de 68 a 91% e de fontes de fósforo inorgânico é de 63 a 90%. Segundo os mesmos autores, usando phytase, aumenta em 25% a digestibilidade do fósforo e, reduzindo 1 (um) ponto percentual o teor de proteína, reduz em 8,5% o teor

de N nos rejeitos e com 2 (dois) pontos percentuais, reduz em 20% o teor de N nos rejeitos. Tais dados indicam uma perspectiva de redução de 35 a 40% no teor de N e P nos rejeitos de suínos, no ano 2000, nos Países Baixos.

SCHERER et al (1995a) encontrou um valor médio de 6,83kg de nutrientes por metro cúbico, sendo 2,92kg de N, 2,37 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 1,54 kg de K<sub>2</sub>O.

Tabela 2.1 - Características dos dejetos de suínos em unidades de recria e terminação, manejados em fossa de retenção.

PARÂMETROS	MÉDIA 1	MÉDIA 2
pH	6,94	-
Matéria Seca (%)	8,99	5,2
Sólidos Totais/ST (%)	9,00	-
Sólidos Voláteis/SV (%)	75,05	-
Nitrogênio Total (%)	0,60	0,5
Fósforo (%)	0,25	0,17
Potássio (%)	0,12	0,25
DBO <sub>5</sub> (g/litro)	52,27	25,0
DQO (g/litro)	98,65	52,0

Fonte: Média 1- KONZEN (1980) citado por OLIVEIRA et al (1993a) e Média 2- BRIONNE (1993), citado por BELLI F<sup>o</sup> (1995).

Segundo KONZEN (1983) e KONZEN et al (1995), para cálculo da quantidade anual da produção de dejetos suínos pode ser utilizado por matriz por ano em ciclo completo: 21,833 toneladas de esterco + urina e 32,333 toneladas de esterco + Urina + água de desperdício.

Tabela 2.2 - Produção média de dejetos conforme a categoria dos suínos.

Categoria	Esterco kg/dia	Esterco +Urina kg/dia	Dejetos Líquidos l/dia	Estrutura para estocagem (m <sup>3</sup> /animal/mês)	
				Est.+ urina	Dej.líquid.
25-100kg	2,30	4,90	7,00	0,16	0,25
Porcas repos./cobriç./gest.	3,60	11,00	16,00	0,34	0,48
Porca lactação com leitões	6,40	18,00	27,00	0,52	0,81
Macho	3,00	6,00	9,00	0,18	0,28
Leitões	0,35	0,95	1,40	0,04	0,05
Média	2,35	5,80	8,60	0,17	0,27

Fonte: TIETJEN(1966), Committee of National Pork Producers Council (1981), LOEHR (1974), SANCEVERO et al .(1979) e KONZEN (1980), conforme citado por OLIVEIRA et al, (1993a).

### 2.3 Fundamentos da digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo de degradação da matéria orgânica por ação de bactérias, fungos e protozoários, sendo utilizada no tratamento de dejetos de suínos e na preservação de seu poder fertilizante (BELLI F<sup>o</sup>, 1995). Na digestão anaeróbia a matéria orgânica é transformada em solução ou a um estado semi-líquido e, em gás (ROUGER, 1987).

A anaerobiose dos dejetos de suínos conduz à formação de compostos com mau cheiro, devendo o potencial de odor ser modificado com o tempo de estocagem (BELLI F<sup>o</sup>, 1995).

As cinéticas em que se processa a digestão anaeróbia, são essencialmente aquelas de crescimento e de metabolismo das culturas não puras. Os conhecimentos sobre cinética de crescimento bacteriano são fundamentados na cinética de Monod (ROUGER, 1987):

$$dS/dt = k.X.S/Ks + S, \text{ onde}$$

$dS/dt$ = velocidade de utilização do substrato

S= concentração do substrato,

k= velocidade específica de utilização do substrato

X= concentração da biomassa

Ks= constante de saturação

### 2.3.1 Mecanismo da digestão anaeróbia

O mecanismo da digestão anaeróbia é mostrado na Figura 2.2.

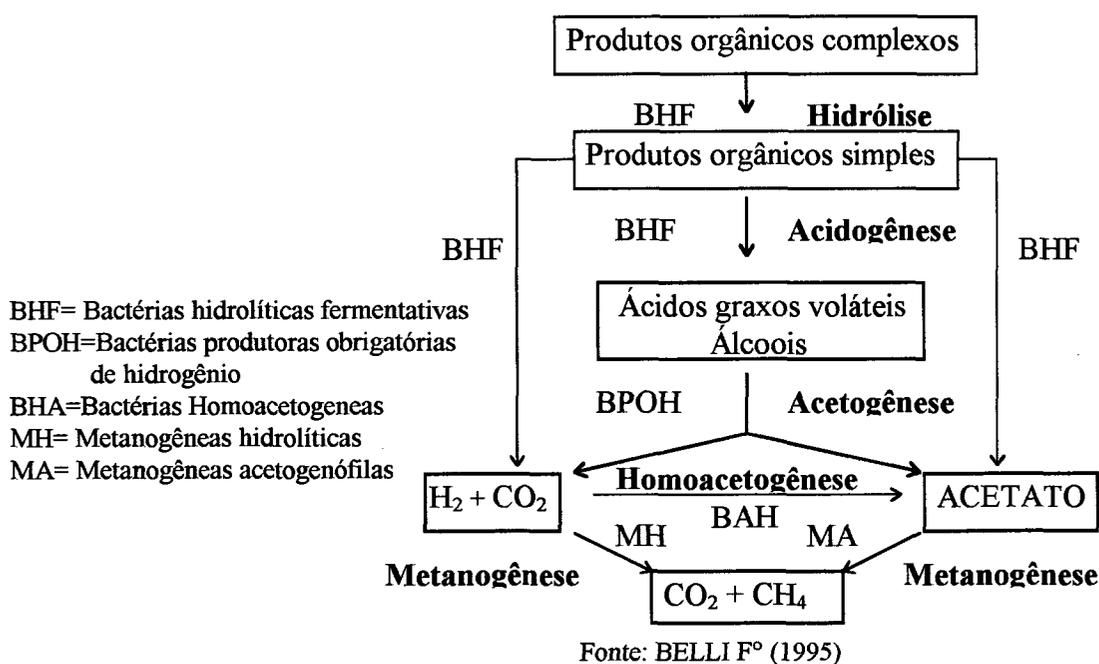


Figura 2.2 - Esquema de digestão anaeróbia da matéria orgânica.

#### 2.3.1.1 Fases da digestão anaeróbia

As fases (hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese) ocorrem simultaneamente em equilíbrio e de forma interdependente. Tem sido proposto um procedimento de instalação de 2 (dois) reatores em série para a realização, em separado e na sequência, da acidogênese e da metanogênese, como forma de melhorar a eficiência do processo (Sulzer, Frono, Sca Research e Université de Lund), o que é contestado por biólogos e especialistas, que afirmam que o hidrogênio é o vínculo necessário entre a acidogênese e a metanogênese (ROUGER, 1987).

## **Hidrólise**

Na hidrólise, ocorre a liquefação do meio. Os polímeros orgânicos são convertidos em compostos simples (monômeros) solúveis sob a ação de exoenzimas produzidas por bactérias aeróbia-anaeróbias facultativas (BELLI F<sup>o</sup>). Conforme LEMASLE & JESTIN (1991) é uma fase assegurada pelas bactérias que utilizam uma gama de exoenzimas como: proteases, lipases, celulase, pectinase. As matérias complexas (celulose, hemicelulose, amido, pectinas, proteínas, lipídios) são convertidas pelas bactérias hidrolíticas em compostos solúveis, tais como aminoácidos, peptídeos de cadeia curta, mono e dissacarídeos (MARTIN, 1985 citado por BELLI F<sup>o</sup>, 1995).

## **Acidogênese**

Na acidogênese os produtos da hidrólise são metabolizados pelas bactérias fermentativas em compostos orgânicos simples como alcoois, aldeídos, cetonas e ácidos graxos de cadeia curta, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> (BELLI F<sup>o</sup>, 1995). A maior parte dos produtos finais da acidogênese e da acetogênese são o ácido fórmico e ácido acético, o hidrogênio e dióxido de carbono (FOX & POHLAND, 1994 citado por BELLI F<sup>o</sup>, 1995).

Conforme HAANDEL & LETTINGA (1994), apesar de minoria, algumas bactérias da acidogênese são facultativas e podem metabolizar o material orgânico pela via oxidativa (removendo o O<sub>2</sub>), o que é importante porque a presença de oxigênio dissolvido, eventualmente poderia ser tóxico na digestão anaeróbia.

## **Acetogênese**

A acetogênese é uma etapa reguladora do processo: permite a transformação dos produtos da acidogênese em ácido acético, precursor do metano, impedindo a acumulação de ácidos graxos voláteis, além do ácido acético. Esses, em concentrações relativamente altas, inibem a etapa final da digestão anaeróbia. A transformação dos ácidos graxos e alcoois em ácido acético é feita pelas Bactérias Produtoras de Hidrogênio, conforme VERSTRAETE et al (1991), citado por BELLI F<sup>o</sup> (1995).

As reações da acidogênese em pH=7 e a 1 atm, que conduzem à formação de ácido acético, são explicados por FOX et POHLAND (1994) citado por BELLI F<sup>o</sup> (1995). Como exemplo, citamos:

Propionato → Acetato



Etanol → Acetato



### Metanogênese

Na metanogênese os compostos simples produzidos na acidogênese são transformados em biogas pelas bactérias anaeróbias restritas. Os substratos conhecidos por conduzir a formação de metano são o dióxido de carbono, o hidrogênio, o ácido acético o ácido fórmico e o etanol, sendo a redução de CO<sub>2</sub> e a descarboxilação do ácido acético as principais vias de formação de metano (PHILIPPI, 1995), conforme segue:



Teoricamente, 33% do metano pode ser proveniente da redução de CO<sub>2</sub>. O ácido acético pode produzir pelo menos 67% do metano (MAH et al, 1977, citado por BELLI F<sup>o</sup>, 1995).

A produção de metano nos processos anaeróbios está diretamente relacionada com a redução de DQO, consequência da redução dos sólidos voláteis presentes no substrato.

Dos compostos intermediários, somente H<sub>2</sub> e HCOOH e acetato podem ser usados diretamente pelas bactérias metanogênicas, enquanto os outros precisam, para serem convertidos em produtos finais, passar pelas Bactérias Produtoras Obrigatórias de Hidrogênio-BPOH (VERSTRAETE et al, 1981).

### **2.3.1.2 Principais bactérias do armazenamento e do solo**

Enquanto no armazenamento atuam as bactérias hidrolíticas fermentativas, as acidogênicas, as homoacetogênicas, as metanogênicas e as redutoras de sulfato, no solo atuam as Nitrobactérias.

#### **Bactérias hidrolíticas fermentativas (BHF)**

Estas bactérias são anaeróbias facultativas e restritas (PHILIPPI, 1995), sendo responsáveis pela hidrólise e acidogênese. Produzem enzimas que são lançadas ao meio para hidrolizar a celulose, a hemicelulose, a pectina, o amido e outros, em matéria orgânica mais simples, que transportado para dentro das células, serão fermentadas em uma variedade de produtos como: etanol, butirato, acetato propionato, etc. (MONTENEGRO, 1994).

Das bactérias hidrolíticas, predominam as espécies mesofílicas anaeróbias, pertencentes aos generos: Bacterioides, Clostridium, Butyrivibrio, Eubacterium, Biofidobacterium, Lactobacillus, e outros (PHILIPPI, 1995).

#### **Bactérias acidogênicas (BA)**

Das bactérias acidogênicas, os generos mais frequentes são: *Bacillus*, *Micrococcus*, *Streptococcus* (SPEECE, 1985).

#### **Bactérias acetogênicas produtoras obrigatórias de hidrogênio (BPOH)**

Durante a acetogenese, os ácidos graxos voláteis, bem como os alcoois, são transformados em ácido acético pelas bactérias produtoras de hidrogênio conforme PHILIPPI (1992) citado por BELLI F<sup>o</sup> (1995). Segundo HARPER & POHLAND (1986) citado por MONTENEGRO (1994), na acetogênese, os produtos finais de decomposição sempre são o hidrogênio, o dióxido de carbono e o ácido acético.

Conforme VERSTRAETE et al (1981), tecnicamente, as BPOH e as bactérias metanogênicas, precisam viver em proximidade física, isto é, dentro do mesmo reator.

Segundo PERES (1982) e SPEECE (1983) citado por MONTENEGRO (1994), nenhuma reação de catabolismo de ácidos graxos prosseguirá sem a associação sintrófica ou simbiótica de microorganismos produtores e consumidores de  $H_2$ , pois todas as reações onde há formação de ácido acético são energeticamente desfavoráveis no sentido de formar produtos e, para que estas reações ocorram, é necessário que haja o consumo de  $H_2$  no reator. Portanto, existe uma relação sintrófica obrigatória entre as bactérias acetogênicas e as bactérias utilizadoras de hidrogênio como as metanogênicas, as redutoras e desassimiladoras do íon sulfato e as homoacetogênicas. Esta relação faz manter baixa a pressão parcial do hidrogênio, o que torna as condições termodinâmicas favoráveis à conversão dos ácidos voláteis e alcoóis a acetato.

### **Bactérias homoacetogênicas (BH)**

As bactérias homoacetogênicas são caracterizadas como quimiolitotróficas, capazes de catabolizar compostos de apenas 1 (um) carbono (CALLADO, 1992 citado por MONTENEGRO, 1994). A homoacetogênese produz o acetato, precursor do metano. Na homoacetogênese se destacam as bactérias do gênero: *Clostridium*, *Acetobacterium*, *Butyribacterium* (ZEIKUS, 1979, citado por PHILIPPI, 1995).

### **Bactérias metanogênicas (BM)**

Estas bactérias são anaeróbias restritas, produzem como produto final, o metano. São relatadas como os microorganismos mais primitivos da vida terrestre, quando o meio era bastante reduzido (NOVAES, 1981 citado por MONTENEGRO, 1994). Crescem só em  $Eh$ -300mV (INERNEY & BRIANT, 1991 citado por MONTENEGRO, 1994). Pertencem a um reino procarionte, definido como Archaeobactéria, as quais utilizam o  $H_2$ , os compostos de carbono e o ácido acético (PHILIPPI, 1995). As metanogênicas são muito lentas e sensíveis às variações do meio, sendo as únicas, dentro do processo de digestão anaeróbia, capazes de transformar o acetato em produtos finais gasosos, na ausência de luz e de aceptores exógenos de elétrons (MONTENEGRO, 1994).

A maioria das bactérias comumente encontradas, como as *Streptococcus*, *Escherichia* e *Pseudomonas*, fazem parte do grupo das *Eubactérias* (PHILIPPI, 1995).

Segundo HUSER et al. (1982) citado por MONTENEGRO (1994), a maioria das espécies metanogênicas usam  $H_2$  e  $CO_2$ , somente 3 (tres) utilizam o acetato: *Methanosarcina sp*, *Methanococcus mazei* e *Methanotrix soehngenii*.

### Bactérias redutoras de sulfato ou sulfobactérias (BRS)

As bactérias redutoras de sulfato (BRS), normalmente estão associadas às metanogênicas. Vivem em meios ricos em gas sulfídrico. Os gêneros mais comuns das sulfobactérias são *Beggiatoa* e *Thiotrix* (BRANCO, 1978). O íon sulfato é utilizado por todas as BRS, em altos teores, inibe a formação de metano (MONTENEGRO, 1994).

### Nitrobactérias

As Nitrobactérias quase sempre estão no solo, esgotos e água, promovendo a nitrificação e a denitrificação. As *Nitrossomonas* são responsáveis pela transformação da amônia ( $NH_3$ ) em nitrito ( $NO_2$ ) e as *Nitrobacter*, do nitrito em nitrato ( $NO_3$ ), enquanto as *Pseudomonas* (bactérias anaeróbias) são as responsáveis pela denitrificação, ou seja, a redução do nitrato ( $NO_3$ ) em amônia ( $NH_3$ ) e nitrogênio gasoso ( $H_2$ ) (BRANCO, 1978).

### 2.3.2 Evolução da matéria orgânica

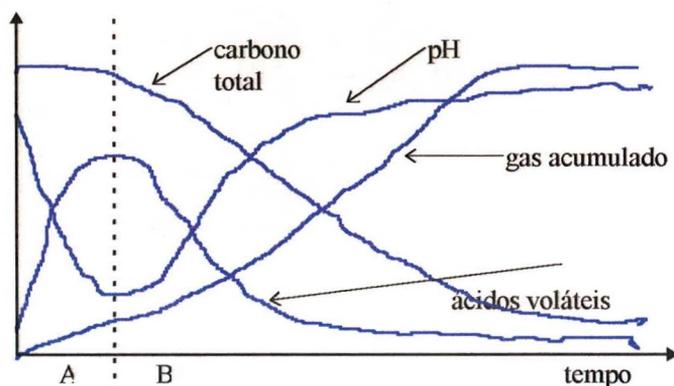
A evolução da matéria orgânica é mostrada nas Figura 2.3. e 2.4.

	HIDRÓLISE	ACIDOGENESE	METANOGENESE
LIPÍDIOS	→ Ácidos graxos de cadeias longas Glicerol	Ácidos graxos voláteis (princip. ácido acético) Alcoois Aldeídeos	Metano Dióxido de carbono Água
PROTEÍNAS	→ Aminoácidos Peptídeos de cadeia curta	Cetonas Amoníaco Dióxido de carbono Hidrogênio	
POLISSACARÍDEOS	→ Mono e Dissacarídeos	Gás sulfídrico Água	

Fonte: MAUNOIR (1991), citado por BELLI F<sup>o</sup> (1995).

Figura 2.3- Produtos formados na fermentação anaeróbia.

Segundo BOOPATHY & SIEVERS (1991), a degradação de proteínas e gorduras é lenta. Segundo BELLI F° (1995), a lignina é de degradação difícil em condições anaeróbias. O aumento do grau de estabilização de dejetos de suínos indica que substâncias ricas em energia (lipídios e proteínas) são mais facilmente degradados que carboidratos porque grande parte dos carboidratos biodegradáveis, em dejetos de suínos, consistem em polissacarídeos de degradação lenta, o que não é o caso com esgoto doméstico (ANDREADAKIS, 1992).



Fonte: PHILIPPI (1995)

Figura 2.4 - Evolução esquemática da digestão anaeróbia em digestor

A curva do carbono total (Figura 2.4), que normalmente se encontra na mesma ordem de grandeza da DQO total, reflete a evolução da DQO e o consequente comportamento da degradação da matéria orgânica na digestão anaeróbia.

### Produção de gases

A produção de gases é um reflexo da ação dos microorganismos (ROUGER, 1987). O biogás produzido em sistema anaeróbio, possui 60 a 70% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 30 a 40% de  $\text{CO}_2$  e 2g de  $\text{H}_2\text{S}/\text{m}^3$ . O rendimento do biogás é uma função da relação C/N, bem como das condições ambientais e operacionais (temperatura, disponibilidade de nutrientes, carga volumétrica, tempo de detenção) (HOHLFELD & SASSE, 1986).

Os gases de mau cheiro (odores) são produzidos pela amônia, gás sulfídrico e por inúmeros compostos orgânicos intermediários resultantes da decomposição biológica da matéria orgânica do esterco (STRAUCH, 1989).

A formação dos principais compostos voláteis responsáveis pelos odores dos dejetos, intervém durante a etapa da acidogênese. O mau cheiro é devido aos dejetos não digeridos, sendo o tempo de estocagem importante na sua redução (BELLI Fº, 1995).

Conforme LO et al (1994), os compostos malcheirosos estão presentes na fração solúvel dos dejetos integrais.

Segundo BELLI Fº & MARTIN (1996), no momento do lançamento dos dejetos ao solo, o composto mais importante é o  $H_2S$ , enquanto no dia seguinte do lançamento, o odor é de nível médio, sendo influenciado pelos ácidos graxos, pelos fenóis e pela amônia ( $NH_3$ ). Para o controle dos odores decorrentes da distribuição dos dejetos ao solo, são necessários 2 dias de aeração e para o controle na estocagem seguida de distribuição, são necessários 4 a 5 dias de aeração (BELLI Fº, 1995).

#### Metano ( $CH_4$ )

A produção de metano (60 a 70% do biogás), depende diretamente da degradação dos ácidos graxos voláteis (AGV), não estando ligada à concentração de ácido acético (BELLI Fº, 1995). Cerca de 70 % do metano provém do ácido acético, que é seu maior precursor (PHILIPPI, 1995).

Segundo BOOPATHY & SIEVERS (1991), as partículas pequenas (diâmetros <0,21mm) da fração orgânica dos dejetos de suínos, cuja natureza bioquímica são as proteínas, os lipídios e a celulose, representam 50% do metano potencialmente disponível.

Conforme YANG & MOENGANGONGO (1987), com tempo de detenção de 2,5 dias e taxa de carga de 1,8g de DQO/dia em reator com chicana horizontal para dejetos diluídos de suínos (5g de DQOtotal/l e 0,5g de SS/l), apresentou uma eficiência de 75% e uma produção de metano de 0,266l/l.dia.

Um mol de metano (ou 22,4l à 0°C e 1 atm. de pressão) equivale a 2(dois) moles de oxigênio ou 64g de DQO (PHILIPPI, 1995). A eliminação de 1 grama de DQO gera a eliminação de 0,36l de metano (ROUGER, 1987).

Para dejetos de suínos consta que são produzidos 0,37 a 0,50l de gás/g de SV (sólidos voláteis) ou 50 a 70m<sup>3</sup> de biogás por tonelada de Matéria Seca de dejetos (MORGA, 1981, citado por OLIVEIRA et al, 1993a). Segundo MORGA (1983), citado por OLIVEIRA et al (1993a), a produção de metano varia de 0,25 a 0,65m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup> digestor/dia.

Na Tabela 2.3, pode ser observado a produção de metano, conforme o tipo de constituinte dos dejetos.

Tabela 2.3 - Produção teórica de metano por diferentes tipos de dejetos

Substrato	DBO/SV	CH <sub>4</sub> /SV (=A <sub>1</sub> ) m <sup>3</sup> /kg
Carboidratos	1,067	0,374
Proteínas	1,500	0,525
Lipídios	2,870	1,006

(A<sub>1</sub> = volume teórico de metano produzido da estabilização de 1kg de matéria orgânica)

FONTE: ANDREADAKIS (1992)

Proteínas e gorduras acumulam-se no meio e no fundo, tendo alto metano em potencial (BOOPATHY & SIEVERS, 1991). Segundo dados de IANOTTI et al., (1979), citado por BOOPATHY & SIEVERS (1991), o potencial calculado de produção de metano dados a partir da carga orgânica, em dejetos com 58.500mg de DQO/l foi: 0,624L.CH<sub>4</sub>/g de proteína; 0,855L.CH<sub>4</sub>/g de lipídios; e 0,499L.CH<sub>4</sub>/g para celulose e hemicelulose.

Dejetos mantidos em anaerobiose, em condições ótimas de temperatura e pH, produzem metano em proporções variadas. O produto fermentado apresenta uma desodorização de 80 a 90%, apresentando uma redução da carga poluente de 60 a 70% e

uma concentração de elementos fertilizantes similar aos dejetos brutos (L'INSTITUT TECHNIQUE DU PORC ET GIDA, 1984).

### CO<sub>2</sub>

O CO<sub>2</sub> é formado nas reações da hidrólise, acidogênese ou a partir dos bicarbonatos. É relativamente solúvel em água e reage com os íons hidróxidos OH<sup>-</sup>, para produzir íons bicarbonato H(CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (PHILIPPI, 1992). Segundo ROUGER (1987) quando ocorre acumulação de AGV há um deslocamento de carbono mineral do bicarbonato para a fase gasosa e um aumento da pressão parcial de CO<sub>2</sub>. Este valor está diretamente ligado ao pH e a concentração de HCO<sub>3</sub>. Além da supercarga orgânica a variação da pCO<sub>2</sub> na fase gasosa pode depender por exemplo, de um ajustamento de pH ou de uma vazão, hidráulica muito elevada (ROUGER, 1987).

### Hidrogênio

O hidrogênio é raramente detectado nos digestores anaeróbios. A autoregulação da pH<sub>2</sub>, normalmente é assegurada (PHILIPPI, 1992). O teor de hidrogênio na fase gasosa e portanto, na fase líquida, deve ser mantido dentro de uma gama de concentração estreita, afim de que as reações que o produzem e que o consomem, tenham uma energia livre negativa (ROUGER, 1987).

### H<sub>2</sub>S

O H<sub>2</sub>S é formado pela hidrólise das proteínas ou por ação de grande variedade de microrganismos heterotróficos sobre a matéria orgânica sulfurosa, sendo a produção maior no início do período de estocagem (744mg/m<sup>3</sup> de ar ao “zero” dias, 410mg/m<sup>3</sup> de ar aos 60 dias 229mg/m<sup>3</sup> de ar aos 120 dias), volatilizando em no máximo 25 minutos. A distribuição das espécies sulfurosas é função do pH: até 7, predomina o H<sub>2</sub>S; de 7-12, o HS<sup>-</sup>; e acima de 12, o S<sup>2-</sup> (BELLI F<sup>o</sup>, 1995).

Segundo ISA et al (1986) citado por BELLI F<sup>o</sup> (1995), a produção de H<sub>2</sub>S está ligada às condições de competição entre as bactérias metanogênicas e as sulfato-redutoras.

O desprendimento de odor ligado a presença de  $H_2S$  é verificado em potencial de oxi-redução ao redor de  $+150mV/H_2$ , conforme LA PLANCHE (1992) citado por BELLI F° (1995).

O  $H_2S$  é o composto mais importante da intensidade de odor no momento do lançamento dos dejetos ao solo (BELLI F° & MARTIN, 1996).

Normalmente o teor de  $H_2S$ , no biogás, situa-se abaixo de  $10 g/m^3$ . Para evitar o efeito corrosivo, deve-se situar abaixo de  $1,5 g/m^3$ , o que pode ser conseguido mediante a colocação de filtro de esponja de aço. Segundo BIOMASS ENERGY INSTITUTE (1978), citado por OLIVEIRA et al (1993a), em concentração de  $2 g/m^3$  de biogás,  $0,1m^3$  de esponja de aço elimina o  $H_2S$  de aproximadamente  $3330m^3$  de biogás.

### Amônia ( $NH_3$ )

Conforme BELLI F°, (1995), a amônia provém da uréia contida nos dejetos animais e da degradação biológica das proteínas e amino ácidos, sendo a uréia rapidamente hidrolisada pela urease, apresentando a seguinte relação entre a amônia e amina em dejetos de suínos:

$$NH_3/\text{Methylamina}/\text{Ethylamina}=100/1/0,1$$

Os fatores que mais afetam a decomposição cinética dos dejetos e a geração de amônia em fossas, é o pH, a temperatura, a concentração de sólidos e a concentração de nitrogênio nos dejetos. Durante a fermentação, a amônia é formada devido a liberação de nitrogênio dos compostos orgânicos, sendo grande parte formada no fundo, onde os sólidos estão depositados. A taxa de geração de amônia é alta nos primeiros 10 dias da decomposição (ZHANG & DAY, 1996). Baseado em MUCK & RICHARDS (1982) e MUCK e STEENHUIS (1983), citado por ZHANG & DAY (1996), a conversão do nitrogênio da uréia (“urea nitrogen”) a nitrogênio amoniacal é um processo relativamente rápido, ocorrendo poucas horas após a excreção, além da geração de amônia devido a liberação do nitrogênio dos compostos orgânicos, durante o processo de decomposição.

Com pH 7,5, menos de 7% do N amoniacal encontra-se na forma  $NH_3$ , enquanto que em pH 9,3, aproximadamente a metade se encontra nesta forma (SCHERER et al, 1995b). Assim, pH alto favorece a formação de amônia e sua perda por volatilização.

### 2.3.3 Evolução de microrganismos patogênicos

Conforme RIVIERE et al (1974) e BERNARD & HEDUIT (1979), citados por BELLI F° (1995), a estocagem de dejetos promove a diminuição de *Enterobactérias*, *Escherichia coli* e de *Streptococcus*.

Em temperatura mesófila a digestão anaeróbia promove a redução dos coliformes fecais em 98% e os enterovirus em 90%, enquanto em temperatura termófila a redução dos coliformes fecais é de 99,9999% e dos virus é de 99 a 99,9% (BELLI F°, 1995).

Quanto mais alta a temperatura e maior o tempo de retenção em digestão anaeróbia, maior é a redução de *Salmonella* (BONAZZI, 1987).

Segundo LOEHR (1977), citado por MATOS & SEDIYAMA (1995), o grande número de microorganismos patogênicos contidos nos dejetos de suínos é um problema pouco crítico, porque as evidências indicam que o ambiente do próprio resíduo e o ambiente do solo não são adequados à sua sobrevivência.

### 2.3.4 Fatores que interferem na digestão anaeróbia

O funcionamento da digestão anaeróbia esta relacionado às condições do ambiente e aos fatores ligados ao material a ser digerido.

#### **pH, alcalinidade e carbono orgânico**

O equilíbrio ácido-base que determina o pH do meio depende das reações biológicas e químicas, intervindo na metanização que produz e consome espécies de ácidos e bases, conforme ROUGER (1987):

- produção e consumo de CO<sub>2</sub>
- produção e consumo de ácidos orgânicos
- produção e consumo de amoníaco
- liberação de cátions metálicos por eliminação metabólica de anions orgânicos.

O valor do pH é importante porque interfere na atividade microbiana. Desequilíbrio no sistema provoca declínio do pH e altos valores de pH, mesmo em baixas concentrações de nitrogênio inibem a fermentação. Abaixo de 6,2 parece ocorrer toxicidade para as bactérias metanogênicas (HOHLFELD & SASSE, 1986).

Bactérias metanogênicas toleram pH entre 6,6 e 7,6, com valor ótimo de 7,0 PFEFFER (1979) apud MANOUIR (1992), citado por BELLI F<sup>o</sup> (1995).

Em baixos valores de pH (até 4,5), as bactérias fermentativas continuam a produzir ácidos, não sendo inibidoras de todas as populações microbianas (PHILIPPI, 1995).

O valor de pH durante a digestão anaeróbia está ligada a produção de ácidos graxos e a degradação de seus compostos em metano (BELLI F<sup>o</sup>, 1995).

O equilíbrio do pH é assegurado pelo bicarbonato e pela concentração de CO<sub>2</sub> dissolvido, ligado a pressão parcial em CO<sub>2</sub> na fase gasosa MOLETA (1987), apud MAUNOIR (1991), citado por BELLI F<sup>o</sup> (1995).

A alcalinidade é a capacidade do meio de absorver íons H<sup>+</sup>, ela é representada pela soma de todas as bases tituláveis (ROUGER, 1987). Ocorre, principalmente na digestão anaeróbia devido a presença de sais de bicarbonato, como bicarbonato de amônio e sais de ácidos voláteis (OLIVEIRA et al, 1993a).

A alcalinidade de um digestor anaeróbio é uma medida da capacidade de tamponamento dos componentes do digestor (OLIVEIRA et al, 1993a). Dentro da gama de pH da digestão anaeróbia, o bicarbonato é a principal molécula que atua sobre o efeito tampão (CAPRI, 1995 citado por ROUGER, 1987). Devido ao efeito tampão do dióxido de carbono-bicarbonato (CO<sub>2</sub>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e amônia-amônio (NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), o nível de pH raramente é tomado como medida de ácidos no substrato e/ou do rendimento do gás potencial.

A acumulação de ácidos graxos provoca uma diminuição da concentração de bicarbonato e um desprendimento de CO<sub>2</sub>, provocando inibição da atividade das bactérias metanogênicas, sendo que no acúmulo de AGV ocorre um deslocamento de carbono mineral para a fase gasosa e um aumento da pressão parcial de CO<sub>2</sub> (ROUGER, 1987).

Quando a quantidade de ácidos voláteis presentes é pequena, a alcalinidade total é praticamente igual a alcalinidade em bicarbonato. Quando os ácidos voláteis aumentam eles são neutralizados pela alcalinidade em bicarbonato (OLIVEIRA et al, 1993a). Conforme BELLI F<sup>o</sup> (1995), aumentando a concentração em ácidos graxos voláteis, o sistema tampão  $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2^-$  diminui.

Para impedir diminuições bruscas de pH, a alcalinidade deve ser acompanhada (OLIVEIRA et al, 1993a). Os agentes normalmente empregados na correção do pH (soda, cal, bicarbonato de sódio) elevam a alcalinidade do meio (OLIVEIRA et al, 1993a). A adição de cinzas alcalinas (resíduos industriais), também podem ser empregados na elevação do pH e da alcalinidade (VINCINI et al, 1994).

### **Temperatura**

A temperatura é um dos fatores mais importantes na digestão anaeróbia. Segundo STEVENS & SCHULTE (1979) antes de 1927, RUDOLPHS mostrou que havia uma relação entre a temperatura e a produção de gás. Alterações bruscas de temperatura prejudicam a digestão anaeróbia porque as bactérias metanogênicas são sensíveis à mudanças de temperatura.

Enquanto HOHLFELD & SASSE (1986) sugerem que a fermentação anaeróbia requer uma temperatura de 3 a 70°C, OLIVEIRA et al (1993a) sugere que em temperaturas abaixo de 15°C na biomassa, começa a paralisar a produção de metano e segundo PFEFFER (1979) citado por PHILIPPI (1995), em temperaturas acima de 63°C, as bactérias metanogênicas podem ser inibidas. Segundo FERNANDES (1994), citado por BELLI F<sup>o</sup> (1995) a digestão anaeróbia é afetada em temperatura de 5°C, mas acima de 10°C o sistema volta a funcionar novamente.

Conforme ROUGER (1987) a metanização pode ocorrer na faixa psicrófila (de 10 a 20°C), na faixa mesófila (de 35 a 40°C) e na faixa termófila (de 50-55°C). Segundo ALBAGNAC (1984), citado por PHILIPPI (1995), a digestão anaeróbia psicrófila ocorre devido à atividade residual de espécies de bactérias mesófilas, pois nenhuma espécie específica foi isolada. Apesar de pequena instabilidade, a produção de metano (indicativo de digestão anaeróbia), apresentou um incremento linear na faixa de temperatura de 10 a 23°C (SAFLEY & WESTERMAN, 1994). Segundo LO et al

(1994), em temperatura de 22 a 25 °C, a diminuição de ácidos graxos e de fenóis é muito significativa. Condições ótimas de temperatura são obtidas na faixa mesofílica, entre 30 e 35°C (BELLI F<sup>o</sup>, 1995).

Dejetos de suínos, a taxas de carga de 0,61g a 1,8g de SV/l/dia, em baixa temperatura (<25°C), apresentam eficiência satisfatória sem indicativo de colapso (STEVENS & SCHULTE , 1979). Conforme os mesmos autores, digestão à baixa temperatura, requer o dobro de tempo de detenção para a mesma degradação em temperatura normal de digestão mesofílica.

Para o caso de dejetos de suínos, a produção de gás, por volume de digestor, foi estudada em função da temperatura por KE-XIN & NIAN GUAL (1980), conforme CULLIMORE (1985), citados por BELLI F<sup>o</sup> (1995), apresentando os seguintes resultados:

- . 0,03 A 0,05m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> digestor/dia (8-10°C)
- . 0,07 A 0,08m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> digestor/dia (12-13°C)
- . 0,2 A 0,3m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> digestor/dia (22-26°C)

### **Potencial de oxiredução (Eh)**

O potencial oxiredução ou redox (*Eh*), refere-se à quantidade de cargas elétricas positivas e negativas, ou seja as moléculas oxidadas ou reduzidas que estão no meio aquoso (GASCÓN, 1996). Indica a capacidade de redução do meio, sendo influenciado pela presença ou ausência de oxigênio molecular (ATLAS & BARTHA, 1987). O valor é expresso em *mV* de Oxigênio.

Valor positivo de Potencial Redox, indica ambiente de oxidação, enquanto que valor negativo indica ambiente de redução. No caso de digestão anaeróbia é necessário um ambiente de redução, ou seja, valor negativo de *Eh*. As bactérias anaeróbias não se multiplicam senão na ausência de oxigênio, com taxa de oxi-redução compreendida entre -40 mV e -400mV (NEUT E RAMOND apud MARTIN, 1955, citado por BELLI F<sup>o</sup>, 1995).

Segundo PFEFFER, citado por PHILIPPI (1992), a produção máxima de metano ocorre em valor de *Eh* entre -500mV e -530mV.

As populações de bactérias da acetogênese e metanogênese são anaeróbias restritas, exigindo potencial Redox (*Eh*) inferior a -300mV. A presença de oxigênio ou substância oxidante como nitritos ou nitratos podem paralisar o metabolismo ou alterar a performance do sistema (ROUGER, 1987). Bactérias metanogênicas são encontradas nas “culturas puras” em valor de *Eh* entre -200mV e -250mV (MAH, et al, 1977, citado por BELLI F<sup>O</sup>, 1995).

Potencial Redox de *Eh*-500mV, indica elevado grau de anaerobiose e capacidade redutora do meio, enquanto que *Eh* -300mV indica anaerobiose, mas também substâncias não completamente reduzidas (OLIVEIRA et al, 1993a).

Em *Eh* baixo, ocorre a redução do sulfato, formando H<sub>2</sub>S e a redução de CO<sub>2</sub>, formando CH<sub>4</sub> (ATLAS & BARTHA, 1987).

### **Ácidos graxos voláteis (AGV)**

A degradação anaeróbia da matéria orgânica, num primeiro momento, conduz à formação de ácidos voláteis dependendo, entre outros fatores, da composição do substrato (PHILIPPI, 1995). Quando as condições ótimas de digestão anaeróbias são prejudicadas, ocorre um aumento da concentração dos ácidos voláteis que mais tarde, com a neutralização de toda alcalinidade, provoca uma queda no pH (OLIVEIRA et al, 1993a). Condições ótimas para acúmulo dos ácidos graxos voláteis (AGV) podem ser baixas temperaturas, pH inadequado ou excessiva concentração de matéria orgânica (COOPER & CORNFORTH, 1978).

Os efeitos tóxicos dos ácidos graxos voláteis (AGV) em virtude de sua alta concentração, são atribuídos à toxicidade dos próprios ácidos ou à queda do pH acarretada por sua presença (PHILIPPI, 1995).

### **Nutrientes**

Parte da matéria orgânica é usada na produção da biomassa. Os dois elementos essenciais são o fósforo e o nitrogênio. Estima-se uma necessidade de nitrogênio de 12 a 15% da biomassa sintetizada e em fósforo 2 a 3% da biomassa sintetizada. São igualmente importantes: C, H, O, S, K, Ca, Mg (HOHLFELD & SASSE, 1986) e

notadamente os metais pesados em estado de traços (Fe, Co, Mn, Zn, Mo), sendo os últimos essenciais para certas reações enzimáticas dentro do meio, dependendo entretanto, do funcionamento do digestor (ROUGER, 1987).

Dejetos agrícolas tem normalmente, estes nutrientes em quantidades adequadas para digestão anaeróbia (HOHLFELD & SASSE, 1986).

### **Inibidores**

Os principais agentes tóxicos, inibidores da digestão anaeróbia são íons minerais, metais pesados, nitrogênio amoniacal, antibióticos e o  $\text{SO}_4^{2-}$

### Íons de minerais

Conforme LAGRANGE (1979), os íons de minerais são indispensáveis ao metabolismo das bactérias. Em baixas concentrações são benéficas, enquanto em altas concentrações inibem o metabolismo bacteriano. Os mais importantes são os cátions  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  (ROUGER, 1987 citado por OLIVEIRA et al, 1993a).

### Metais pesados

Os metais pesados, também indispensáveis ao metabolismo das bactérias, em concentrações acima de 1mg/l de cobre, de níquel, de cromo, de zinco e de chumbo, geralmente são tóxicos ao metabolismo das bactérias LAGRANGE (1979), citado por BELLI F<sup>O</sup> (1995).

Além do Cu, Ni, Cr, Zn e Pb, também são tóxicos em concentrações a partir de certos limites, os metais pesados Mo, Fe, Mn e Mg (ROUGER, 1987 citado por OLIVEIRA et al, 1993a).

### Nitrogênio amoniacal

Na digestão anaeróbia a amônia está na forma iônica  $\text{NH}_4^+$ , porque o pH está ao redor de 7, sendo a forma gasosa inibidora a uma concentração menor que na forma iônica (OLIVEIRA et al, 1993a). Em concentrações acima de 150 mg de  $\text{NH}_3$ /l ocorre

inibição da digestão, igualmente, em concentrações de N amoniacal acima de 1500 mg /l e pH maior que 7,5, a amônia pode se tornar inibidora. Em tempo suficiente, as bactérias metanogênicas são capazes de se adaptar a concentrações de  $\text{NH}_4\text{-N}$  de 5.000 a 7.000mg/l de substrato, com pré-requisito de não ter mais de 200-300mg de  $\text{NH}_3\text{-N}$  por litro de substrato.

Segundo MEYNELL, P. J.(1976) e ANDERSON, G. K., DONELLY, T. & MC KEOWN, K. J. (1982) citado por HOHLFELD & SASSE (1986) em pH alto, até mesmo com baixa concentração de nitrogênio, ocorre uma inibição do processo de fermentação.

A toxidez da amônia pode ser corrigida através do controle da relação C/N ou pela diluição com água (MERKEL, 1981 citado por EPAGRI, 1995).

### Antibióticos

Os antibióticos das rações também podem provocar inibição do desenvolvimento bacteriano.

### $\text{SO}_4^{2-}$

Outro problema de inibição do sistema anaeróbio pode resultar do desenvolvimento de bactérias sulfato redutoras (Desulfavibrio). Elas utilizam o sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), produzindo  $\text{H}_2\text{S}$  (tóxico e corrosivo) e  $\text{CO}_2$  (ROUGER, 1987).

A concentração de enxofre ótima é ao redor de 3-30 mg/l de enxofre solúvel e inibidora entre 200 à 300 mg/l (SPEECE, 1985 citado por PHILIPPI, 1995).

### **Relação C/N/P**

A melhor relação entre nutrientes depende de cada substrato (HOHLFELD & SASSE, 1986). Em termos de composição de substrato para bactérias anaeróbias, a relação ótima de C/N/P é próxima das bactérias aeróbias, ou seja: 100/5/1 (PHILIPPI, 1995).

Conforme OLIVEIRA et al (1993a), a relação ótima para digestão anaeróbia de dejetos suínos é  $C/N = 30/1$ , podendo estar na faixa de 30/1 a 50/1. Com relação  $C/N$  alta, o processo é limitado pela disponibilidade de nitrogênio, sendo baixa, haverá excesso de amônia inibindo a atividade bacteriana, especialmente em pH alto. Para dejetos líquidos de suínos com 3,8% de N, a relação  $C/N$  é 6,2 a 12,5 (HOHLFELD & SASSE, 1986).

Para melhorar a relação  $C/N$ , quando esta for muito alta, pode-se acrescentar uréia ou sulfato de amônia (OLIVEIRA et al, 1993a).

### **Relação $DBO_5/DQO$**

Segundo ROUSSEAU (1993), a degradabilidade de um resíduo orgânico pode ser definido por sua relação  $DBO_5/DQO$ . Sendo a relação  $DBO_5/DQO$ :

1.  $\geq 0,6 \rightarrow$  o resíduo é fermentável;
2.  $\geq 0,2$  a  $\leq 0,6 \rightarrow$  o resíduo é fermentável com ajuda de fontes selecionadas de microorganismos;
3.  $\leq 0,2 \rightarrow$  o resíduo é considerado resistente

### **2.3.5 Fatores que podem ser controlados na digestão anaeróbia**

Certos fatores podem ser controlados ou ajustados para melhorar as condições da digestão anaeróbia e a consequente degradação da matéria orgânica.

### **Taxa de carga de matéria orgânica e alimentação de sistemas**

A taxa de matéria orgânica indica a percentagem de matéria que é suscetível de ser decomposta (LAGRANGE, 1979). Para uma boa digestão, a carga orgânica e o tempo de detenção devem ser compatíveis com a qualidade do resíduo a ser digerido.

No caso de dejetos de animais é requerida uma taxa de carga de matéria orgânica na base de 1,6 a 3,2 kg de sólidos voláteis/ $m^3$ /dia. Para a digestão anaeróbia de dejetos de suínos, recomenda-se uma carga diária de matéria orgânica entre 3,8 e 8 kg de SV/ $m^3$ .dia (EPAGRI (1995).

Em reatores anaeróbios de batelada, em temperatura de 20°C, a alimentação intermitente de 1 (uma) ou 3 (tres) vezes por semana não afeta a estabilidade nem a performance do processo (MASSÉ et al, 1996).

### **Tempo de retenção (TR)**

Para fermentação de dejetos de suínos, o tempo de retenção em temperatura mesofílica, varia de 15-25 dias (HOHLFELD & SASSE, 1986).

Segundo ANDREADAKIS (1992), com tempo de retenção (TR) de 5 dias ocorre uma remoção de ST em 70% e DQO em 90% e para estabilizar com a redução de sólidos, se faz necessário um TR maior.

Segundo BARTH (1985) com tempo de retenção menor que 200 dias em bioesterqueiras, é considerado somente armazenamento.

Um tempo de detenção maior, não reduz a quantidade de sólidos mas implementa as características de liquefação (“dewatering”), alterando as “ligações” da água, provavelmente, devido ao colapso dos polissacarídeos (MINER, 1975 citado por ANDREADAKIS, 1992).

### **Inoculação**

Para encurtar o tempo de início do processo de digestão anaeróbia plena, pode ser feita a inoculação com efluente ativo, tanto nos sistemas de alimentação contínua, quanto nos de batelada (HOHLFELD & SASSE, 1986).

O estômago de ruminantes é um grande gerador de metano ( 60 a 200l gás/vaca.dia), sendo seus excrementos ricos em bactérias metanogênicas, podendo ser utilizadas como inóculo na digestão anaeróbia (LAGRANGE, 1979).

### **Agitação**

Segundo HOHLFELD & SASSE (1986), alguns substratos e vários modos de fermentação requerem certo tipo de agitação ou mistura para manter a estabilidade do processo dentro do digestor, com objetivos tais como:

- remover metabólitos produzidos (gás).
- misturar o substrato fresco com a população bacteriana.
- prevenir contra a formação de crosta e sedimento.
- evitar gradientes pronunciados de temperatura dentro do digestor.
- prevenir contra a formação de espaços inativos que reduzem o volume de fermentação efetiva.

Existem sistemas que não são agitados, como por exemplo os que apresentam alta concentração de sólidos totais (ST).

Conforme PAIN e BONAZZI (1991), citado por BELLI F° (1995), as condições operacionais durante a estocagem, tais como o esvaziamento e a agitação contribuem para a produção de odores.

Com aeração-agitação a perda de N é da ordem de 65% (L'INSTITUT TECHNIQUE DU PORC ET GIDA, 1984).

#### **2.4 Aspectos da valorização dos dejetos para agricultura.**

A eficiente utilização dos dejetos de suínos, pode ser uma prática de manejo agrônômico e de economia na produção agrícola (CHOUDHARY et al, 1996).

No Brasil são utilizados somente 51 kg de fertilizantes NPK/ha/ano e apenas 45% da área cultivada não é adubada. Em 1986 foram utilizados 3,829 milhões de toneladas de fertilizantes na base de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, no valor de 1,237 bilhões de dólares (em termos de uréia, superfosfato triplo e KCl). Apesar de a produção ser nacional em 72% do N, 91% do P e 10% do K (BRASIL, 1990), trata-se de consumo de reservas de recursos naturais esgotáveis. Considerando a dimensão da área não adubada e o consumo dos recursos naturais não renováveis, é indispensável o uso dos recursos da propriedade rural, tais como os dejetos dos animais, os quais contém os principais elementos fertilizantes, nas lavouras, como forma de controlar o meio ambiente e proporcionar o aumento da produtividade agrícola e da renda da propriedade rural.

Os dejetos de suínos são conhecidos como “fertilizantes da propriedade”, conforme MASSON (1994), citado por BELLI F° (1995). Dependendo da cultura, da

composição dos dejetos e do solo, podem ser aplicados até 100m<sup>3</sup> por hectare (relação C/N = 10:1 e pH = 7,0). Desta maneira, nas propriedades rurais em que são utilizados como adubo, os dejetos de suínos devem ser manejados de forma adequada para preservar o valor fertilizante, evitando perdas de nutrientes essenciais às plantas.

“Uma aplicação anual de 40 m<sup>3</sup>/ha de esterco líquido de suínos, com cerca de 5% de matéria seca, em solo com teor médio de matéria orgânica (2,6 a 5,0%), além de atender grande parte das exigências da cultura do milho em nitrogênio, ainda apresenta um efeito residual, equivalente a 40 kg de nitrogênio, na cultura do feijão” (SCHERER & CASTILHOS, 1994a). Em solo de cerrado (Latossolo Vermelho Amarelo) com aplicação anual de 45, 90 e 135m<sup>3</sup>/ha, a produtividade foi respectivamente, de 6450, 7400 e 7660 kg de milho/ha (KONZEN et al, 1995).

Sob o aspecto fertilizante, a composição de dejetos de suínos, que varia a cada propriedade em função do manejo adotado, pode ser vista na Tabelas 2.4 e 2.5.

Tabela 2.4 - Composição dejetos líquidos: esterco + urina (não decompostos e biofertilizante)

	%N	%P	%K
Não decompostos	0,60	0,25	0,12
	%N <sub>total</sub>	%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O
Biofertilizante	1,8-2,5	1,2-2,0	0,8-1,5

Fonte: FAO (1977), BARNETT & SUBRAMANIAN (1978) conforme OLIVEIRA et al (1993a)

Tabela 2.5 - Composição dos dejetos suínos líquidos em NPK e matéria seca, calculado em volume de material fresco.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	M.S.
(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)
4,5	4,0	1,6	6,0

Fonte: SIQUEIRA et al(1987), conforme EPAGRI (1995)

Em utilizando na agricultura; antes e durante a aplicação, os dejetos devem ser homogenizados, para uma boa uniformidade na sua distribuição ao solo.

A digestibilidade da palha de arroz pode ser implementada, com a adição de dejetos de suínos (BAE & PARK, 1995).

Conforme EPAGRI (1995), dejetos frescos de suínos, também são utilizados como alimentos para outros animais, tais como bovinos e peixes. Neste caso, os dejetos não são previamente armazenados.

Também pode ser feito silagem com a fase sólida dos dejetos frescos de suínos. A mistura de silagem de dejetos de suínos com sorgo na alimentação de suínos em terminação podem reduzir em 16% o consumo de sorgo (COVARRUBIAS et al, 1994).

Quando a silagem de dejetos de suínos é adicionada às rações de gestação e de crescimento-terminação de ovelhas, com a vantagem da redução de custos de ração, aumenta a disponibilidade de fontes de nitrogênio, além da redução dos problemas ambientais (COVARRUBIAS et al, 1996).

## **Nitrogênio**

Dos macronutrientes, o que mais exige cuidado é o Nitrogênio, porque é o elemento que mais sofre transformações. Grande parte do Nitrogênio nos dejetos animais está na forma mineral (56% na forma amoniacal, conforme AITA (1987) citado por EPAGRI (1995), prontamente disponível às plantas.

Na estocagem anaeróbia as perdas de N podem chegar a 5 - 15% (DE BODE, 1990).

Em sistemas de estocagem aeróbia, ocorrem grandes perdas de N em relação ao sistema anaeróbio. As perdas por volatilização de Nitrogênio de fermentação anaeróbia, são 50% inferiores às da fermentação aeróbia (EPAGRI, 1995). Segundo (L'INSTITUT TECHNIQUE DU PORC ET GIDA, 1984) com aeração a perda de N é da ordem de 65%.

Segundo SCHERER et al (1995b), nas esterqueiras comuns, com alimentação contínua, 60% do nitrogênio encontra-se na forma mineral N-NH<sub>4</sub>, enquanto que na câmara de fermentação da bioesterqueira, encontra-se em 52% e no respectivo tanque de armazenamento encontra-se em 70%. Com pH 7,5, menos de 7% do N amoniacal

encontra-se na forma  $\text{NH}_3$ , enquanto que em pH 9,3, aproximadamente a metade se encontra nesta forma (SCHERER et al, 1995b).

O aumento da temperatura na distribuição, provoca aumento da constante de ionização, e o N amoniacal passa a  $\text{NH}_3$ , volatilizando. Por isso, recomenda-se aplicar os dejetos de suínos em horário de menor temperatura e insolação, incorporando-os imediatamente. O amoníaco não evolui durante a digestão, devido a sua solubilidade na água (BERNARD & HEDUIT, 1979).

O nitrogênio é parte integrante de todos os aminoácidos que são os blocos fundamentais na constituição das proteínas. Na produção agrícola, dos macronutrientes, o nitrogênio também é o elemento de maior dificuldade de manejo (BRASIL, 1990).

As principais formas de absorção pelas plantas são o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e o nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Quando absorvido em forma de nitrato, deve ser reduzido a amônio para fazer parte dos aminoácidos. Em condições de boa drenagem predomina o  $\text{NO}_3$ , devido a reação de nitrificação, que ocorre espontaneamente. A nitrificação não ocorre em solos alagados, predominando o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). A denitrificação ocorre na ausência de  $\text{O}_2$ . O  $\text{NO}_3$  é muito pouco retido no solo, sendo facilmente lixiviado havendo percolação de água de chuva no perfil do solo. Havendo excesso de água, pode ser denitrificado (BRASIL, 1990).

A forma  $\text{NO}_2$  é tóxica também para as plantas. Dificilmente se acumula porque o *Nitrobacter sp* é mais ativo que o *Nitrossomonas sp*, fazendo o  $\text{NO}_2$  se transformar imediatamente em  $\text{NO}_3$  (BRASIL, 1990).

A cultura do milho responde favoravelmente até 150-200 kg N/ha, enquanto para gramíneas forrageiras são recomendadas altas quantidades (400-500 kg N/ha) (BRASIL, 1990).

HARVEY et al (1996), estudaram o efeito da aplicação, em pastagem de grama bermuda (*Cynodon dactylon*) com bovinos, de 456 e 873 kg de N/ha.ano proveniente de efluente de dejetos de suínos de lagoa. O teor de proteína e do íon nitrato foi maior ( $P < 0,06$ ) no tratamento com 873 kg de N/ha, em relação ao de 456kg/ha.ano, não apresentando diferença na concentração de N total e nitrato na água subterrânea. Apesar de não significativo, o ganho de peso dos bovinos foi de 0,71 e 0,76kg/dia, respectivamente, com os tratamentos de 456 e 873kg N/ha.ano.

Em áreas de criações intensivas de aves e de suínos, a concentração de nitrato é alta nas águas subterrâneas (COOK et al, 1996).

Conforme CHOUDHARY et al, (1996), aplicações pesadas ou excessivas de dejetos de suínos, aumentam as percolações de  $\text{NO}_3\text{-N}$ , P e Mg.

## **Fósforo**

O fósforo dos dejetos de suínos está em grande parte na forma de sais insolúveis, por isso, quase que sua totalidade se encontra no sedimento (BERNARD & HEDUIT, 1979). Aproximadamente 2/3 do fósforo está numa forma não solúvel na água, provavelmente, fazendo parte das estruturas orgânicas, apenas 1/3 estaria disponível às plantas, logo após sua aplicação (SCHERER et al, 1995b).

Segundo SIQUEIRA et al, (1989), citado por EPAGRI (1995), a combinação do fósforo com compostos orgânicos e sua mineralização faz com que o solo fique menos sujeito às reações de adsorção e fixação aos óxidos de Fe e Al. Além disso, podem os ácidos orgânicos dos dejetos, competir com os íons fosfatados pelos sítios de adsorção das argilas minerais, mantendo no solo uma maior disponibilidade de P para as plantas . Segundo KONZEN (1983), apenas 1/3 do fósforo estará disponível para a planta, após sua aplicação.

O fósforo é um elemento de muito baixa mobilidade no solo, no qual se encontra como ortofosfatos, que são as formas derivadas do ácido fosfórico (RAIJ, 1981). É absorvido pelas plantas nas formas dos íons  $\text{H}_2\text{PO}_4$  e  $\text{HPO}_4^{=}$ . Após absorvido, permanece na forma de fosfato, não sendo reduzido na planta como ocorre com o N e o S. No solo se faz presente na fase sólida e na fase líquida e também de forma orgânica e inorgânica. Devido a baixa solubilidade dos compostos fosfatados presentes no solo e devido à baixa quantidade de água (geralmente não mais de 30%), a quantidade de P da solução é muito pequena, comparada com a concentração P-sólido. Apesar desta pequena concentração, a planta retira o P da solução do solo. Devido a baixa mobilidade, quando no solo, o P não lixivia facilmente, enquanto o fósforo não incorporado está sujeito ao escoamento superficial e perda nas profundezas (BRASIL, 1990).

Para um melhor aproveitamento do fósforo como fertilizante deve ser feita a incorporação até a zona de raízes das culturas.

## **Potássio**

O potássio está presente sob forma solúvel, proveniente essencialmente da urina (BERNARD & BEDUIT, 1979).

As plantas absorvem o potássio na forma de íons  $K^+$  em solução. O potássio é encontrado nas plantas em quantidades iguais ou superiores ao nitrogênio. Participa dos compostos orgânicos das células, formando ligações iônicas fracas, em equilíbrio com o  $K^+$  na solução celular, que constitui a maior parte do K contido na planta (BRASIL, 1990).

O K também é de baixa mobilidade no solo, quando aplicado em cobertura pode ser perdido por escoamento superficial (erosão) antes de chegar na zona das raízes (BRASIL, 1990).

Aproximadamente 46% dos solos do Rio Grande do Sul, analisados em 1988, continham teores maiores de 80ppm de K. Com o uso agrícola e sem reservas os teores podem baixar (BRASIL, 1990). Havendo necessidade de reposição, o potássio pode ser aplicado de forma química ou de forma orgânica, via dejetos de suínos.

Conforme BELLI F° (1995), a eficácia do fósforo e do potássio equivale aos fertilizantes minerais, enquanto o N não é inteiramente, nem imediatamente utilizado pela cultura.

## **Enxofre**

A adição de enxofre inorgânico como fertilizante agrícola, na adubação, teve como resposta o aumento da produtividade, enquanto com a aplicação de 25 e de 50 t. de dejetos de suínos, este efeito não foi registrado (ERIKSEN et al, 1997). Desta forma, em cultivo agrícola, mesmo com aplicação de dejetos, deve haver complementação com enxofre inorgânico para o aumento da produtividade.

## **Micronutrientes**

Segundo SCHERER (1997), em micronutrientes, o esterco líquido de suínos com média de 6,4% de matéria seca contém por metro volumétrico, 16g de cobre, 2,2g de boro, 35g de manganês, 43g de zinco, e 633g de ferro, sendo que a aplicação de 40m<sup>3</sup>/ha, conforme citado anteriormente, é suficiente para um adequado fornecimento de micronutrientes às plantas.

### **2.5 Diferentes sistemas de armazenamento e manejo de dejetos de suínos**

Quando o objetivo for reduzir o teor de matéria seca (MS) e de mineralizar a matéria orgânica dos dejetos de suínos, é necessário utilizar um adequado tempo de retenção hidráulica (TRH). Por outro lado, quando o objetivo for reduzir a DQO solúvel e maximizar a produção de metano, o TRH poderá ser reduzido (5 a 40 dias), conforme ANDREADAKIS (1992).

Ao longo da armazenagem a diferente solubilidade dos elementos fertilizantes provoca uma divisão heterogênea em função da estratificação dos dejetos de suínos. O P e o N orgânico se concentram (82% e 62%) na região sedimentar, enquanto o N amoniacal (90%) e o potássio ficam solúveis na parte líquida (BELLI F<sup>o</sup>, 1995).

Segundo LO et al (1994), com 110 dias de estocagem, em temperatura de 22 a 25 °C, a diminuição de ácidos graxos e de fenóis é muito significativa. A diminuição destes compostos determinou a redução do nível de odores dos dejetos.

Serão mostrados sistemas de armazenamento de dejetos de suínos, com maiores detalhes para os mais utilizados nas regiões produtoras de suínos de Santa Catarina: a bioesterqueira e a esterqueira.

#### **2.5.1 Bioesterqueira**

A bioesterqueira utilizada em Santa Catarina, foi adaptada pelo Engenheiro Agrônomo Airto Christmann do Serviço de Extensão Rural, baseando-se no biodigestor tipo indiano. A diferença está no não uso de campânula para coleta do biogás produzido.

Conforme EPAGRI (1995), o sistema compreende uma câmara de fermentação anaeróbia, com capacidade para um tempo de detenção de 45 dias e de um depósito de dejetos, na sequência câmara de fermentação, para mais 90-120 dias de armazenamento, perfazendo um tempo de retenção hidráulica de 135-165 dias. A câmara de fermentação, por recomendação técnica, deve ter no mínimo, 2,5m de profundidade e dimensionamento na proporção de 1/3 em largura/comprimento, devendo ser dividida em dois compartimentos iguais, por parede de 70% da altura das paredes externas. Os dejetos frescos chegam pelo fundo do 1º compartimento, passando ao depósito da bioesterqueira, a partir do fundo do 2º compartimento, conforme descrito no item da metodologia.

Devido ao fluxo dos dejetos e seu sistema de manejo, pode ocorrer degradação sequencial. A degradação anaeróbia sequencial favorece a adoção de curto tempo de detenção com alta produção de gás e com estabilização satisfatória (ANDREADAKIS, 1992). Por estas razões e devido ao fluxo do sistema, admite-se a concentração mais localizada das fases e sua interação, ocorrendo a hidrólise no primeiro compartimento e as demais, de forma progressiva, no segundo compartimento, proporcionando ao sistema um bom funcionamento, principalmente, quando comparado a esterqueira. A bioesterqueira é recomendada, especialmente para agricultores que valorizam os dejetos na lavoura como fertilizantes.

O digestor anaeróbio, tem custo mais alto, é mais difícil de operar, mas não requer alto consumo de energia, pela produção de gás, quando comparado a fossas de oxidação (ambos são semelhantes) (ANDREADAKIS, 1992).

Vantagens atribuídas aos dejetos digeridos na bioesterqueira:

- manter o valor fertilizante
- baixa relação C/N - 10:1
- pH entre 6,5 e 7,5
- o nitrogênio é prontamente assimilável e segundo SUTTON et al (1975) citado por EPAGRI (1995), as perdas de N por volatilização são 50% inferiores a fermentação aeróbia. Segundo SCHERER et al (1995b), a disponibilidade de N-NH<sub>4</sub> é maior no tanque de depósito da bioesterqueira do que na esterqueira (70% e 60%, respectivamente).

- aumentar o teor de fósforo disponível no solo.
- melhorar as propriedades físicas do solo.
- não promover a disseminação de plantas daninhas, devido a destruição do poder de germinação das sementes.
- possibilidade da sua aplicação diretamente nas pastagens, sem “queima” das plantas, devido a eliminação do ácido oxálico na fermentação (EPAGRI, 1995).
- menor cheiro desagradável.
- proporcionar menor proliferação de moscas.
- ter a possibilidade de utilizar o biogás.

Em caso de tratamento de dejetos de suínos, a bioesterqueira pode ser utilizada na etapa de pré-tratamento (COSTA et al, 1995).

### **2.5.2 Esterqueira**

O sistema de esterqueira, consta de apenas uma câmara, preferencialmente revestida, a qual serve como unidade de estocagem, com tempo de retenção hidráulica previsto para 90 a 120 dias. Os dejetos frescos são conduzidos, em fluxo descendente, diretamente ao tanque. Acredita-se que as fases da digestão anaeróbia são simultâneas, mas dispersas em todo o ambiente, com eficiência menor que a da bioesterqueira. O esvaziamento periódico pode causar mau funcionamento do sistema e afetar a qualidade do efluente. Quando usado somente com dejetos de suínos, quase sempre, ocorre putrefação do material (EPAGRI, 1995).

Algumas características da esterqueira, segundo BERNARD & HEDUIT (1979):

- Ocorre formação de crosta superficial por efeito de fermentação anaeróbia, de substâncias flotantes, e de fenômenos físicos (vento, calor).
- O pH estabiliza em 7,0.
- A taxa de coliformes fecais (*Escherichia coli*) em esterqueira é nula no sedimento após 40-50 dias, já as enterobactérias têm redução menos lenta, sendo nula nos sedimentos. A taxa de *Streptococcus* diminui após o 2º mês e meio.

- A microflora mesofílica estabiliza aos 90 dias.
- Aumento da DQO e DBO, durante a estocagem, sob a hipótese de hidrólise bioquímica que permite a liberação de compostos fortemente redutores (DQO) e facilmente biodegradáveis (DBO).
- 90% da M.S do sedimento, se constitui de matéria em suspensão.
- O fósforo de dejetos suínos está em grande parte sob forma de sais insolúveis por isso, quase sua totalidade está nos sedimentos.
- O potássio está presente sob forma solúvel, proveniente, essencialmente, da urina.

Este sistema também é muito recomendado a agricultores usuários dos dejetos como fertilizantes, por apresentar a vantagem de menor custo de construção em relação à bioesterqueira. A grande dúvida, quanto a vantagem da bioesterqueira e esterqueira está na relação custoXbenefício, além da questão ambiental.

### **2.5.3 Biodigestor**

Biodigestores são sistemas utilizados para a degradação dos dejetos de suínos com a valorização do efluente como fertilizante e da recuperação do biogás produzido.

A produção de biogás é de 50 a 70m<sup>3</sup> por tonelada de matéria seca (OLIVEIRA et al, 1993a).

Os biodigestores podem ser descontínuos ou de batelada e contínuos. Os mais comuns são os biodigestores do tipo indiano, filipino e chinês. Em Santa Catarina o mais utilizado é o do tipo indiano de fluxo contínuo, recomendando-se tempo de detenção de 30 - 50 dias.

### **2.5.4 Tanque coberto para controle de odores**

Conforme DE BODE (1990), já referido anteriormente, as perdas de nitrogênio, durante a estocagem, podem chegar a 5 -15%.

A estocagem de dejetos de suínos em fossas cobertas permite uma redução eficaz dos odores (DE BODE (1990), BUELMA et al, (1993), citado por BELLI F° (1995). A cobertura pode ser de material rígido ou flexível, adaptado com chaminé para evacuação do biogás da fermentação (BELLI F°, 1995). A fossa coberta reduz a emissão de mau cheiro (odor) e impede a volatilização de  $\text{NH}_3$ , preservando o poder fertilizante. A formação de crosta na superfície livre das fossas, reduzem a emissão de  $\text{NH}_3$  em 60-70%, enquanto em fossas cobertas esta redução pode chegar de 75-93% (DE BODE, 1990).

Um sistema experimental de tanque coberto para tratamento de dejetos de suínos foi estudado por BELLI F° & MARTIN (1996), consistindo em tanque fechado para estocagem, equipado com sistema de recirculação de biogás (rico em metano) e sistema de tratamento de gases malcheirosos, com a finalidade de reduzir os odores por ocasião da distribuição dos dejetos no terreno. Este procedimento reduz a carga orgânica, elimina o gás sulfídrico (grande responsável pelo mau cheiro), conservando o teor do nitrogênio e o fósforo, portanto, preservando o valor fertilizante.

## **2.6 Considerações**

As informações apresentadas na revisão bibliográfica foram de fundamental importância para o embasamento do nosso trabalho, entretanto foram mais amplas nos aspectos gerais da digestão anaeróbia e menos específicas ao tema estudado. Muitas informações encontradas são válidas para outros países e regiões e não adaptadas às nossas condições. Especificamente, quanto ao manejo de dejetos de suínos em bioesterqueira e esterqueira, pouco foi encontrado. Assim os resultados obtidos com o desenvolvimento do trabalho poderão trazer informações mais específicas e oportunas sobre este assunto.

### **3 METODOLOGIA**

O trabalho foi conduzido em duas etapas. A primeira, conduzida através de um levantamento para a caracterização de sistemas de manejo e armazenamento de dejetos de suínos que ocorrem no Oeste de Santa Catarina, feito junto as propriedades rurais que utilizam a suinocultura.

A segunda etapa, foi conduzida através de um experimento, em 2 (duas) épocas e teve como objetivo, comparar os sistemas de bioesterqueira e esterqueira, quanto ao armazenamento e a valorização dos dejetos de suínos. A 1ª época foi conduzida no período inverno-primavera, de 17 de julho a 13 de novembro de 1996 (119 dias) e a 2ª época, no período primavera-verão, de 20 de novembro de 1996 a 28 de fevereiro de 1997 (100 dias).

#### **3.1 Caracterização dos sistemas de armazenamento e manejo de dejetos de suínos das propriedades avaliadas.**

A caracterização constou de um levantamento em propriedades com sistemas característicos de armazenamento de dejetos de suínos do Oeste de Santa Catarina. Foi aplicado um questionário específico e realizada a coleta de dejetos frescos e de dejetos dos sistemas de estocagem, para análise no local e em laboratório.

##### **3.1.1 Aplicação do questionário e análise de dados**

O levantamento foi realizado na forma de entrevista, usando-se questionário apropriado conforme **Anexo 1**, previamente elaborado, e aplicado em suinocultores das Microrregiões do Meio Oeste, Alto Uruguai, Alto Irani, Oeste e Extremo Oeste de Santa Catarina. Foram abrangidas áreas de ação da assistência técnica agropecuária das seguintes empresas: Epagri, Sadia Concórdia, Copérdia e Cooperativa Central Oeste Catarinense.

Como população amostral foram pré selecionados e entrevistados 163 suinocultores proprietários nas áreas abrangidas, conforme **Anexo2**. O pré requisito para a seleção dos suinocultores foi a existência, na propriedade, de algum sistema característico e representativo de estocagem de dejetos de suínos do Oeste de Santa Catarina, como é o caso de bioesterqueira, conforme pode ser visto na Figura 3.1.



Figura 3.1 - Modelo de uma bioesterqueira no município de Videira-SC

As informações obtidas da entrevista com os suinocultores foram, inicialmente, tabuladas por propriedade. Posteriormente, foram classificadas por tipo de sistema de estocagem e de manejo de dejetos de suínos existente. Depois da classificação os dados foram tabulados por sistema de estocagem e manejo de dejetos existente nas propriedades, dentro das diferentes informações levantadas. Foram analisadas estatisticamente para a média, a distribuição da frequência e a relação entre parâmetros, de forma global e em separado, para os sistemas de bioesterqueira e esterqueira.

Independentemente do sistema de estocagem e manejo de dejetos de suínos existente na propriedade, foram feitas análises quanto ao volume de dejetos de suínos produzidos. Análise especial de dados foi efetuada, de criações de suínos de recria-terminação, equipadas com bebedouro do tipo chupeta, como forma de comparar com os resultados obtidos na unidade experimental, a qual apresentava a mesma característica.

O objetivo foi conhecer a representatividade dos sistemas de manejo e armazenamento de dejetos a nível de propriedade rural, seu funcionamento, volume produzido, a capacidade de armazenagem e o destino destes dejetos. Foram obtidas informações complementares para o trabalho experimental de comparação entre os sistema de bioesterqueira e esterqueira

### **3.1.2 Coleta de amostras para análises no local e no laboratório**

Para a realização das análises de laboratório, foram coletadas, em propriedades suínolas pesquisadas, amostras de dejetos frescos e do interior dos compartimentos de estocagem. Para a coleta de dejetos para análise, foi selecionada, após a aplicação do questionário e de forma aleatória, uma parcela dos suinocultores pesquisados. O objetivo foi o de caracterizar os sistemas de armazenamento de dejetos de suínos mais encontrados, quanto a parâmetros indicadores de degradação da matéria orgânica e de valor fertilizante para agricultura.

Foram coletadas amostra de dejetos frescos e do interior dos sistemas de armazenamento.

Os dejetos frescos foram coletados no local de sua produção, ou imediatamente antes da canalização para o sistema de armazenagem de dejetos, ou seja na calha interna ou externa ou tanque de mistura - homogeneização. Antes da coleta, foi procedida a homogeneização em toda extensão da calha ou tanque coletor. Depois de homogeneizado, foi coletada, mediante o uso de coletores convencionais, 1 (uma) amostra de aproximadamente 3 (três) litros em cada um de 4 (quatro) diferentes pontos da calha. As 4 (quatro) amostras de 3 (três) litros de cada coleta, foram despejadas em 1 (um) balde de 20 (vinte) litros e homogeneizada.

A coleta dos dejetos do interior dos sistemas foi feita sempre no compartimento terminal. Por exemplo, no caso de esterqueira, no próprio tanque e no caso de bioesterqueira e de biodigestor, na câmara do depósito do biofertilizante. O material foi coletado, mediante o uso de coletor de amostra de profundidade, cujo modelo pode ser visto no **Anexo 3**, sendo coletado em pelo menos 6 (seis) pontos do tanque. O coletor era introduzido com o registro aberto, o qual era fechado ao tocar no fundo, o que permitia uma amostra de todo o perfil do compartimento de estocagem.

A amostras coletadas de dejetos frescos e do interior dos sistemas foram armazenadas em balde e homogeneizadas, retirando-se uma amostra composta de 1,5 (um e meio) litro, sendo 1 (um) litro para análise de laboratório e 0,5 (meio) litro para análise física (densidade), no local.

As amostras compostas para análise (1 litro), foram acondicionadas em embalagens especiais e em isopor com gelo para o transporte do local de coleta até o laboratório.

### **3.1.3 Avaliação de parâmetros no local de coleta**

No local da coleta foi feita a leitura da densidade das amostras de dejetos, utilizando-se para isso um frasco de 500ml e densímetro de escala de 1000 a 1100g/l. As amostras de dejetos utilizadas para a leitura foram retiradas do balde acima referido e devidamente homogeneizadas.

### **3.1.4 Análises de parâmetros no laboratório**

No laboratório do CNPSA/EMBRAPA - Concórdia - SC, após a leitura do pH, os dejetos foram analisados para os parâmetros de DQO bruta e DQO solúvel, pelo Standard Methods for the examination of water and wastewater da APHA (American Public Health Association) AWWA (American Water and Works Association) e WPCF (Water Pollution Control Federation).

## **3.2 Experimento com bioesterqueira e esterqueira**

O experimento com bioesterqueira e esterqueira, foi conduzido em uma unidade experimental construída para esta finalidade, alimentado com dejetos de uma de criação de suínos em fase de recria-terminação localizada anexa a unidade experimental, conforme mostrado esquematicamente na Figura 3.2. Os parâmetros sob observação foram medidos no local do experimento e em laboratório.

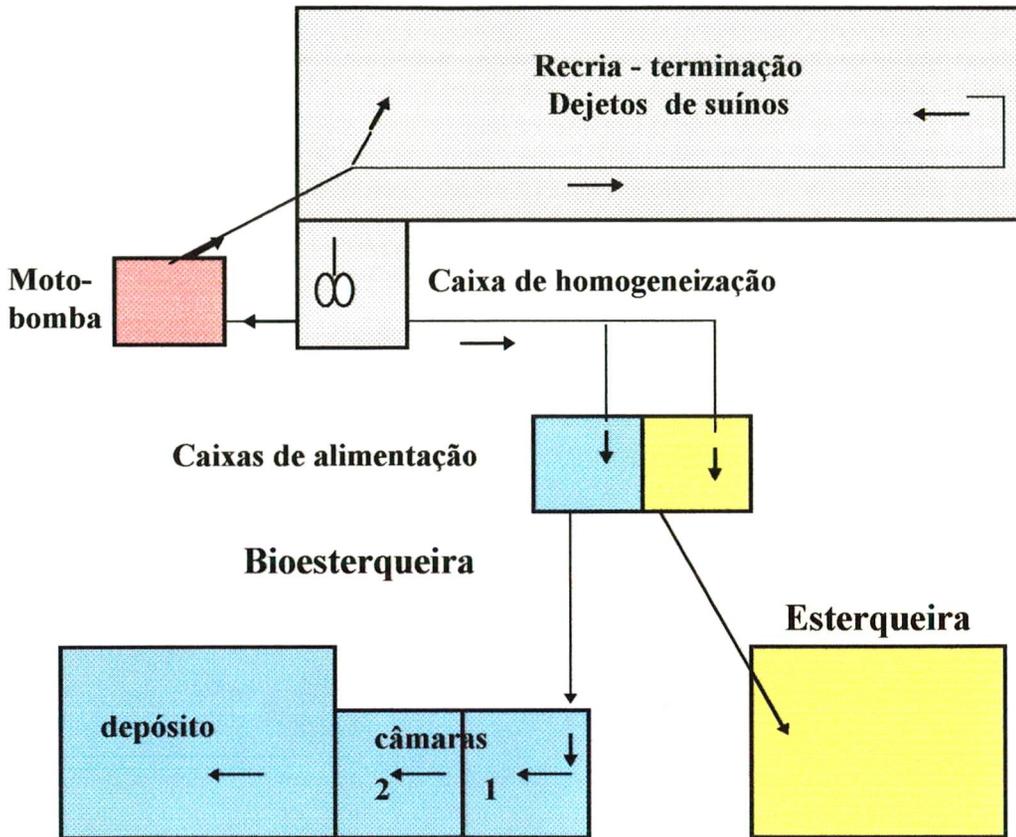


Figura 3.2 - Esquema do fluxo dos dejetos na unidade experimental

### 3.2.1 Instalação experimental

Para a finalidade da pesquisa, foi construída na EPAGRI/Cetre (Centro de Treinamento), em Florianópolis - SC, uma instalação experimental, em alvenaria, constituída por um sistema de bioesterqueira e um de esterqueira, conforme Figuras 3.3 e 3.4. Os sistemas foram construídos em formato retangular, com a parte superior adaptada com canaleta, em concreto para acoplamento de campânula para coleta dos gases produzidos. A unidade foi coberta com telhado de folhas de cimento amianto. Abaixo as características e dimensões da construção:

#### Bioesterqueira

A bioesterqueira (Figura 3.3) foi construída com câmara de fermentação de 2 (dois) compartimentos, cada um tendo um volume de  $0,90\text{m}^3$  ( $0,64\text{m} \times 95,5\text{m} \times 1,45\text{m}$ ) e um depósito para o efluente da câmara de fermentação de  $3,27\text{m}^3$  ( $2,21\text{m} \times 1,02\text{m} \times$

1,45m), perfazendo a  $5,02\text{m}^3$ . Somado com o volume da parte da canaleta ( $0,12\text{m}^3$ ), totalizou  $5,14\text{m}^3$ .

### **Esterqueira**

A esterqueira, em tanque único, com volume da ordem de  $2,96\text{m}^3$  ( $2,00\text{m} \times 1,02\text{m} \times 1,45\text{m}$ ), na parte inferior e um total de  $3,02\text{m}^3$  com a parte da canaleta ( $0,06\text{m}^3$ ), foi construído anexo a bioesterqueira, conforme esquema mostrado na Figura 3.3.

### **Infra-estrutura de apoio da unidade de pesquisa**

A infra-estrutura de apoio da unidade de pesquisa constou de:

- Caixa de homogeneização e verificação dos dejetos, instalada na parte final da vala coletora de dejetos da unidade de criação de suínos.
- Duas caixas (capacidade para 142 litros cada), para medida do volume de alimentação e descarte, equipadas com conexões e registros, sendo uma ligada ao sistema da bioesterqueira e a outra a esterqueira.
- Criação de suínos confinada de recria-terminação, com capacidade para 24 animais construída em alvenaria, contendo 4 baias e equipada com bebedouro do tipo “chupeta”, piso ripado e vala de contenção em nível.
- Conjunto de moto-bomba de rotor aberto, com tubulação instalada para a circulação e a homogeneização dos dejetos na vala coletora e caixa de homogeneização.

#### **3.2.2 Caracterização da criação de suínos e dos dejetos utilizados no experimento**

A unidade de criação de suínos foi do tipo recria-terminação, composta em média por 23 animais cruzados entre as raças Landrace e Large White, distribuídos em lotes com peso entre 25 a 100 kg. Os animais eram alimentados em 3 (três) refeições diárias com ração clássica do tipo crescimento, contendo 16% de proteína bruta, 3,6% de fibra bruta, 0,5% de P (fósforo) e 0,7% de K (potássio), conforme resultados de análise realizado pelo CNPSA/EMBRAPA.

O volume produzido dos dejetos utilizados nos sistemas foi medido ao longo de toda fase experimental, tendo-se utilizado as caixas de alimentação, as quais foram equipadas com escala volumétrica.

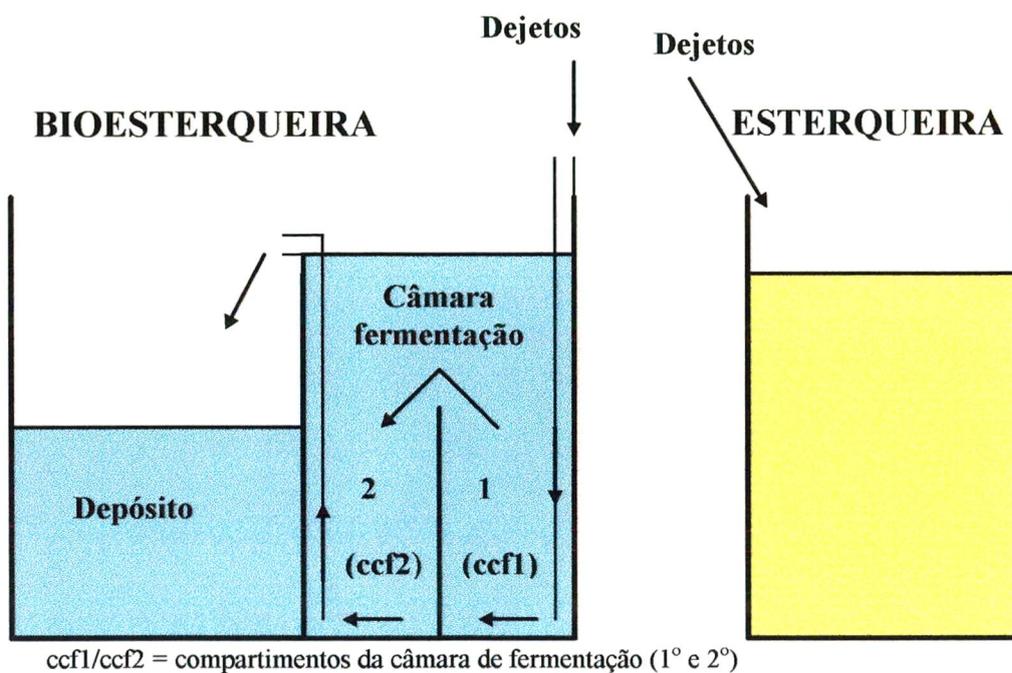


Figura 3.3 - Esquema da bioesterqueira e da esterqueira com fluxo dos dejetos.

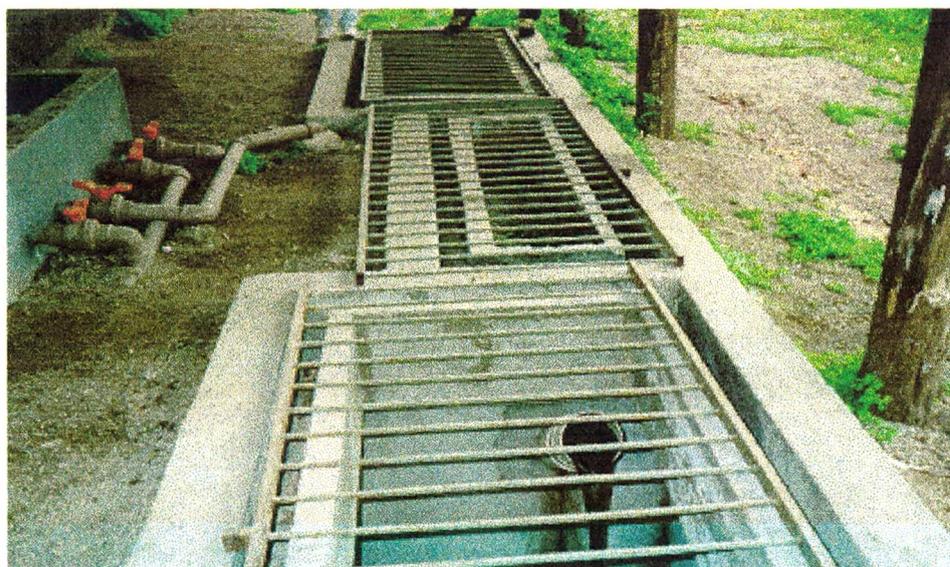


Figura 3.4 - Unidade experimental construída no CETRE/EPAGRI-Florianópolis-SC

### 3.2.3 Alimentação dos reatores de armazenamento dos dejetos

No início da 1ª época do experimento foi colocado inóculo na base de 10% do volume total dos reatores, assim a bioesterqueira (câmara de fermentação) recebeu 504 litros e a esterqueira, 302 litros. Depois da introdução do inóculo, a alimentação foi feita 3 vezes por semana, sendo adicionado o equivalente diário de 40 litros e de 25,2 litros, respectivamente, na bioesterqueira e na esterqueira. Antes de cada alimentação os dejetos foram devidamente homogeneizados. O volume de dejetos acrescentado foi calculado baseado em um tempo de retenção de 45 dias para a câmara de fermentação da bioesterqueira e de 120 dias para a esterqueira.

A 1ª época de avaliação (inverno-primavera) foi conduzida durante 119 dias, quando a bioesterqueira teve seu depósito completamente esvaziado e mantida intacta a câmara de fermentação, enquanto a esterqueira foi parcialmente esvaziada, tendo-se deixado o correspondente a 350 litros, como inóculo para a 2ª época (primavera-verão).

A 2ª época de avaliação teve seu início 7 dias após concluída a 1ª época, sendo conduzida por 100 dias. Em relação a 1ª, na 2ª época foi reduzida a velocidade de entrada dos dejetos na bioesterqueira no momento da alimentação e, a partir do 187º dia até o final do experimento, os dois sistemas foram alimentados diariamente.

Antes de cada alimentação os dejetos foram homogeneizados com ajuda de rodos de operação manual e motor-bomba de rotor aberto. Os rodos, confeccionados de forma artesanal em bambu e tela metálica, foram instalados em cada canal da vala de contenção dos dejetos produzidos e acionados manualmente (10 vezes antes do acionamento da bomba de homogeneização). Na 1ª época do experimento a motor-bomba de 0,5CV foi operada de tal forma que pudesse recolher os dejetos na caixa de homogeneização e bombeá-los até o início do canal coletor de dejetos, fazendo assim a sua circulação e a consequente homogeneização.

Para a 2ª época foi instalada uma moto-bomba mais potente (2CV), além de ser acoplado mais uma saída com registro de controle para conduzir o líquido nas proximidades do ponto de captação da bomba. Estas adaptações melhoram as condições da homogeneização dos dejetos.

### 3.2.4 Coleta de amostras para as análises laboratoriais

Para as análises de laboratório foram coletadas 18 (dezoito) amostras na 1ª e 12 (doze) na 2ª época, totalizando 30 (trinta) coletas durante o experimento. Foram feitas amostras compostas, sendo de 5 (cinco) pontos de coleta na esterqueira e no depósito da bioesterqueira e de 2 (dois) pontos de coleta nos compartimentos da câmara de fermentação da bioesterqueira.

As amostras foram coletadas mediante a utilização de coletor de amostra de profundidade (**Anexo 3**), desenvolvido especialmente para esta finalidade. Na operação (Figura 3.5), o coletor de amostra de profundidade era introduzido com o registro aberto, sendo fechado ao atingir o fundo do depósito e a seguir, retirado. Esta forma de coleta, permitia uma amostra de todo o perfil do compartimento, representando a qualidade de todo o material estocado.



Figura 3.5 - Momento de coleta de amostra com coletor de profundidade

### 3.2.5 Avaliação de parâmetros no local do experimento

Rotineiramente, no local do experimento e nos dias de alimentação dos sistemas, foram medidos os seguintes parâmetros analíticos: densidade, temperatura, pH e Potencial Redox (Eh), além da medida do volume (litros) de dejetos produzidos. A densidade foi medida em frasco 500 ml com os dejetos dos compartimentos correspondentes, através de densímetro com escala entre 1000 a 1100 g/l. Os demais parâmetros foram medidos com uso de *pH meter*, nos recipientes nos dias de coleta e, diretamente nos compartimentos, nos demais dias de alimentação.

Ao final da 1ª e no decurso da 2ª época, também foi feita medida da produção de biogás, mediante o acoplamento de campânulas nos reatores dos sistemas e o uso de gasômetro desenvolvido pelo Laboratório de Ciências Térmicas da UFSC (Figura 3.6).

As medidas de produção de gás foram feitas instantaneamente, por um período de tempo de 20 minutos, extrapoladas para a determinação do volume diário e total. Para diminuir a margem de erro, a leitura dos 10 minutos iniciais foi desprezada e validada para cálculo, somente os 10 minutos finais.

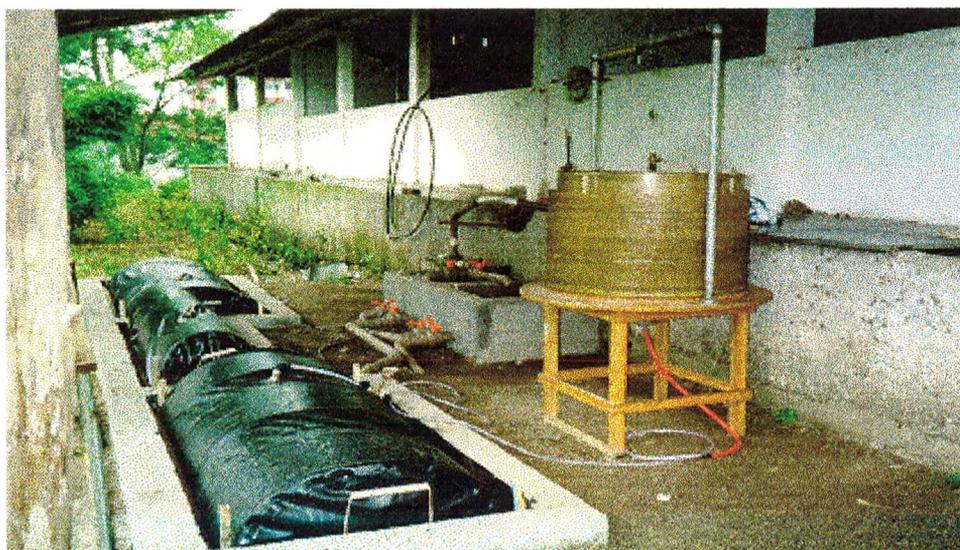


Figura 3.6 - Unidade experimental com campânulas e gasômetro na medição de biogás

### 3.2.6 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas nas dependências do Laboratório da CIDASC (Companhia Integrada de Desenvolvimento de Santa Catarina) - Florianópolis SC, utilizando métodos conhecidos, com adaptações para dejetos de suínos. Do material coletado, foram determinados em laboratório:

- a) ST, SF e SV (sólidos totais, fixos e voláteis), DQO(demanda química de oxigênio) total e solúvel, em ambas as épocas e DBO<sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxigênio), na 2ª época, pelo Método da APHA (American Public Health Association)-AWWA (American Water and Wastewater Association) -WPCF (Water Pollution Control Federation), *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater* :
- b) NTK e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (nitrogênio total Kjeldahl e amoniacal), pelo “Modified Kjeldahl Method -Nitrogen-Ammonia-Protein”, da AOCS (American Oil Chemists Society).

- c)  $P_2O_5$  (fosfato) total e extraível e  $K_2O$  (potássio) total e extraível, pelo Método Marino Tedesco (TEDESCO et al, 1995), conforme **Anexo 4**. Os valores oficiais de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$  utilizados no trabalho foram os obtidos da aplicação deste método.
- d)  $P_2O_5$  total, pelo Método Gravimétrico do LANARV (Laboratório Nacional de Referência Vegetal). Foi utilizado somente na 1ª época para fins de acompanhamento dos métodos de determinação de P.
- e)  $K_2O$  total, pelo Método LANARV (Laboratório Nacional de Referência Vegetal). Foi utilizado somente na 1ª época para fins de acompanhamento dos métodos de determinação de K.

### **3.2.7 Análise de Coliformes**

Análise de coliformes totais e coliformes fecais feitas pelo Método “Colilert em 24 horas”, sendo as amostras coletadas do sobrenadante dos diversos compartimentos de estocagem. As amostras, acondicionadas em embalagem específica, foram transportadas ao laboratório em caixa de isopor com gelo.

### **3.2.8 Outras Análises**

Para a avaliação da metodologia de determinação P e K foi feita regressão linear dos resultados de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$  obtidos pelo Método Marino Tedesco, respectivamente com os resultados de  $P_2O_5$  obtidos através do Método Gravimétrico e os resultados de  $K_2O$  obtidos pelo Método Lanarv.

### **Equipamentos**

Os equipamentos utilizados para o desenvolvimento do trabalho estão relacionados no **Anexo 5**.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Caracterização dos sistemas de armazenamento e manejo de dejetos suínos nas propriedades avaliadas**

#### **4.1.1 Resultados da aplicação do questionário**

Os resultados apresentados são referentes a aplicação do questionário, conforme anexo, em suinocultores das Microrregiões do Meio Oeste, Alto Uruguai, Alto Irani, Oeste e Extremo Oeste de Santa Catarina, cujo pré requisito foi a existência, na propriedade, de um sistema característico de manejo e estocagem de dejetos de suínos.

#### **Sistemas de manejo e armazenamento de dejetos de suínos encontrados**

Foram atingidos 163 suinocultores de forma aleatória, porém em número considerável para atender o nosso trabalho.

Dos 163 suinocultores entrevistados no Oeste de Santa Catarina, a grande maioria (91%), apresenta o sistema de bioesterqueira (44%) ou o sistema de esterqueira (47%), o que pode ser verificado na Tabela 4.1. Apenas 7% apresentam outros sistemas que não bioesterqueira ou esterqueira, ou ainda, mais de um sistema.

Em outros sistemas foi encontrado: 1) o biodigestor, composto por tanque de fermentação com dois compartimentos e adaptado com campânula para recuperação do biogás produzido; 2) o tanque com 2 (dois) compartimentos de mesma capacidade, usados alternadamente (enquanto um recebe carga, o outro aguarda esvaziamento; e 3) o conjunto de separador da fase sólida e lagoas de tratamento da fase líquida. Cada um destes sistemas foi encontrado em 2 (duas) propriedades diferentes. Uma das propriedades visitadas não apresentou qualquer sistema de armazenagem, neste caso, os

dejetos são perdidos no solo e cursos de água, poluindo o meio ambiente, além de outras 4 (quatro) propriedades que apresentaram mais de um sistema.

Tabela 4.1 - Distribuição do número de unidades de bioesterqueiras, esterqueiras de uma população de 163 propriedades avaliadas.

Bioesterqueiras		Esterqueiras		Outras		S/resposta		Total	
Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
72	44	77	47	11	7	3	2	163	100

### Tamanho das propriedades rurais, aptidão agrícola e ocupação do solo

Foi encontrada uma média geral de 29ha de terra por propriedade rural, sendo que 74% delas apresentam entre 0,1 a 36ha, predominando as propriedades com 12 a 36 hectares de terra, conforme pode ser verificado na Figura 4.1, o que significa tratar-se de pequenas propriedades rurais, na sua grande maioria.

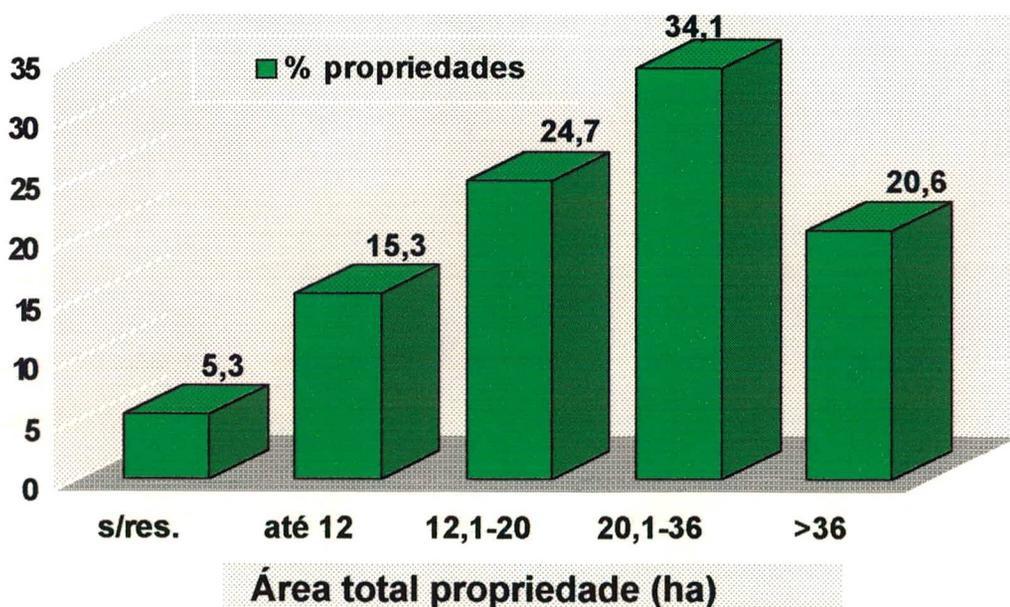


Figura 4.1 - Distribuição da frequência da área total de terra das propriedades suinícolas

Destas propriedades rurais, as que adotam o sistema de bioesterqueira apresentam uma área total de terras da propriedade, 20% inferior, comparado com aquelas que adotam o sistema de esterqueira.

A Tabela 4.2 também mostra que a aptidão agrícola (capacidade de uso do solo para agricultura), das propriedades visitadas, é de apenas cerca de 55%, o que significa que pouco mais da metade da área da propriedade apresenta potencial para uso com agricultura, especialmente devido a alta declividade do terreno. Isto decorre da topografia montanhosa do Oeste Catarinense, que apresenta forte limitação para a exploração de cultivos anuais, e consequente utilização dos dejetos de suínos como fertilizantes agrícolas, face a dificuldade de mecanização.

A média geral de terras de lavoura, é de 15ha, sendo que 78% das propriedades rurais possuem até 20ha. Isto decorre do pequeno tamanho destas propriedades e da baixa aptidão agrícola (Figura 4.2). Conforme Tabela 4.2, as propriedades com bioesterqueira, além de apresentarem uma área total de terra menor, também possuem uma área de lavoura proporcionalmente menor (apenas 69% em relação a área das propriedades com esterqueira), o que significa menor área de produção agrícola nas propriedades com o sistema de bioesterqueira.

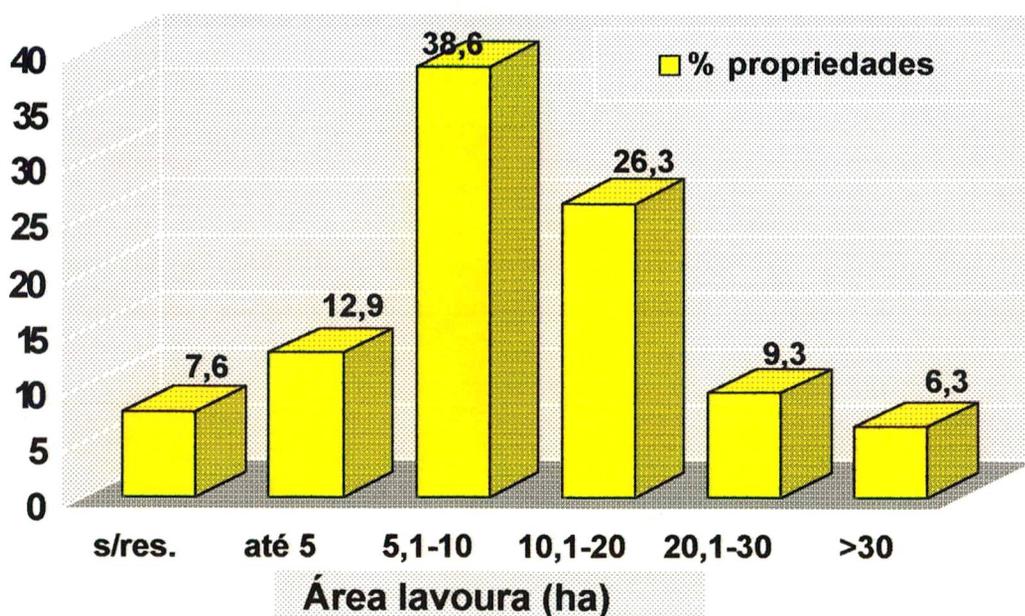


Figura 4.2 - Distribuição da frequência das áreas ocupadas com lavoura.

A área de pastagem, cuja média foi de 5ha, também é menor nas propriedades com bioesterqueira, conforme Tabela 4.2.

Os resultados mostram que as propriedades com o sistema de bioesterqueira, tendo área de terra menor, apresentam menor capacidade de aproveitamento de dejetos, via agricultura, em relação as do sistema de esterqueira.

Tabela 4.2 - Aptidão agrícola, área total, área de lavoura e área de pastagem das propriedades que adotam os sistemas de manejo de bioesterqueira e esterqueira

<b>SISTEMA MANEJO ADOTADO</b>	<b>Aptidão Agrícola (%)</b>	<b>Área total (ha)</b>	<b>Área Lavoura (ha)</b>	<b>Área Pastagem (ha)</b>
<b>Bioesterqueira</b>	54	26	11	4,8
<b>Esterqueira</b>	57	32	16	5,5

#### **Aves e bovinos nas propriedades, produção e destino de seus dejetos**

Foi encontrado uma maior concentração de aves (média 2900 cabeças) e bovinos (média 19 cabeças) e portanto, maior potencial de produção de dejetos destes animais, nas propriedades que adotam o sistema de esterqueira (Tabela 4.3). A mesma tabela aponta para um maior volume de dejetos de bovinos acumulados no estábulo (média de 50 l.dia<sup>-1</sup>) no sistema de bioesterqueira, indicando que nestas propriedades os animais ficam mais tempo estabulados e menos tempo nas áreas de pastagem, enquanto nas propriedades do sistema de esterqueira é o contrário, ficando um maior volume de dejetos nas pastagens.

Tabela 4.3 - Sistema de manejo adotado, n° de aves, n° de bovinos e dejetos acumulados

<b>SISTEMA MANEJO ADOTADO</b>	<b>N° Aves</b>	<b>N° Bovinos</b>	<b>Dejetos Aves (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Dejetos Bovinos acumulados estábulo (m<sup>3</sup>/ano)</b>
<b>Bioesterqueira</b>	2221	18	21	54
<b>Esterqueira</b>	3626	19	38	48

## Tipos de criações de suínos

Das criações pesquisadas, foram encontradas 32 UPL (unidade de produção de leitões), 51 unidades de recria/terminação e 75 de ciclo completo, além de outras 5 com mais de um sistema (4 casos) ou sem informação (1 caso).

## Rebanho de suínos nos diferentes sistemas de armazenamento e manejo

Quanto ao número de animais, foram encontrados, como média geral, um total de 313 animais por propriedade, sendo 256 no sistema de bioesterqueira e 361 animais no sistema de esterqueira, distribuídos em diversas categorias, conforme Tabela 4.4. O número de animais é maior nas propriedades com o sistema de esterqueira, onde a área de terras também é maior.

Estes resultados também mostram que o número de animais aumenta a medida do aumento da área da propriedade, o que também foi verificado por SCHMITT et al (1996), em um estudo realizado com suinocultores de Minnesota (USA).

Tabela 4.4 - Rebanho de suínos por categoria e total das propriedades pesquisadas

SISTEMA MANEJO	NºMatr	NºL.Mat	NºLCre	NºR/T	NºRs/Rr	Nº Tot
<b>BIOESTERQUEIRA</b>	24	43	47	139	3	256
<b>ESTERQUEIRA</b>	30	61	71	194	5	361
<b>MÉDIA GERAL</b>	26	51	57	175	4	313

Nº = número; Matr = matrizes; L.Mat = leitões na maternidade; Lcre = leitões na creche; R/T = suínos em recria e terminação; Rs/Rr = suínos em reposição e reprodutores; Tot = total de suínos na propriedade.

## Volume de dejetos produzidos

O volume de dejetos produzidos está em função da produção de esterco sólido, urina e desperdício de água e de ração, que por sua vez está em função do tipo de instalações e sistema de manejo adotado nas propriedades.

A principal causa da diferença de produção de dejetos está na quantidade de água desperdiçada a qual é determinada pelo tipo de bebedouro e suas condições de funcionamento, além do manejo adotado em relação a limpeza das instalações, que acaba

incorporada no volume de dejetos produzidos. Da mesma forma, interfere neste parâmetro o tipo de revestimento e a cobertura das construções onde os dejetos de suínos são produzidos e armazenados.

Das propriedades pesquisadas, foi analisado o volume produzido em função do sistema de estocagem e manejo e do tipo de criação (UPL- unidade de produção de leitões, R/T- recria/terminação e CC- ciclo completo).

#### a) Volume produzido nos diferentes sistemas de armazenamento e manejo

A produção média geral de dejetos nas propriedades foi da ordem de 669m<sup>3</sup>/ano, sendo 523m<sup>3</sup>/ano nas propriedades do sistema de bioesterqueira e 780m<sup>3</sup>/ano no sistema de esterqueira. Isto representa uma produção média diária de 5,8 litros por suíno presente na criação das propriedades investigadas. Em relação as propriedades com o sistema de bioesterqueira, as propriedades do sistema de esterqueira produzem um volume 6% maior (Tabela 4.5), o que significa, também um maior desperdício de água, nas propriedades deste sistema.

Tabela 4.5 - Produção e capacidade de estocagem de dejetos de suínos nas propriedades com sistema de bioesterqueira e de esterqueira

Sistema	Nº total animais	Prod.Dejetos. (m <sup>3</sup> /ano)	Capacidade estoc (m <sup>3</sup> )	Cap.estoc//Vol dej. (m <sup>3</sup> )	Prod.Dejetos (L/dia.suíno)	Cap.estoc (m <sup>3</sup> /suíno)
<b>Bioesterqueira</b>	255	523	186	0,36	5,62	0,73
<b>Esterq. Convenc</b>	358	780	187	0,24	5,97	0,52
<b>Geral (todos sist.)</b>	311	669	187	0,29	5,89	0,62

Prod = produção; estoc= estocagem; Cap.estoc= capacidade de estocagem; Vol Dej = volume de dejetos.

Aproximadamente a metade das propriedades suínolas avaliadas produzem na faixa de 201 a 600m<sup>3</sup>/ano, conforme mostra a Figura 4.3.

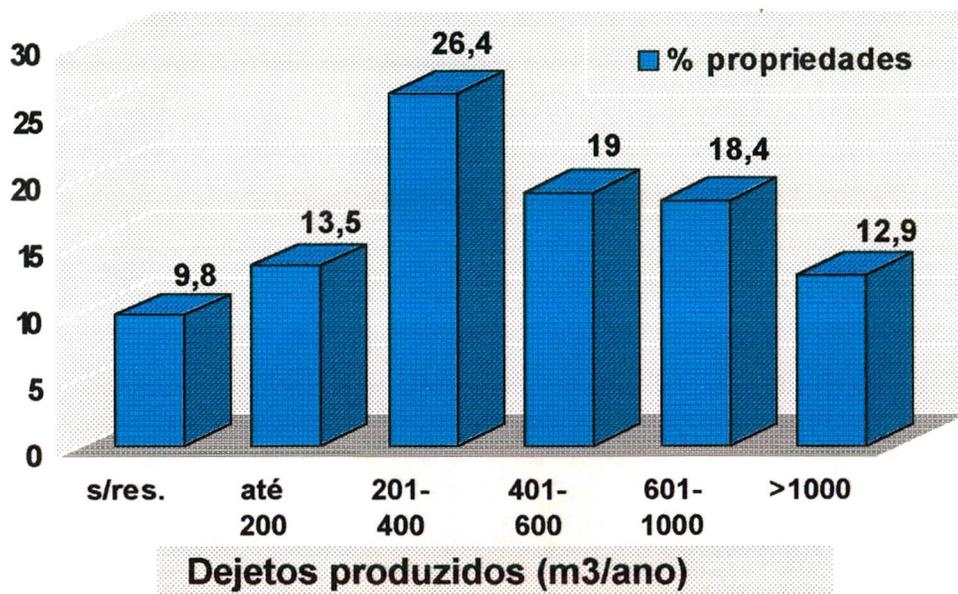


Figura 4.3 - Distribuição da frequência do volume de dejetos produzidos nas propriedades suínolas avaliadas.

#### b) Volume produzido nos diferentes tipos de criação

Independentemente do sistema de manejo e de armazenamento, o volume de dejetos produzidos foi analisado em função do tipo de criação: ciclo completo, UPL (unidade de produção de leitões) e unidade de recria/terminação.

Conforme mostra a Tabela 4.6, o maior volume de dejetos é produzido nas unidades de recria/terminação (704m<sup>3</sup>/ano) em relação às UPLs e criações de ciclo completo. Isto representa uma produção diária de 5,9 litros por suíno em terminação, inferior ao volume de 7,0 litros, sugerido por SANCEVERO (1979), KONZEN (1980) citados por OLIVEIRA (1993).

Exclusivamente nas criações de recria/terminação, em ambos os sistemas (bioesterqueira e esterqueira), a maior produção de dejetos de suínos, foi registrada nas propriedades cujas construções para suínos são equipadas com bebedouros do tipo chupeta, produzindo, diariamente 6,03 litros por suíno desta categoria (Tabela 4.7).

Na unidade experimental, cuja construção foi equipada com bebedouro do tipo chupeta, a produção foi bem superior, registrando 11,1 l/ suíno em terminação.dia no período inverno-primavera (1<sup>a</sup> época) e 16,3l no período primavera-verão (2<sup>a</sup> época).

Tabela 4.6 - Número de criações; volume de dejetos produzidos; capacidade de estocagem em m<sup>3</sup>; relação da capacidade de estocagem/volume de dejetos produzidos; capacidade de estocagem em dias e relação de dejetos produzidos/suíno.ano.

Tipo de criação	Criações (n°)	V.Dj/a (m <sup>3</sup> )		Cap.est(m <sup>3</sup> )		V est/V.Dj (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Tempo est. (dias)	Vdej/animal.ano (m <sup>3</sup> )
		média	σ	média	σ			
UPL	32	554	288	193	133	0,35	127	9,50m <sup>3</sup> /matr UPL
R/Term	51	704	755	237	302	0,34	124	2,15m <sup>3</sup> /sui. term.
C.Compl	75	675	853	152	156	0,23	84	25,50m <sup>3</sup> /matr CC
Geral	163	661	742	188	215	0,28	102	- - -

V.Dj =volume dejetos; a=ano Cap.est =capacidade estocagem; V.est= volume estocagem; σ= desvio padrão; matr.=matriz; sui.=suíno; CC= ciclo completo

Nas criações de ciclo completo a produção anual de dejetos por matriz (25,5m<sup>3</sup>) é menor que os 32,3m<sup>3</sup> citado por KONZEN (1983).

Nas UPLs a produção diária por matriz (27,0 litros) é semelhante a citada por KONZEN (1980) e OLIVEIRA et al (1993a).

Tabela 4.7 - Produção de dejetos de suínos e capacidade de estocagem nas unidades de recria-terminação, por tipo de bebedouro.

Tipo de Bebedouro	Sui.tot(N°)		V.Dj/a(m <sup>3</sup> )		Cap.est(m <sup>3</sup> )		V es/Vdej (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Tem est. (dias)	V.Dej/sui (L.d-1)	V.est/sui (m <sup>3</sup> /ter)
	média	σ	média	σ	média	σ				
Chupeta	345	270	760	638	300	474	0,39	142	6,03	0,87
Nível	242	165	467	333	167	110	0,36	131	5,28	0,69
Concha	179	111	350	146	95	50	0,27	99	5,36	0,53
Geral	265	136	553	282	198	110	0,36	131	5,71	0,75

V.Dj=volume dejetos; Sui,tot=total suínos; Cap est=capacidade estocagem; V.es=volume estocagem; Tem.est=tempo de estocagem; V.est=volume estocagem; sui=suíno; σ=desvio padrão.

### Capacidade de estocagem dos dejetos de suínos nas propriedades pesquisadas

A capacidade de armazenagem foi analisada nas propriedades com os diferentes sistemas de estocagem e manejo de dejetos de suínos e nos diferentes tipos de criação.

### **a) Capacidade de estocagem nos diferentes sistemas**

Em volume físico, a capacidade de estocagem nos sistemas de bioesterqueira e de Esterqueira, se mostrou semelhante ( $187\text{m}^3/\text{propriedade}$ ), conforme Tabela 4.5.

Analisando a capacidade de armazenagem em função do volume de dejetos produzidos, a maior estrutura se encontra nas propriedades com o sistema de bioesterqueira, onde o tempo de estocagem chega a 131 dias, enquanto nas de esterqueira é de apenas 88 dias (Tabela 4.7).

Quando relacionado com o número de animais, a capacidade de armazenagem por suíno presente na propriedade, é de  $0,73\text{m}^3$  nas propriedades que adotam o sistema de bioesterqueira, contra  $0,52\text{m}^3$  nas que adotam a esterqueira (Tabela 4.5).

Os resultados da capacidade de armazenagem por suíno presente podem ser comparados com a faixa encontrada por SCHERER et al (1995b):  $0,91\text{m}^3$  nas pequenas criações (com até 100 animais);  $0,44\text{m}^3$  nas médias (com 100 a 200 animais); e  $0,27\text{m}^3$  nas grandes criações ( $> 200$  animais).

### **b) Capacidade de estocagem de dejetos de suínos por tipo de criação**

A capacidade física dos sistemas de estocagem nas criações de recria-terminação de suínos ( $237\text{m}^3$ ) é maior em relação as UPLs ( $193\text{m}^3$ ) e ciclo completo, conforme pode ser verificado na Tabela 4.6. Entretanto, o tempo de retenção possível é semelhante nas UPLs e unidades de recria-terminação, com 125 dias, enquanto nas criações de ciclo completo é de apenas 84 dias. A mesma tabela mostra que nas criações de recria-terminação, apesar de terem uma maior produção relativa de dejetos, determinado pelo alto grau de desperdício de água, tem a maior estrutura em volume, permitindo um tempo de detenção de 142 dias (Tabela 4.7).

### **Destino e valorização dos dejetos de suínos**

A maior parte (88%) dos dejetos de suínos produzidos nas propriedades do Oeste de Santa Catarina pesquisadas, com sistemas de bioesterqueira e esterqueira, são utilizados como fertilizantes na própria propriedade rural. Nas propriedades com

esterqueira, somente 3,5% e no sistema de bioesterqueira, apenas 0,5% dos dejetos não são aproveitados, sendo lançados diretamente na rede de drenagem. O excedente dos dejetos produzidos, é praticamente utilizado nas propriedades dos vizinhos.

Do volume usado nas propriedades com sistema de bioesterqueira e esterqueira, 84% é aplicado nas lavouras, especialmente na cultura do milho e a outra parte, principalmente em pastagens, sendo a aplicação feita na superfície do solo (Tabela 4.8).

Estudo feito em Minnesota (USA), quanto às práticas de distribuição dos dejetos de suínos no solo, revela que a aplicação de superfície representa 53%, enquanto a injetável 43%, e a de irrigação 4% (SCHMIDT et al, 1996).

Tabela 4.8 - Utilização dos dejetos de suínos nas propriedades do Oeste Catarinense

<b>Sistema</b>	<b>Utilizado Propried. (%)</b>	<b>Aplicado Lavoura (%)</b>	<b>Aplicado Lavoura (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Area Lav Adubada (ha)</b>	<b>Distancia aplicação (km)</b>	<b>Produção milho (sc/ha)</b>
<b>Bioesterqueira</b>	92	84	39	11	0,69	94
<b>Esterqueira</b>	86	84	51	12	0,81	101
<b>Geral</b>	88	84	44	11	0,76	97

Propried.=na própria propriedade; Lav =lavoura; produção de milho =produtividade de milho

Na área adubada (média de 11 hectares), nas propriedades com os dois sistemas de estocagem e manejo, são aplicados anualmente, em média, 44m<sup>3</sup> de dejetos/ha), sendo que nas propriedades com o sistema de bioesterqueira, praticamente toda a área de lavoura é fertilizada, apesar do volume aplicado por hectare ser menor (Tabela 4.9). Este volume de esterco aplicado é semelhante ao recomendado (40m<sup>3</sup>/ha.ano) para a cultura de milho, em solos médios, apresentando um teor de MS (matéria seca) de 5% e teor de MO (matéria orgânica) entre 2,6 a 5%, conforme SCHERER et al (1994a).

Conforme se verifica na Figura 4.4, a maioria dos suinocultores aplica anualmente, um volume de 20 a 60m<sup>3</sup>/ha em suas lavouras.

Com o volume de dejetos de suínos aplicado, complementado com fertilizante químico, a produtividade média da cultura do milho observada foi da ordem de 97 sacos/Hectare.

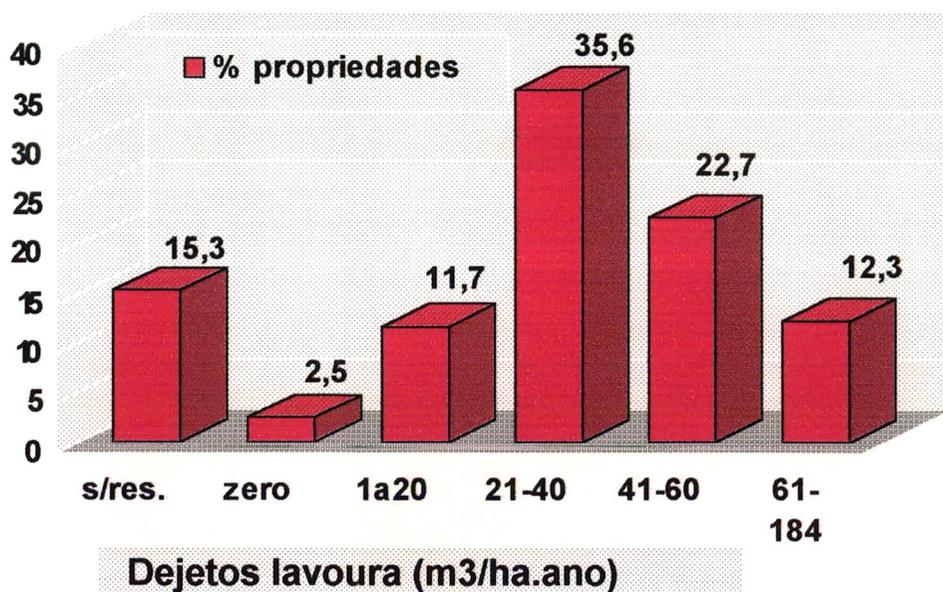


Figura 4.4 - Distribuição da frequência do volume de dejetos aplicados nas lavouras das propriedades suinícolas avaliadas.

Com os  $44\text{m}^3/\text{ha.ano}$  (média dos suinocultores) e com base na concentração de nutrientes para as plantas por  $\text{m}^3$  de dejetos ( $2,92\text{kg N}$ ,  $2,37\text{kg P}_2\text{O}_5$ ,  $1,54\text{ kg K}_2\text{O}$ ), conforme SCHERER et al (1995b), são aplicados anualmente por hectare:  $130\text{ kg}$  de Nitrogênio,  $104\text{ kg}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $68\text{ kg}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , sendo maior a concentração de nutrientes no sistema de esterqueira (Tabela 4.9).

Tabela 4.9 - Volume de nutrientes (N, P, K) aplicados/ha.ano.

Sistema	V Dej aplic (l/ha)	N aplic (kg/ha)	$\text{P}_2\text{O}_5$ aplic (kg/ha)	$\text{K}_2\text{O}$ aplic (kg/ha)
Bioesterqueira	39000	115	92	60
Esterqueira	51000	150	121	79
Geral	44000	130	104	68

Base: SCHERER et al (1995b). (V Dej = Volume de dejetos; aplic = aplicado)

Conforme a Comissão de Fertilidade de Solo-RS/SC (1994), para solos médios ( $\text{pH}=5,8$ ; matéria orgânica=2,5%; argila=5,6%;  $\text{P}=3\text{ppm}$ ;  $\text{K}=50\text{ppm}$ ; classe textural=1), a exigência nutricional anual para a cultura do milho para uma produtividade de  $100\text{sc/ha}$  é

da ordem de 110Kg de N, 70 Kg de  $P_2O_5$  e 70 Kg de  $K_2O$ . Isto indica que nestas condições as exigências para a cultura do milho em N, P e K, são atendidas, através da aplicação de dejetos de suínos.

### **Distância da produção ao local de aplicação dos dejetos e custos de transporte**

Outro aspecto investigado no trabalho de caracterização foi a distância do local de produção dos dejetos até o local de sua aplicação na lavoura, que chegou a 0,81km nas propriedades de esterqueira (Tabela 4.8).

Segundo SCHMITT (1995), em propriedades com recria/terminação o valor médio do esterco de suínos é de US\$ 2,2/m<sup>3</sup>. Para um distribuidor médio (3m<sup>3</sup>), as distâncias máximas econômicas para transporte de esterco com valor de US\$ 2,00 e 4,00 são respectivamente, 0,6 e 2,0 km (SCHMITT, 1995). Desta forma, a distância de aplicação nas propriedades com sistema de bioesterqueira está no limite da faixa econômica. Nas propriedades do sistema de esterqueira o custo de transporte deverá ser reduzido, mediante o uso de distribuidores de maior capacidade, por exemplo, de 5m<sup>3</sup>, para compensar a maior distância até o local de aplicação e viabilizar a sua utilização.

#### **4.1.2 Análise dos dejetos coletados nas propriedades rurais**

Em função de problemas laboratoriais, das 45 análises inicialmente programadas, foram realizadas apenas 7, sendo 4 (quatro) das propriedades que adotam o sistema de esterqueira e 3 (três) do sistema de bioesterqueira. Sabe-se que o número de análises não é representativo, contudo, os resultados são apresentados para ilustração do trabalho.

As amostras, analisadas para DQO total (média de 21g/litro) e DQO solúvel (média de 8,6g/litro, apresentaram uma melhor eficiência, em termos de redução nas propriedades com o sistema de bioesterqueira em relação ao sistema de esterqueira, conforme pode ser observado na Tabela 4.10, enquanto nos dejetos frescos, o teor de DQO total (58,6g/litro) e DQO solúvel (20,5g/litro) foi semelhante nos dois sistemas pesquisados.

Tabela 4.10 - Resultados de DQO de 7 (sete) propriedades suinícolas do Oeste de Santa Catarina (coleta maio 1996).

COMPARTIMENTO	Locais (Nº)	DQO bruta(g/l)		DQO solúvel(g/l)		pH	
		média	$\sigma$	média	$\sigma$	média	$\sigma$
D.Fres. Bioesterqueira	3	58,9	14,5	22,0	14,6	6,5	0,3
D.Fres-Esterqueira	4	58,5	34,9	19,4	12,3	6,3	0,4
Bioesterqueira	3	11,2	8,4	4,1	2,2	6,5	0,2
Esterqueira	4	25,9	21,2	10,8	9,3	6,3	0,3

D.fres = dejetos frescos;  $\sigma$ =desvio padrão

Foram encontrados valores de DQO extremos semelhantes nos dois sistemas, o que pode significar que ambos, desde que manejados adequadamente, podem oferecer a mesma eficiência.

#### 4.1.3 Considerações

A primeira parte do trabalho, ou seja a caracterização dos sistemas a nível de campo, permitiu conhecer os mais diferentes tipos de sistemas de armazenagem e de manejo de dejetos das propriedades suinícolas do Oeste Catarinense. Dos sistemas de armazenagem e manejo de dejetos encontrados, os mais frequentes e mais importantes foram os de bioesterqueira (44%) e os de esterqueira (47%).

Os resultados apontaram que as propriedades usuárias do sistema de bioesterqueira, apesar de menores, apresentaram melhores condições de manejo dos dejetos de suínos em relação as usuárias do sistema de esterqueira, apresentando uma maior capacidade de armazenagem, uma menor distância do local de produção ao local de aplicação e uma menor quantidade de dejetos aplicados nas lavouras.

A alta frequência (91%) e a importância da utilização dos sistemas de bioesterqueira e esterqueira nas propriedades suinícolas, somado a falta de informações sobre suas vantagens e desvantagens quanto a eficiência na redução da matéria orgânica e a preservação do poder fertilizante, justificam a 2ª parte do trabalho, que trata do experimento com bioesterqueira e esterqueira desenvolvido no CETRE/EPAGRI.

## **4.2 Resultados do Experimento com bioesterqueira e esterqueira**

Os resultados do experimento com bioesterqueira e esterqueira foram obtidos através da avaliação de parâmetros no local do experimento e de laboratório. São apresentados, mostrando a sua evolução em cada uma das 2 (duas) épocas do período experimental.

### **4.2.1 Volume de dejetos produzidos na unidade experimental**

O volume de dejetos produzido na criação de suínos, utilizado nos sistemas, foi acompanhado ao longo de todo o período experimental, sendo relativo a média de 23,8 e 21,9 animais em fase de recria-terminação respectivamente, na 1ª época e na 2ª época.

Na 1ª época foram produzidos, em média, 11,1 l de dejetos/suíno.dia, enquanto na 2ª época este volume atingiu 16,3 l /suíno.dia.

Este volume de produção diária é superior aos 7,0l/suíno em recria-terminação.dia, sugerida por TIETJEN (1966), LOEHR (1974), SANCEVERO et al (1979), KONZEN (1980), Committee of National Pork Producers Council (1981), conforme OLIVEIRA (1993). A maior produção registrada na 2ª época, corresponde ao período de temperaturas mais elevadas.

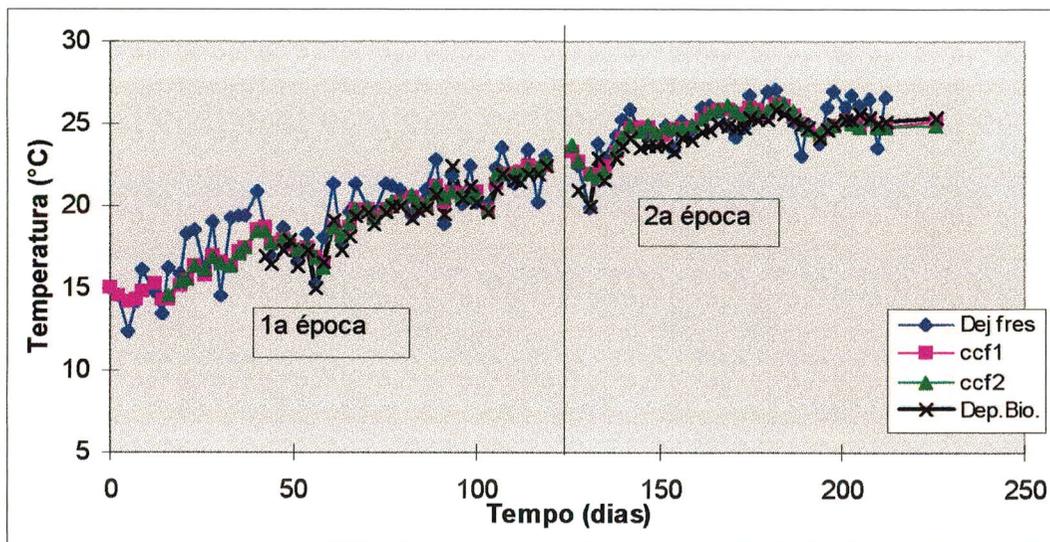
Os resultados obtidos indicam que os dejetos de suínos utilizados durante o experimento foram mais diluídos em relação encontrados pelos autores acima e em relação aos resultados (média de 5,9l/suíno em recria-terminação.dia), apresentados na “Caracterização de sistemas de manejo e estocagem de dejetos de suínos no Oeste de Santa Catarina”, parte desta dissertação.

### **4.2.2 Evolução dos dejetos nos períodos de armazenamento**

Os principais parâmetros avaliados no local do experimento foram a temperatura, o potencial de oxiredução (Eh), os quais serão apresentados a seguir.

entre 8:00 e 9:00 horas da manhã, no local do experimento, foi semelhante a ambiente, lida no mesmo momento.

A semelhança da evolução da temperatura ambiente e nos sistemas pode ser observado nas Figuras 4.6 e 4.7. Na 1ª época, no interior dos reatores, a média de temperatura foi de 19°C (14°C a 30°C). Na 2ª época a média foi de 24°C (21°C a 26°C).



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1°-2°); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.6 - Temperatura nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

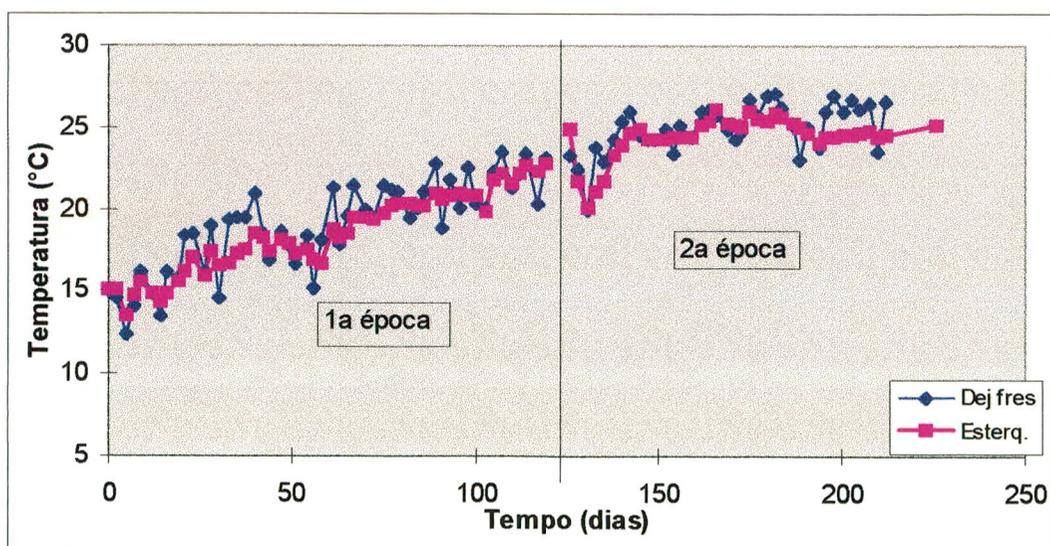
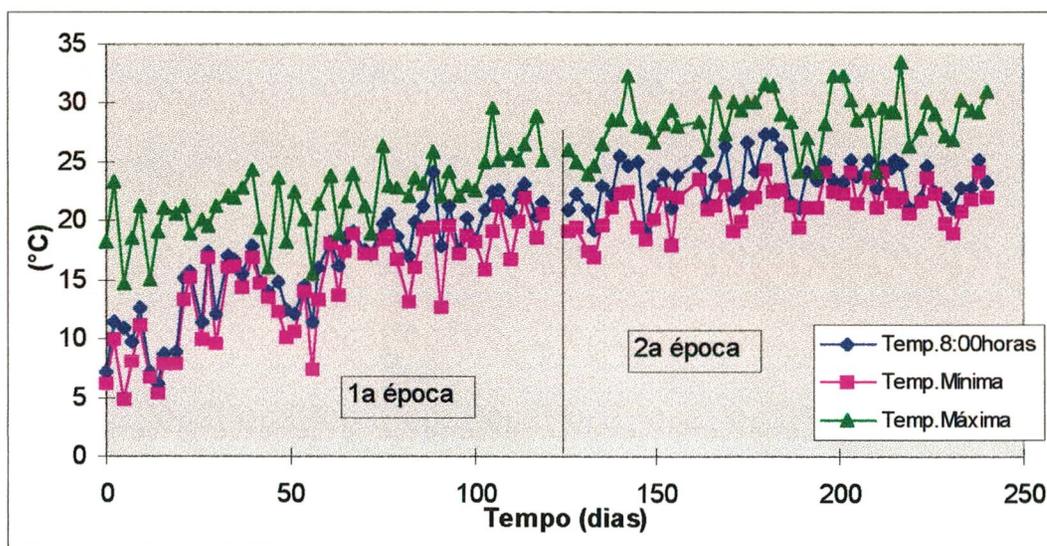


Figura 4.7 - Temperatura nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

## Temperatura ambiente

No ambiente externo a evolução da temperatura oficial (lida às 8:00 horas da manhã com as mínimas e máximas diárias) foi típica do período em que foi desenvolvido o experimento (Figura 4.5). Conforme EPAGRI (1997) na 1ª época, conduzida de julho a novembro de 1996 (inverno-primavera), foi registrada a menor temperatura ( $6,15^{\circ}\text{C}$  às 8:00horas), A 2ª época, conduzida de novembro de 1996 a fevereiro de 1997 (primavera-verão), foi mais estável em relação a 1ª época, registrando-se a temperatura mais alta do período ( $27,4^{\circ}\text{C}$  às 8:00 horas).



Fonte: EPAGRI/CLIMERH - Florianópolis (1997).

Figura 4.5 - Temperatura, em graus Celcius, no período experimental.

A temperatura do ambiente e a dos dejetos nos reatores, lida entre 8:00 - 9:00 horas da manhã (período de execução das tarefas no local do experimento), mostraram-se semelhantes durante todo o período experimental nos diferentes sistemas estocagem, indicando influência da temperatura ambiente.

## Temperatura dos dejetos frescos e no interior dos compartimentos de estocagem

A temperatura no interior dos compartimentos de estocagem, apresentou uma média de  $18^{\circ}\text{C}$  na 1ª época e  $25^{\circ}\text{C}$  na 2ª época. A menor temperatura registrada ( $10,7^{\circ}\text{C}$ ), ocorreu na 1ª época, enquanto a maior ( $28,7^{\circ}\text{C}$ ), na 2ª época. Esta temperatura, lida

Os dejetos frescos adicionados periodicamente, também apresentaram uma média de 19°C na 1ª época e de 25°C na 2ª época, no entanto, com variações maiores durante o período experimental (12°C a 27°C). Esta maior variação da temperatura nos dejetos frescos foi devido a influência da temperatura dos animais e do ambiente interno da unidade de criação de suínos entretanto, não provocaram alterações de temperatura no interior dos compartimentos dos sistemas de estocagem.

Considerando que a temperatura ótima para digestão anaeróbia, é obtida na faixa mesofílica entre 30 e 35 °C (Belli F<sup>o</sup>, 1995), a 2ª época (média de 25°C, lida entre 8:00 e 9:00 horas da manhã), apresentou melhores condições de anaerobiose e de funcionamento, em relação a 1ª época (média de 18°C). Durante o dia, especialmente no período das 11:00 às 15:00 horas, a temperatura ambiente foi maior (Fonte: EPAGRI/CLIMERH, 1997), melhorando as condições para a digestão anaeróbia.

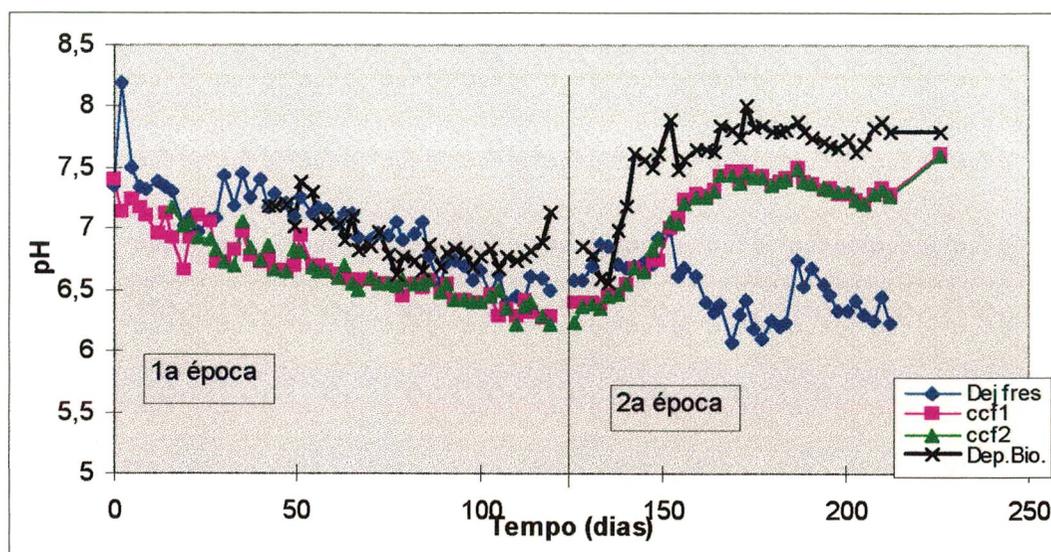
## **pH**

Conforme pode ser verificado nas Figura 4.8 e 4.9, o pH dos dejetos frescos sofreu uma diminuição do início ao final do experimento. Apresentou pH 7,5 no início e 6,5 no final da 1ª época e, entre 6,0 e 6,5 no final da 2ª época, com média geral pH 6,8.

Nos compartimentos da câmara de fermentação da bioesterqueira (ccf1 e ccf2), o pH sempre se mostrou mais baixo e semelhante (média de pH 6,8 durante o experimento), enquanto que no depósito o pH foi mais elevado (pH médio 7,3).

Na 1ª época, o pH dos compartimentos da câmara de fermentação (média pH 6,7) foi semelhante, apresentando uma queda do início ao final, enquanto no depósito da bioesterqueira sofreu uma queda do início do enchimento (aos 42 dias) até aos 80 dias para após se estabilizar e, no final (dos 105 aos 119 dias), chegar próximo de pH 7,0. A mesma figura mostra uma elevação do pH no conjunto da bioesterqueira, do início até os 155 dias da 2ª época, seguido de uma estabilização até o final do experimento. Ainda na 2ª época a média nos compartimentos da câmara de fermentação (pH=7,1), e a média do depósito da bioesterqueira (pH=7,6) foi maior em relação a 1ª época. O depósito da bioesterqueira apresentou valores de pH diferentes e mais elevados no início da 2ª época, possivelmente em função de seu completo esvaziamento no final da 1ª época. O maior valor de pH no depósito em relação ao 1º compartimento da câmara de fermentação

(ccf1) e ao 2º compartimento da câmara de fermentação (ccf2) da bioesterqueira, ocorreu provavelmente, devido a ocorrência, em maior grau, das fases da hidrólise e acidogênese, nestes compartimentos.



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1º-2º); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.8 - pH nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

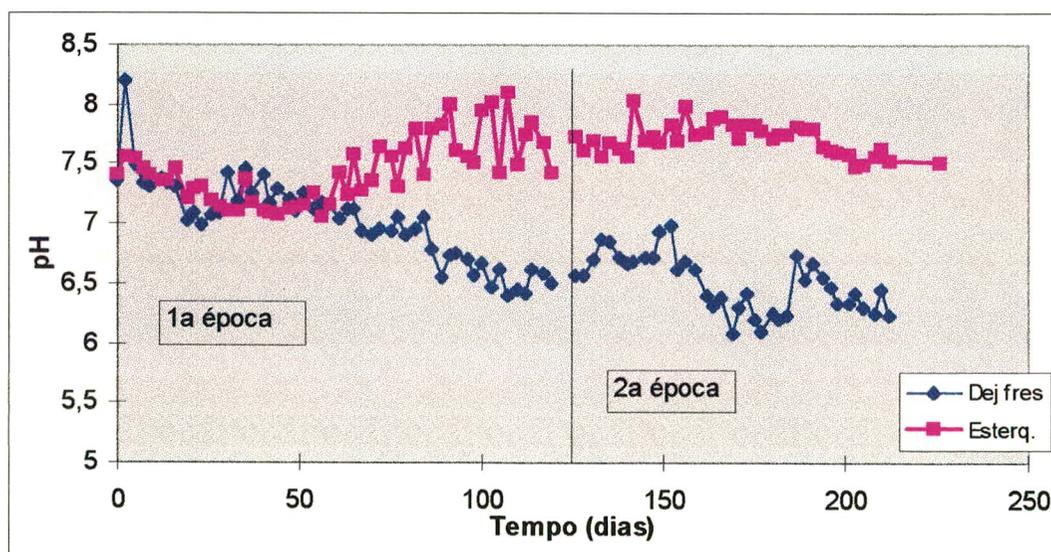


Figura 4.9 - pH nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira

Na esterqueira, o pH se manteve sempre superior a 7,0 em toda a fase experimental, acusando uma média de pH 7,3 na 1ª época e média de pH 7,6 na 2ª época

(Figura 4.9). Na 1ª época o pH da esterqueira, apresentou uma queda até próximo dos 50 dias, voltando a subir até o final da 1ª época, quando 90% de seu volume foi retirado.

Na 2ª época, partindo do inóculo da esterqueira (10% do volume remanescente da 1ª época), o pH manteve-se mais estável e próximo da média (7,6).

No momento final da estocagem e antes da aplicação dos dejetos ao solo, o pH do depósito da bioesterqueira ficou com pH 7,1 na 1ª época e pH 7,8 na 2ª época, enquanto na esterqueira foi 7,4 no final da 1ª e 7,5 no final da 2ª época.

Considerando o pH de solo para agricultura entre 5,5 e 6,5 (Van Raij, B, 1981) os dejetos de suínos de ambos os sistemas, apresentam condições favoráveis de sua valorização como fertilizante agrícola.

### Potencial de oxiredução ( Eh)

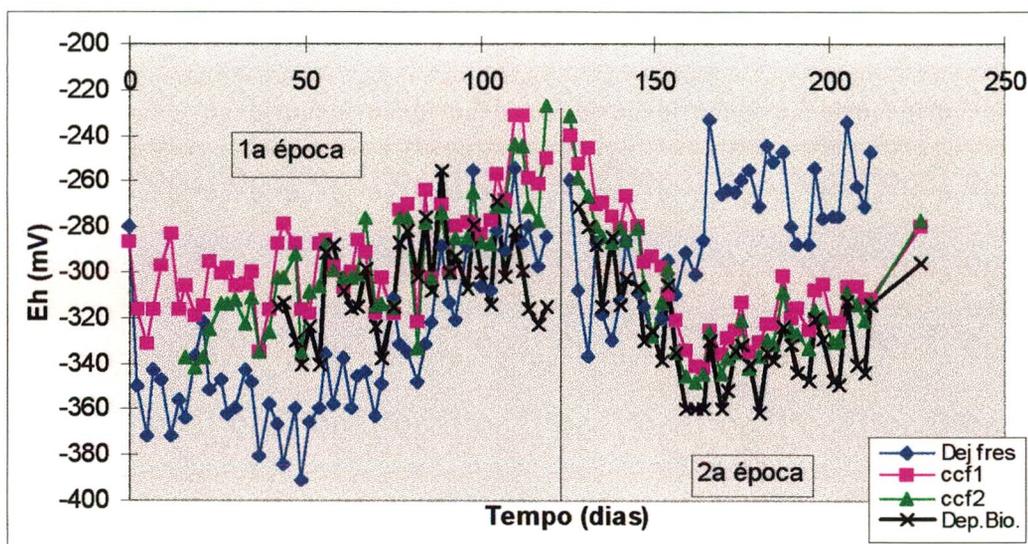
A Tabela 4.11 mostra o potencial de oxiredução (Eh) no ambiente biológico dos dejetos no interior dos reatores durante armazenagem (1ª e 2ª época). Apresenta um meio redutor, variando de Eh - 233 mV a Eh - 370 mV, indicando condições de anaerobiose conforme recomendado por BELLI F<sup>O</sup> (1995) e MAUNOIR (1992).

Tabela 4.11 - Potencial de oxiredução (Eh) nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira.

COMPARTIMENTO	1ª época (mV)		2ª época (mV)		Todo Período (mV)	
	média	$\sigma$		$\sigma$	média	$\sigma$
Dejetos frescos	-334	33	-277	29	-308	42
CCF1 bioesterqueira	-292	23	-305	26	-298	26
CCF2 bioesterqueira	-298	26	-313	27	-305	28
Depósito bioesterqueira	-305	20	-328	23	-317	25
Esterqueira	-325	18	-330	13	-327	16

ccf1/ccf2 =compartmento câmara fermentação da bioesterqueira (1º-2º);  $\sigma$ =desvio padrão.

As curvas descritas pelo potencial de oxiredução (Eh), foram semelhantes na bioesterqueira e na esterqueira, durante o experimento (Figuras 4.10 e 4.11). Do início ao final da 1ª época houve um aumento progressivo do Eh. Na 2ª época houve uma diminuição até a metade, seguido de estabilização até o final do experimento.



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1°-2°); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.10 - Potencial de oxiredução (Eh) nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

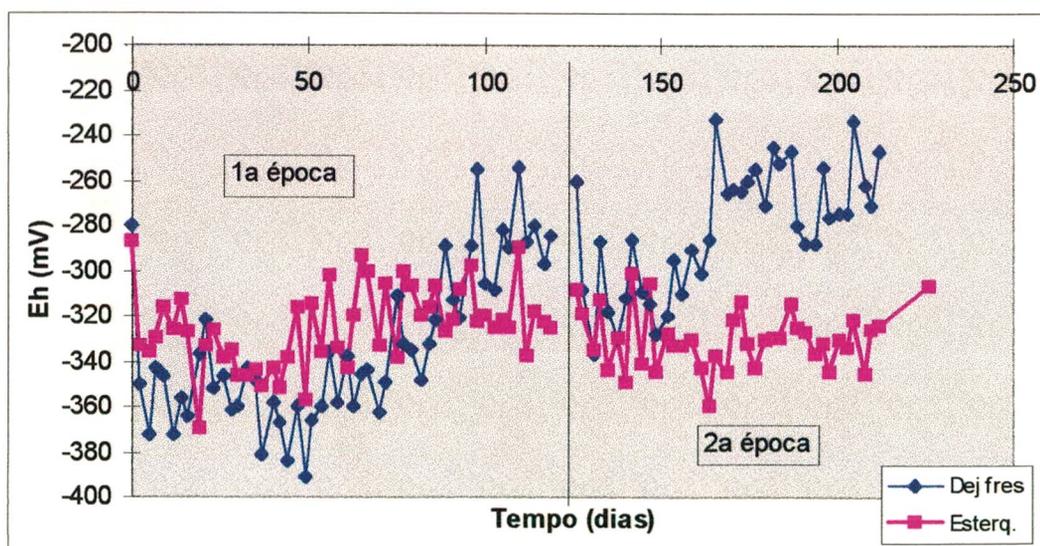
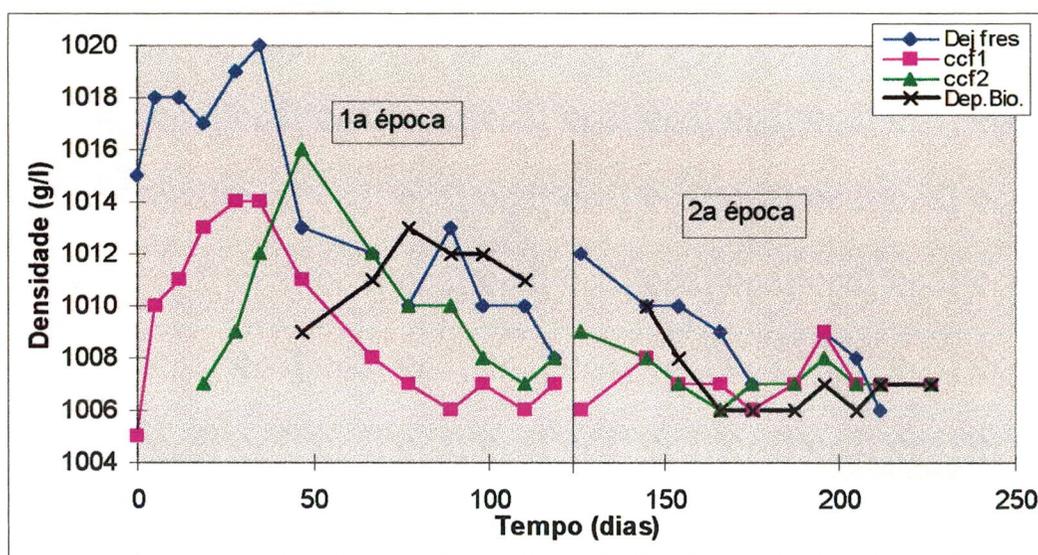


Figura 4.11 - Potencial de oxiredução (Eh) nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

## Densidade

As Figuras 4.12 e 4.13 mostram a evolução da densidade (não corrigida em função da temperatura), avaliada durante todo o experimento, em razão de seu relacionamento com o teor de matéria seca, fósforo e nitrogênio, conforme BERTRAND & ARROYO (1984) e SCHERER et al (1995a).



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1°-2°); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.12 - Densidade nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

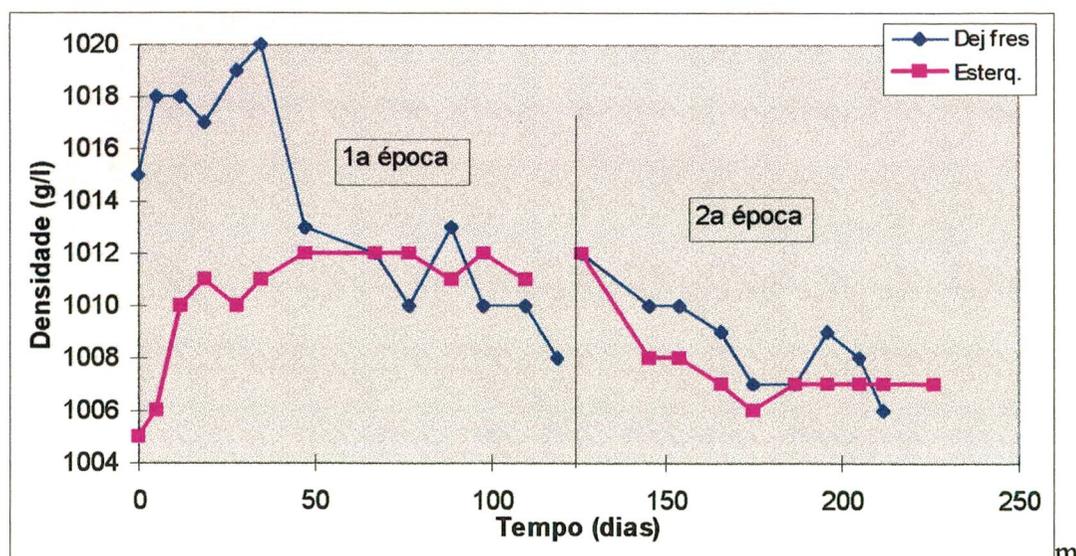


Figura 4.13 - Densidade nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

A densidade dos dejetos frescos, foi maior na 1ª época (1014g/kg), em relação a 2ª época (1009g/kg).

No interior dos compartimentos, a evolução foi influenciada pelos dejetos frescos adicionados e pelo inóculo de partida, o que determinou um incremento até os 50 dias da 1ª época, seguida de uma maior estabilidade até o final do experimento. Quando comparado o conjunto dos compartimentos da bioesterqueira e esterqueira, a evolução foi semelhante nos dois sistemas.

Na bioesterqueira, a maior densidade registrada no depósito, na 1ª época, foi devido a fuga de sólidos ocorrida a partir dos compartimentos 1 e 2 da câmara de fermentação (ccf1 e ccf2), em direção ao depósito (fluxo dos dejetos).

### 4.2.3 Análises laboratoriais

Os principais parâmetros analisados em laboratório, apresentados a seguir, foram sólidos (totais, solúveis e fixos), DQO (bruta e solúvel), DBO<sub>5</sub> solúvel, NTK, NH<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (total e extraível) e K<sub>2</sub>O (total e extraível).

#### Sólidos totais (ST)

Nas Figuras 4.14 e 4.15 é mostrado, respectivamente, o comportamento dos sólidos totais dos dejetos, na bioesterqueira e na esterqueira.

A concentração média de sólidos totais (ST) dos dejetos frescos durante todo o experimento (33g/kg) foi semelhante em ambas as épocas. Na 1ª época os sólidos totais nos dejetos frescos apresentaram uma maior concentração (45g/kg) aos 28 dias e uma menor (22g/kg) aos 120 dias (final da 1ª época). Na 2ª época a concentração variou de 23 a 40g/kg, durante todo o período (dos 126 aos 226 dias).

No conjunto da bioesterqueira, depois do incremento no início da 1ª época, devido ao inóculo de partida (5gST/kg), ocorreu uma redução gradativa nos compartimentos da câmara de fermentação, acompanhada de elevação dos ST no depósito ( Figura 4.14).

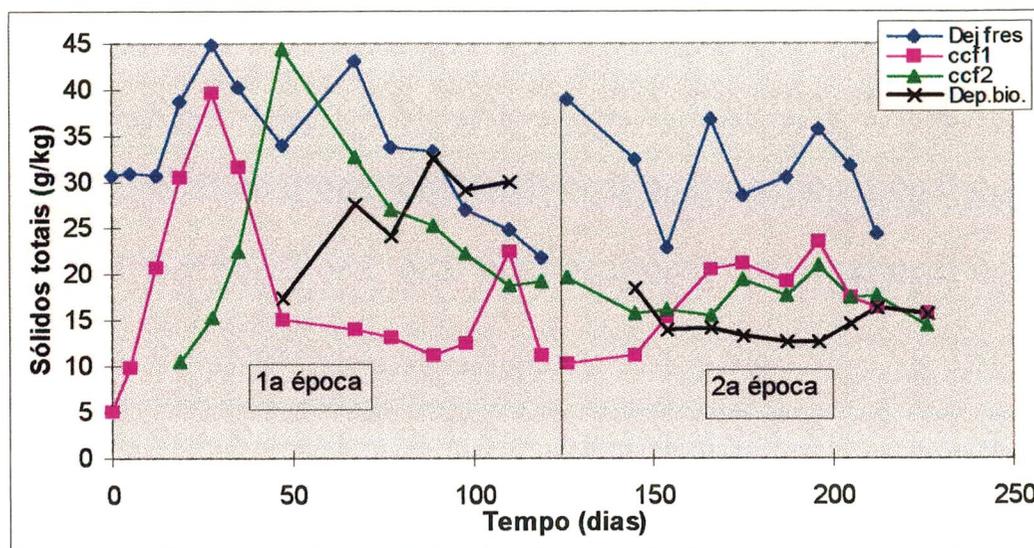
Esta maior concentração de sólidos no depósito, na 1ª época (média de 29g/kg, variando de 11 a 50g/kg), foi maior devido a fuga de sólidos ocorrida a partir da câmara de fermentação em relação a média de 19g/kg variando de 39g/kg (aos 28 dias) a 11g/kg (ao final da 1ª época), no 1º compartimento da câmara de fermentação (CCF1), e a média de 24g/kg e variações entre 44g/kg (aos 47 dias) e 19g/kg (ao final da 1ª época), no 2º compartimento da câmara de fermentação (CCF2). Após a estabilização, foi registrada a seguinte situação, em concentração, dos sólidos na bioesterqueira::

ST do 1º compartimento (ccf1) < 2º compartimento (ccf2) < depósito

Na 2ª época, corrigido o fluxo hidráulico e com melhores condições ambientais, a evolução foi mais estável, com maior redução de sólidos da câmara de fermentação (17g/kg, com variações de 10 a 23 g/kg).

Ao final da 1ª época, momento que precedeu a aplicação no solo, o depósito da bioesterqueira (30g/kg), apresentou uma redução de 10% em relação à média dos sólidos totais nos dejetos frescos (Tabela 4.12).

Ao final da 2ª época, a concentração de sólidos totais no depósito foi de 15,6g/kg, consequentemente com maior redução (52%), conforme Tabela 4.13.



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1º-2º); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.14 - Sólidos totais nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

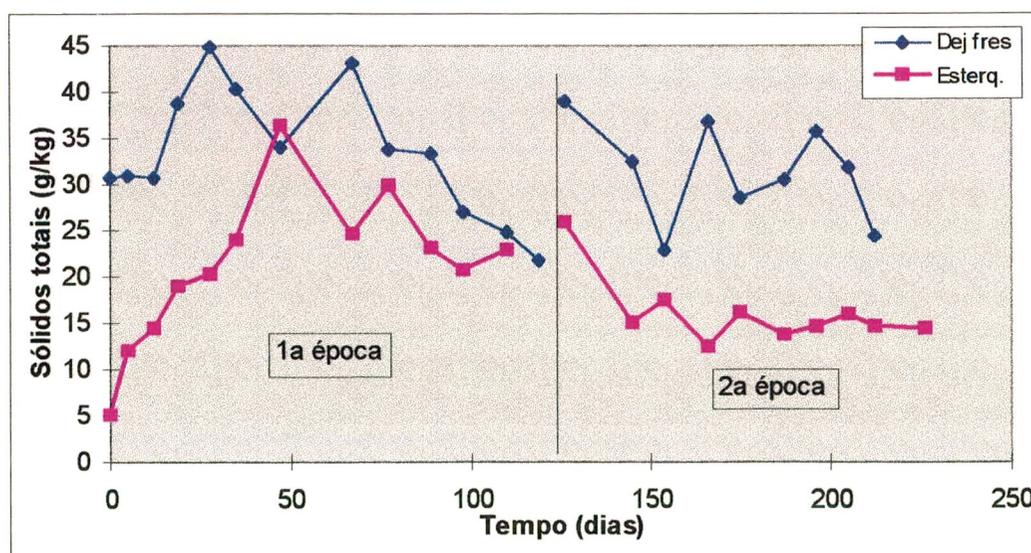


Figura 4.15 - Sólidos totais nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

Tabela 4.12 - Eficiência na redução de parâmetros na bioesterqueira e na esterqueira no último dia em relação a média nos dejetos frescos da 1ª época do experimento.

PARÂMETRO (g/kg)	Dejetos Frescos Média	Último Dia Bioesterqueira		Último Dia Esterqueira.	
			% Red		% Red
ST	32,9	29,9	9,1	22,9	30,4
SF	7,5	8,4	-	8,2	-
SV	25,4	21,5	15,4	14,6	42,5
DQO <sub>tot</sub>	43,1	36,3	15,8	23,3	45,9
DQO <sub>sol</sub>	21,0	16,0	23,8	12,0	42,9
NTK	3,2	3,3	-	2,9	-
NH <sub>4</sub>	1,9	2,5	-	2,3	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	2,2	2,5	-	2,4	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> extraível	1,0	1,3	-	1,1	-
K <sub>2</sub> O total	2,0	2,3	-	2,5	-
K <sub>2</sub> O extraível	1,6	2,1	-	1,9	-

Tabela 4.13 - Eficiência na redução de parâmetros na bioesterqueira e na esterqueira no último dia em relação a média nos dejetos frescos da 2ª época do experimento.

PARÂMETRO (g/kg)	Dejetos Frescos Média	Último Dia Bioesterqueira		Último Dia Esterqueira.	
			% Red		% Red
ST	32,6	15,6	52,1	14,5	55,5
SF	6,9	6,6	-	6,4	-
SV	25,4	9,0	65,8	8,0	69,6
DQO <sub>tot</sub>	44,7	13,4	70,0	13,4	70,0
DQO <sub>sol</sub>	16,8	1,9	88,7	2,3	86,3
DBO <sub>5sol</sub>	12,4	0,8	93,5	0,4	96,8
NTK	3,0	2,3	-	2,4	-
NH <sub>4</sub>	1,7	1,9	-	1,8	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	2,2	1,1	-	1,6	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> extraível	1,0	0,4	-	0,6	-
K <sub>2</sub> O total	1,5	1,8	-	1,7	-
K <sub>2</sub> O extraível	1,4	1,6	-	1,5	-

Na esterqueira, a evolução da concentração dos sólidos totais foi muito semelhante a do conjunto da bioesterqueira (Figura 4.15), apresentando um incremento no início, devido ao inóculo de partida e uma diminuição, indicativo de redução e liquefação do meio, no decorrer do experimento.

Na 1ª época a concentração média de ST foi de 22,5 g/kg variando de 36g/kg (aos 47 dias) e de 21g/kg (98 dias). Na 2ª época, mais estável, a concentração média foi de 16g/kg, variando de 25g/kg no início e 14g/kg ao final do experimento.

Ao final da 1ª época a concentração de 23g/kg representou uma redução dos sólidos totais de 30% em relação aos dejetos frescos, enquanto ao final da 2ª época (14,5g/kg), a redução foi de 56% (Tabelas 4.14 e 4.15).

Os resultados apontam semelhança da bioesterqueira e esterqueira quanto a eficiência na redução dos sólidos totais.

Considerando a estabilidade dos sólidos fixos, a redução dos sólidos totais foi em função dos sólidos voláteis.

### **Sólidos voláteis (SV)**

A degradação dos dejetos, resultado da atividade biológica, promoveu a redução dos sólidos voláteis (SV) e a liquefação do meio. A evolução e a redução dos sólidos voláteis (SV), que determinaram o comportamento dos sólidos totais (ST) e cujas curvas são semelhantes, podem ser vistas na Figura 4.16 e Figura 4.17.

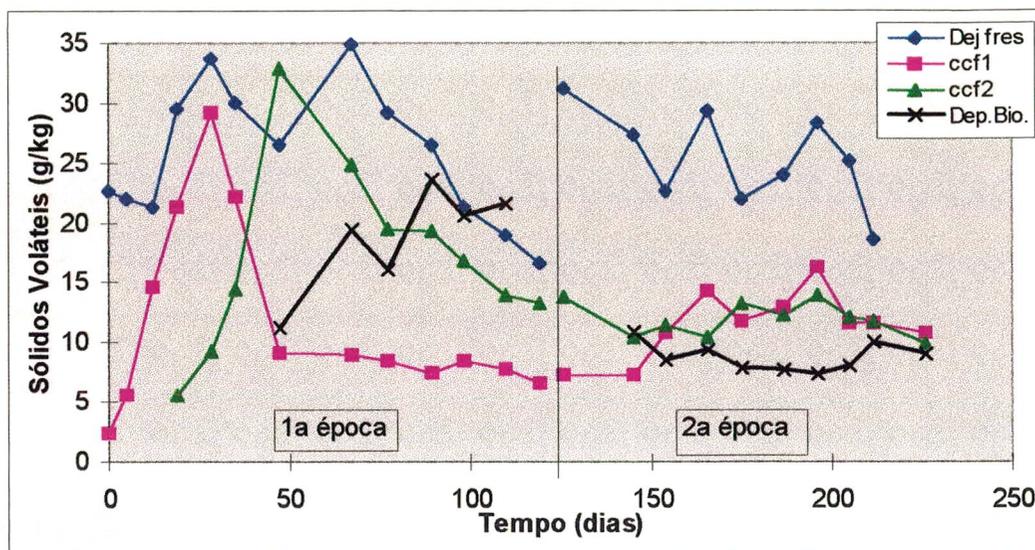
Nos dejetos frescos, a média de SV (26g/kg), foi semelhante em ambas as épocas, variando de 17 a 34g/kg na 1ª época e de 19 a 32g/kg, na 2ª época.

No conjunto da bioesterqueira, também influenciado pela fuga dos sólidos, na 1ª época, ocorreu a menor concentração média de sólidos voláteis no 1º compartimento da câmara de fermentação (ccf1) de 12g/kg, seguida do 2º compartimento da câmara de fermentação (ccf 2), com 17g/kg e do depósito, com 20g/kg.

Na 2ª época, com maior estabilidade, a concentração média foi respectivamente, 11,12 e 9g/kg na ccf 1, ccf 2 e depósito da bioesterqueira.

Comparado aos dejetos frescos, ao final da 1ª época, a concentração de SV no depósito da bioesterqueira (21g/kg) indica para uma redução de 15% em relação à média dos dejetos frescos.

Já, ao final da 2ª época, a eficiência foi de 66%, considerando a concentração de 9g/kg no depósito da bioesterqueira.



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1°-2°); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.16 - Sólidos voláteis nos dejetos frescos de suínos e interior da bioesterqueira.

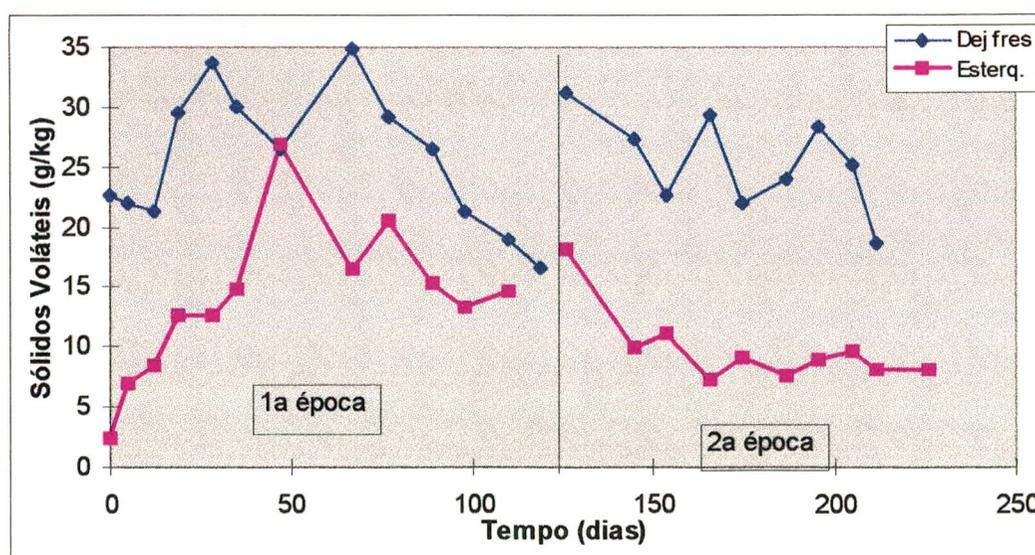


Figura 4.17 - Sólidos voláteis nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

Na esterqueira a concentração média de SV da 1ª época foi da ordem de 15g/kg, variando de 26g/kg (aos 47 dias) a 13g/kg (aos 98 dias).

Na 2ª época, com maior estabilidade, a média foi de 10g/kg, variando de 8 a 11g/kg, sendo que depois do 30º dia, a redução dos sólidos voláteis na esterqueira foi idêntica a registrada na bioesterqueira.

Ao final da 1ª época a concentração, na esterqueira, foi da ordem de 15g/kg, representando uma redução de 43% em relação aos dejetos frescos, enquanto na 2ª época, a concentração de 8g/kg representou uma redução de 70% (Tabelas 4.14 e 4.15).

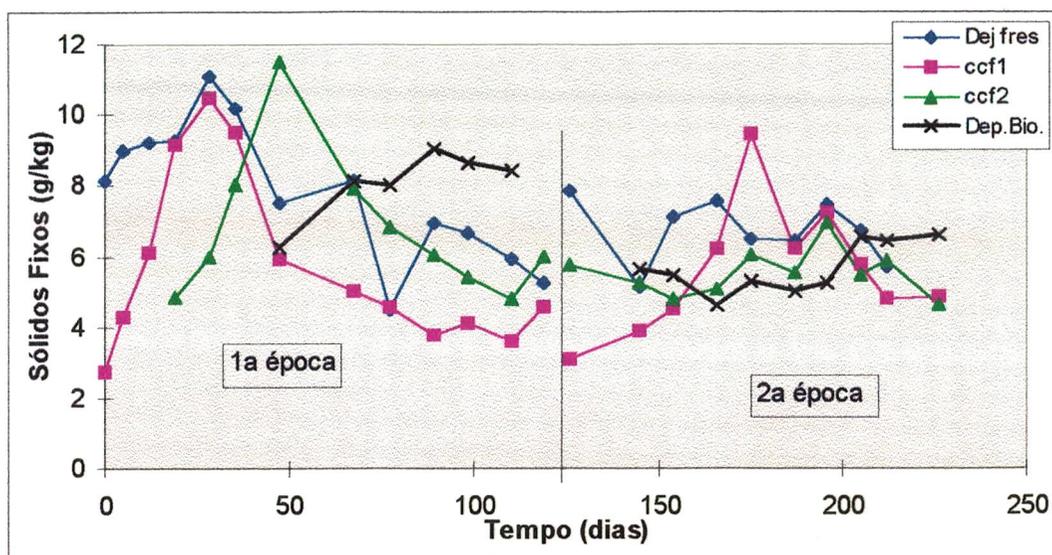
Os resultados da eficiência na redução dos sólidos voláteis na 2ª época (65% na bioesterqueira e 69% na esterqueira), indica que, quando existem boas e plenas condições de funcionamento, não existe praticamente diferença de eficiência entre os dois sistemas estudados.

### **Sólidos fixos (SF)**

Conforme pode ser observado nas Figuras 4.18 e 4.19, e como era esperado, a evolução dos sólidos fixos foi semelhante nos sistemas e nos dejetos frescos, mantendo-se estável e não sofrendo alteração em função do tipo de armazenamento. O comportamento de incremento acentuado da concentração nos compartimentos, no início da 1ª época foi devido ao inóculo de partida.

Da mesma forma que nos sólidos totais, as variações nos compartimentos da bioesterqueira foram devido a fuga de sólidos da câmara de fermentação em direção ao depósito.

A concentração média e a concentração ao final dos sólidos fixos nos dejetos frescos e no interior dos sistemas, foi próximo de 8g/kg na 1ª época e de 6g/kg na 2ª época (Tabelas 4.14 e 4.15).



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1°-2°); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.18 - Sólidos fixos nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

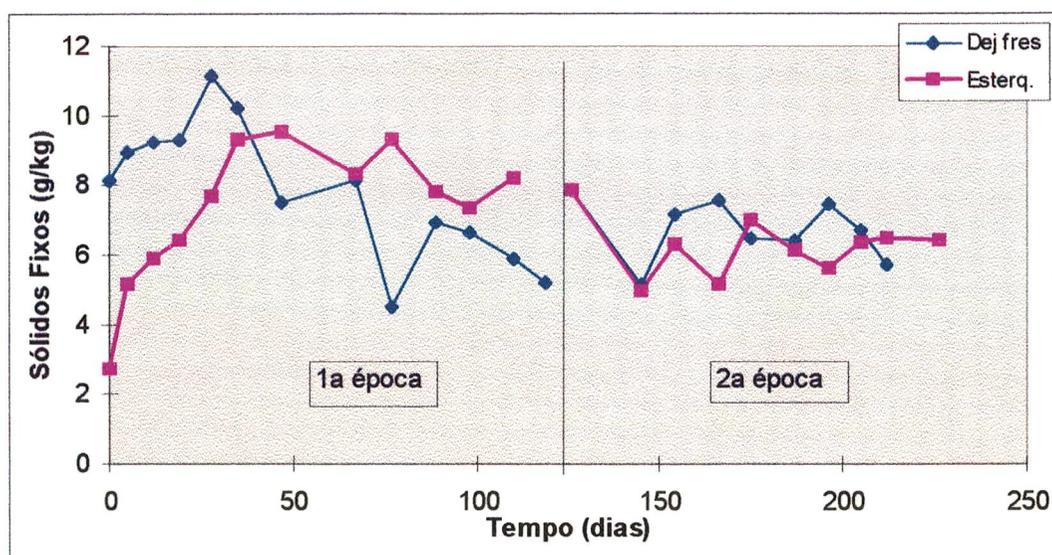


Figura 4.19 - Sólidos fixos nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

### DQO total

A DQO total (média de 44 g/kg) nos dejetos frescos, foi semelhante nas duas épocas, entretanto, apresentou uma variação de 20,7 g/kg a 66,6 g/kg, na 1ª época e de 31 g/kg a 53 g/kg na 2ª época (Figuras 4.20 e 4.21).

Em razão da fuga de sólidos, já comentado anteriormente, e o precário funcionamento por problemas de fluxo hidráulico, o pequeno tempo de aclimação e a baixa temperatura, a concentração média de DQO total na bioesterqueira, na 1ª época,

foi maior no depósito (36g/kg) e menor na Câmara de fermentação (30g/kg), descrevendo curvas proporcionais à média e semelhantes entre si, conforme pode ser verificado na Figura 4.20

Na 2ª época, com funcionamento normal, a concentração se mostrou mais estável nos diferentes compartimentos da bioesterqueira. Enquanto na câmara de fermentação foi registrado uma média de 26g/kg (54g/kg aos 126 dias e 10g/kg aos 226 dias), no depósito foi de 19 g/kg (26g/kg aos 175 dias e 13g/kg aos 226 dias).

No final da 1ª época, no depósito da bioesterqueira (último dia antes da aplicação no solo), a concentração de DQO total foi de 36g/kg, representando uma redução de apenas 16% em relação à média dos dejetos frescos e confirmando o precário funcionamento já comentado, anteriormente (Tabela 4.12). No final da 2ª época, com concentração de 13g DQO/kg, a eficiência foi maior, atingindo 70%.

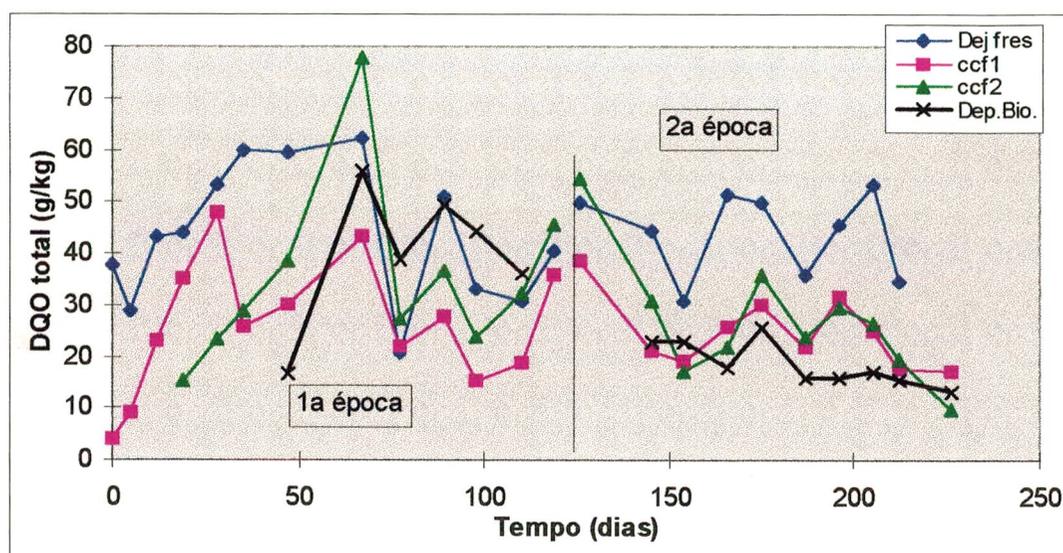
Na esterqueira, na 1ª época, conforme pode ser observado na Figura 4.21, a curva da DQO total é semelhante a dos dejetos frescos, entretanto em concentrações menores, apresentando uma média de 27g/kg (48g/kg aos 67 dias e 23g/kg aos 110 dias). Na 2ª época, apresentou uma média de 13g/kg e muita estabilidade, variando de 15 a 8g/kg (Tabela 4.14).

Tabela 4.14 - DQO total nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira..

COMPARTIMENTO	1ª época (g/kg)		2ª época (g/kg)		Todo Período (g/kg)	
	média	$\sigma$	média	$\sigma$	média	$\sigma$
<b>Dejetos frescos</b>	41,3	13,0	44,7	7,5	43,7	11,2
<b>CCF1 bioesterqueira</b>	25,4	11,9	24,7	6,5	25,1	10,0
<b>CCF2 bioesterqueira</b>	33,6	16,2	26,9	11,6	30,4	14,6
<b>Depósito bioesterqueira</b>	36,5	13,8	18,6	4,0	28,4	13,8
<b>Esterqueira</b>	27,4	14,9	13,0	6,6	22,1	14,3

ccf1/ccf2 =compartimento câmara fermentação da bioesterqueira (1º-2º);  $\sigma$ =desvio padrão.

Ao final da 1ª época a redução foi de 46%, enquanto ao final da 2ª época, a concentração de 13g/kg indicou uma redução de 70% em relação à média de DQO nos dejetos frescos e nenhuma diferença em eficiência entre a bioesterqueira e a esterqueira.



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1º-2º); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.20 - DQO total nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

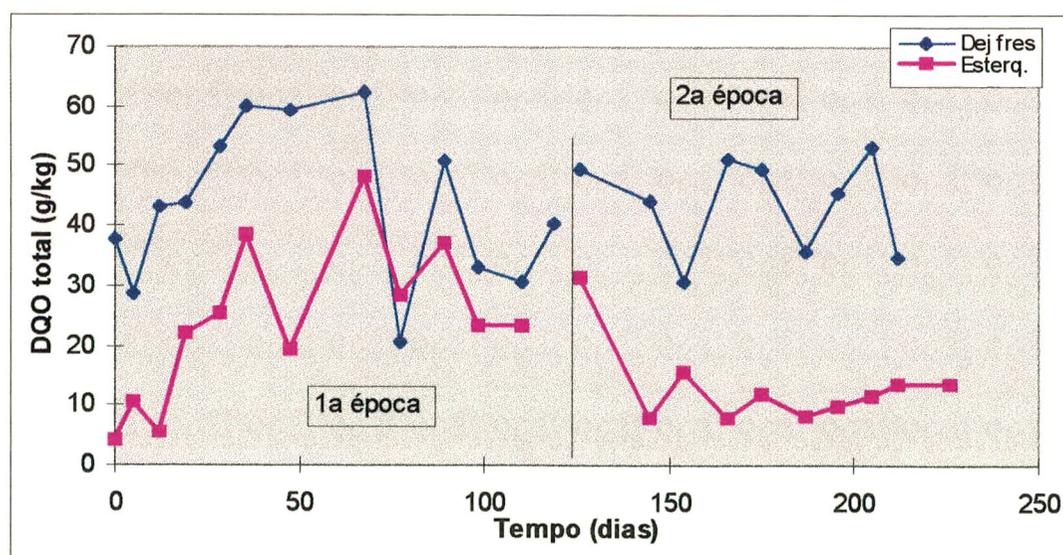


Figura 4.21 - DQO total nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

## DQO solúvel

Guardadas as proporções, o comportamento da DQO solúvel nos dejetos frescos e no interior dos compartimentos, foi semelhante a DQO total, em especial na 2<sup>a</sup> época, quando este parâmetro teve um número mais representativo de avaliações, Figuras 4.22 e 4.23).

Conforme Tabela 4.15 os dejetos frescos apresentaram uma média de DQO solúvel de 21g /kg e de 17g/kg, respectivamente na 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> época, correspondendo a 40% em relação a DQO total.

Na bioesterqueira (2<sup>a</sup> época) a média de 7,4 g/kg, variou entre 13g/kg e 1,9 g/kg, apresentando maior eficiência em função do tempo de estocagem.

Ao final do experimento, na bioesterqueira, conforme a Tabela 4.13, a DQO solúvel (1,9g/kg), representou, em relação a média dos dejetos frescos, uma redução de 89%.

Na esterqueira (2<sup>a</sup> época), a média registrada foi da ordem de 2,6g/kg (variação de 4,7 1,5g/kg), conforme Figura 4.23.

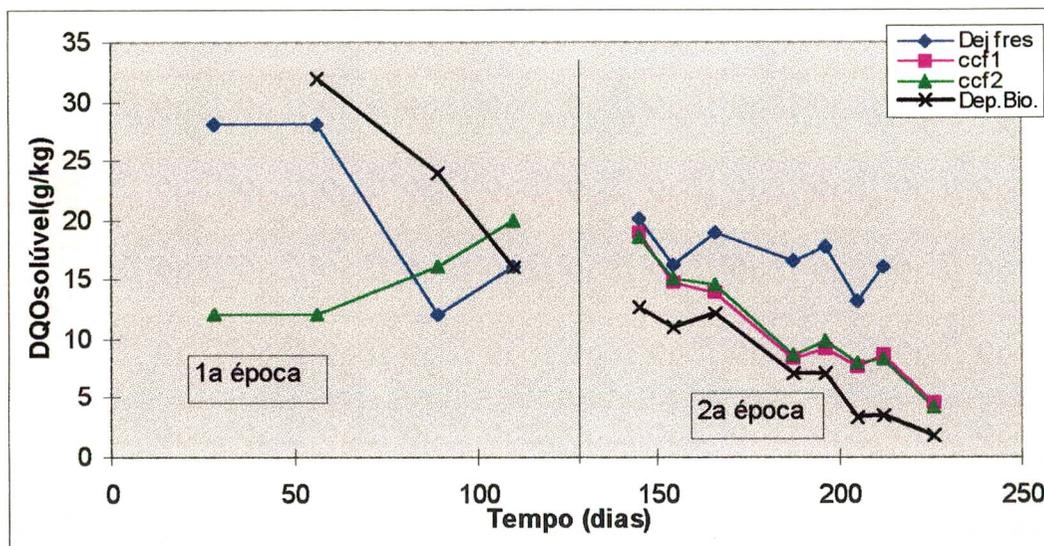
Tabela 4.15 - DQO solúvel nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira.

COMPARTIMENTO	1 <sup>a</sup> época (g/kg)		2 <sup>a</sup> época (g/kg)		Todo Período (g/kg)	
	média	$\sigma$	média	$\sigma$	média	$\sigma$
<b>Dejetos frescos</b>	21,0	7,1	16,8	2,0	18,2	4,9
<b>CCF1 bioesterqueira</b>	-	-	10,7	4,4	10,7	4,4
<b>CCF2 bioesterqueira</b>	15,0	3,3	10,9	4,4	12,3	4,5
<b>Depósito bioesterqueira</b>	24,0	6,5	7,4	4,0	11,9	8,8
<b>Esterqueira</b>	12,0	7,5	2,6	1,0	5,7	6,2

ccf1/ccf2 =compartimento câmara fermentação da bioesterqueira (1<sup>o</sup>-2<sup>o</sup>);  $\sigma$ =desvio padrão.

Ao final do experimento, momento que precede a aplicação dos dejetos no solo, a concentração de DQO solúvel na esterqueira foi da ordem de 2,3 g/kg, indicando uma redução de 86% em relação a sua média nos dejetos frescos.

Também, em relação a DQO solúvel a esterqueira e a bioesterqueira apresentaram eficiência semelhante.



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1°-2°); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.22 - DQO solúvel nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

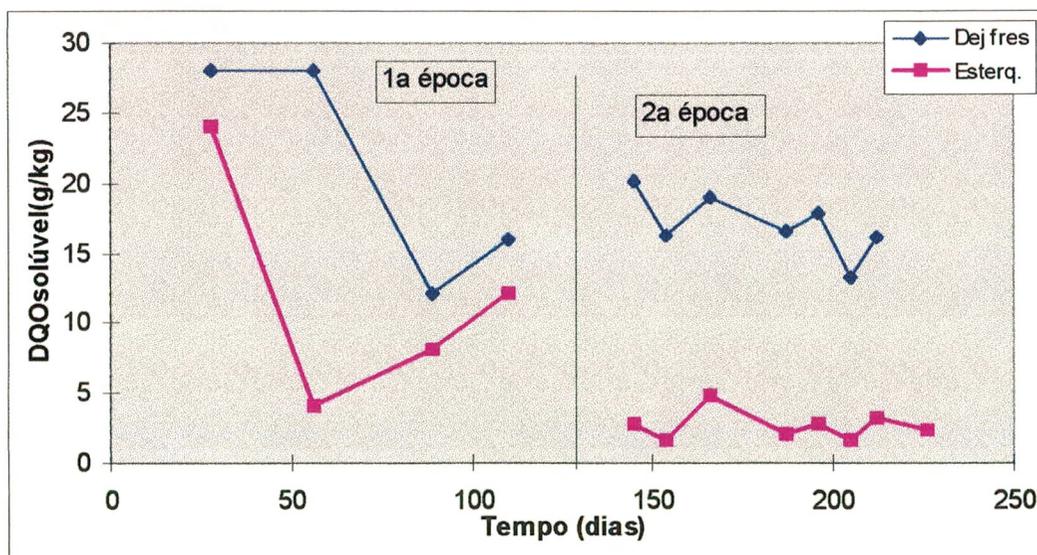


Figura 4.23 - DQO solúvel nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

## **DBO<sub>5</sub> solúvel**

Avaliada somente na 2ª época do experimento, a DBO<sub>5</sub> solúvel guardadas as proporções, apresentou um comportamento semelhante a DQO solúvel, tanto na bioesterqueira quanto na esterqueira, conforme pode ser verificado nas Figuras 4.24 e 4.25. Na análise de regressão apresentou um coeficiente linear da ordem de 95% ( $R^2 = 0,95$ ).

A relação DBO<sub>5</sub> solúvel/ DQO solúvel nos dejetos frescos foi da ordem de 0,73/1, o que significa resíduo de boa degradabilidade ( $Rel\ DBO_5/DQO \geq 0,6$ ).

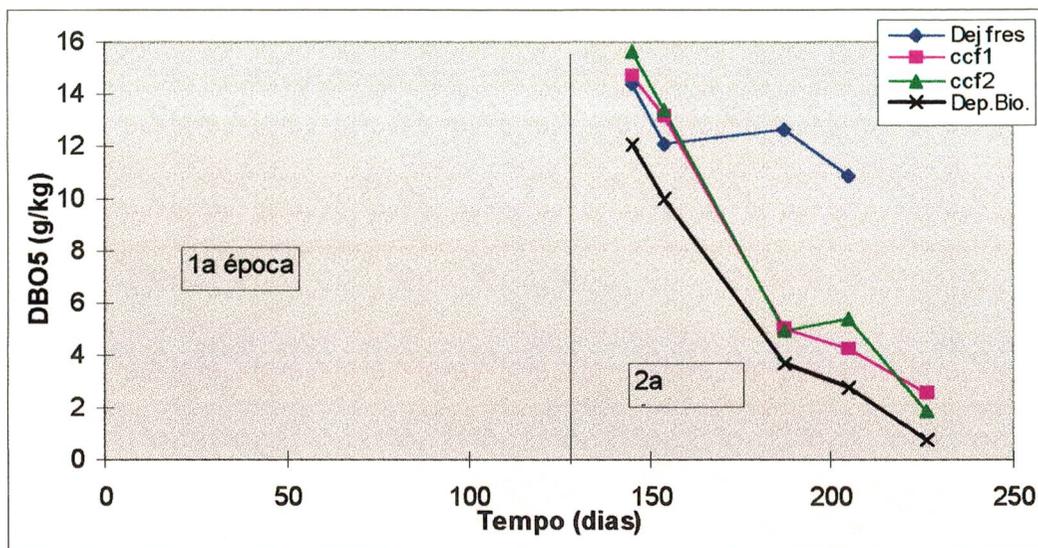
Nos dejetos frescos, durante a 2ª época, foi registrado uma média de DBO<sub>5</sub> solúvel de 12g/kg (variando de 14 a 11g/kg).

A média de DBO<sub>5</sub> solúvel foi próxima de 8,0 g/kg (variando de 15,6 a 1,8 g/kg), nas câmaras de fermentação e de 5,6 g/kg no depósito da bioesterqueira (variações de 12 a 0,8 g/kg).

Na esterqueira, a média de DBO<sub>5</sub> solúvel (1,5g/kg) foi menor, variando de 3,15 a 0,4 g/kg.

Em todos os compartimentos, o maior valor da variação ocorreu aos 145 dias, enquanto o menor, aos 226 dias, mostrando o aumento da eficiência de ambos os sistemas em função do tempo, também mostrado pela evolução das respectivas curvas nas figuras apresentadas.

Ao final do experimento, ambos os sistemas mostraram alta eficiência na remoção da DBO<sub>5</sub>, em relação a média nos dejetos frescos, sendo aproximadamente 94% na bioesterqueira (0,8g/kg) e 97% na esterqueira (0,4g/kg), conforme pode ser verificado na Tabela 4.13.



Dej.fres =dejetos frescos; ccf1/ccf2 =compartimentos câmara fermentação (1°-2°); Dep.Bio =depósito bioesterqueira.

Figura 4.24 - DBO<sub>5</sub> solúvel nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

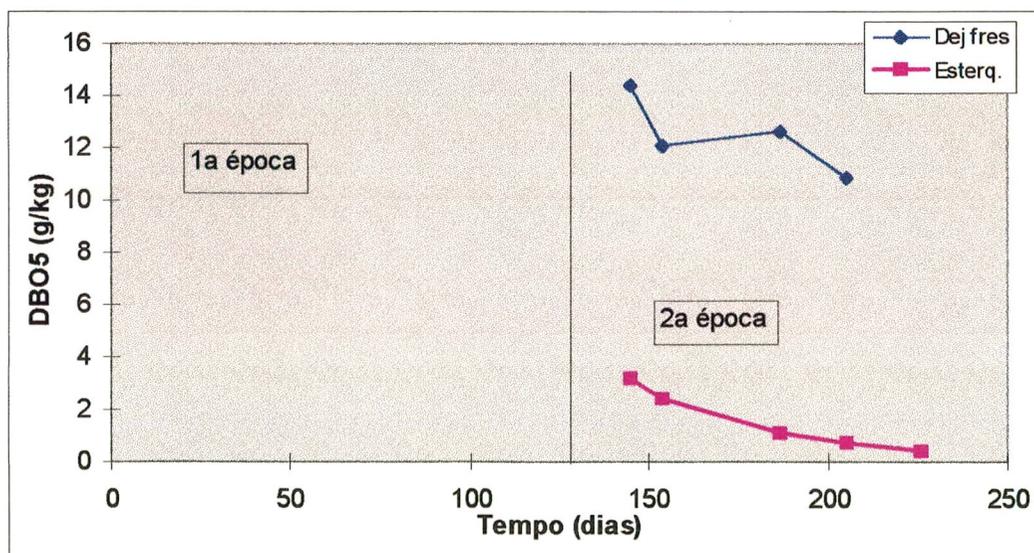


Figura 4.25 - DBO<sub>5</sub> solúvel nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

## NTK

A concentração média do nitrogênio total (NTK), nos dejetos frescos, foi da mesma ordem de grandeza durante o experimento, sendo 3,15g/kg na 1ª época e 2,95g/kg na 2ª época. Na 1ª época a concentração de NTK nos dejetos frescos variaram de 2,21 a 4,45g/kg, enquanto na 2ª época foi mais homogênea, variando de 2,68 a 3,81g/kg conforme pode ser verificado nas Figuras 4.26 e 4.27.

A grande variação do teor de NTK e demais parâmetros, durante o experimento, foi resultante da heterogeneidade dos dejetos acrescentados aos sistemas, o que era esperado, pela característica dos dejetos.

A evolução do NTK se mostrou semelhante nos diferentes compartimentos da bioesterqueira em relação aos dejetos frescos. As curvas foram semelhantes em ambas as épocas (Figura 4.26).

O incremento acentuado no início, as variações da 1ª época e a uniformidade da 2ª época foram em função do inóculo de partida e dos dejetos frescos acrescentados.

A concentração média de NTK (3,1g/kg) na 1ª época, foi semelhante nos 3 (três) compartimentos da bioesterqueira, em relação aos dejetos frescos. Na 2ª época a média também foi semelhante nos compartimentos e próxima a dos dejetos frescos (Tabela 4.16).

Tabela 4.16 - NTK nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira.

COMPARTIMENTO	1ª época (g/kg)		2ª época (g/kg)		Todo Período (g/kg)	
	média	$\sigma$	média	$\sigma$	média	$\sigma$
<b>Dejetos frescos</b>	3,15	0,73	2,95	0,37	3,08	0,63
<b>CCF1</b>	2,81	0,76	2,57	0,28	2,71	0,62
<b>CCF2</b>	3,13	0,51	2,68	0,22	2,93	0,46
<b>Dep. Bioesterqueira</b>	3,11	0,55	2,42	0,17	2,80	0,54
<b>Esterqueira</b>	2,97	0,65	2,57	0,28	2,82	0,58

Na esterqueira a concentração, também, foi reflexo do inóculo e dos dejetos frescos adicionados. No início foi registrado a menor concentração, seguida de evolução positiva até 90 dias e de estabilização, semelhante com a média, até o final da 1ª época. Na 2ª época, tal como ocorreu na bioesterqueira, a concentração de NTK, na esterqueira, foi mais homogênea, mais próxima da média e muito semelhante a registrada no depósito da bioesterqueira, conforme pode ser verificado na Figura 4.27.

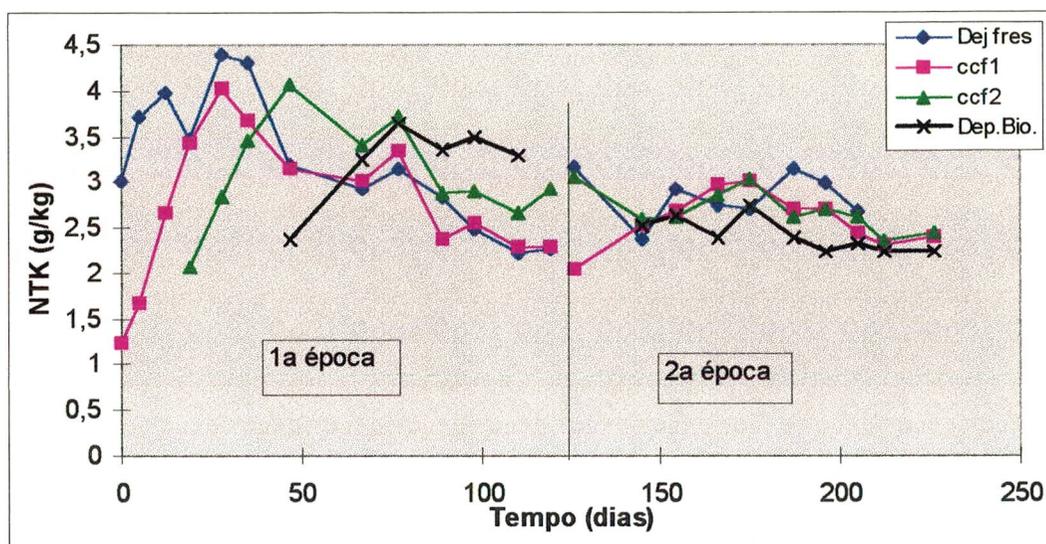


Figura 4.26 - NTK nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

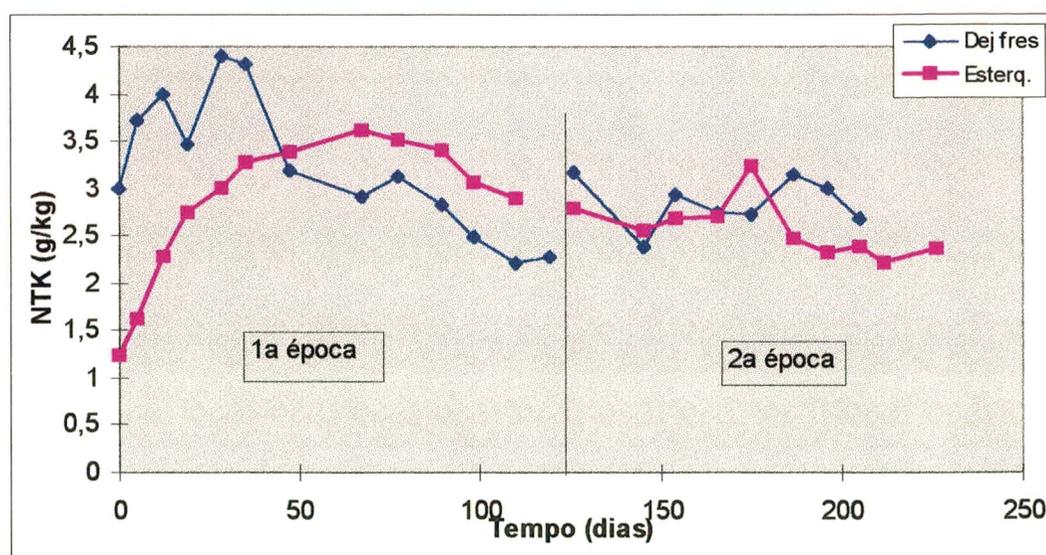


Figura 4.27 - NTK nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

A concentração média de NTK na esterqueira(2,8 g/kg), foi semelhante em ambas as épocas, conforme pode ser observado na Tabela 4.16.

Ao final das duas épocas, momento que precede a utilização dos dejetos na agricultura, a concentração de NTK da bioesterqueira foi semelhante a da esterqueira, sendo 2,9g/kg na 1ª época e 2,4g/kg na 2ª época.

Certa semelhança também ocorreu em relação a média nos dejetos frescos (3,1g/kg na 1ª época e 2,9g/kg na 2ª época), o que significa que os dois sistemas são semelhantes em preservação do poder fertilizante em termos de NTK.

#### NH<sub>4</sub>

A evolução da concentração de NH<sub>4</sub>, no interior dos sistemas, foi proporcional e com curvas semelhantes ao NTK, conforme pode ser verificado nas Figuras 4.28 e 4.29. Em relação aos dejetos frescos, as concentrações de NH<sub>4</sub> no interior dos sistemas, foram proporcionalmente maiores durante o experimento.

Tabela 4.17 - NH<sub>4</sub> nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira.

COMPARTIMENTO	1ª época (g/kg)		2ª época (g/kg)		Todo Período (g/kg)	
	média	$\sigma$	média	$\sigma$	média	$\sigma$
Dejetos frescos	1,90	0,47	1,73	0,21	1,84	0,40
CCF1 bioesterqueira	2,18	0,48	2,05	0,13	2,13	0,38
CCF2 bioesterqueira	2,41	0,34	2,19	0,19	2,31	0,30
Depósito bioesterqueira	2,45	0,45	1,99	0,14	2,24	0,42
Esterqueira	2,27	0,42	2,05	0,20	2,19	0,37

Nos dejetos frescos, em ambas as épocas, conforme Tabela 4.17, o teor médio de NH<sub>4</sub> foi de 1,8g/kg, representando 60% do teor de NTK. No conjunto da bioesterqueira e na esterqueira, em relação ao NTK nestes sistemas, a concentração de NH<sub>4</sub>, foi da ordem de 2,2g/kg, representando 80%. Isto significa que a atividade biológica

transforma o nitrogênio orgânico em nitrogênio prontamente disponível para as plantas, sob a forma  $\text{NH}_4$  (EPAGRI, 1995).

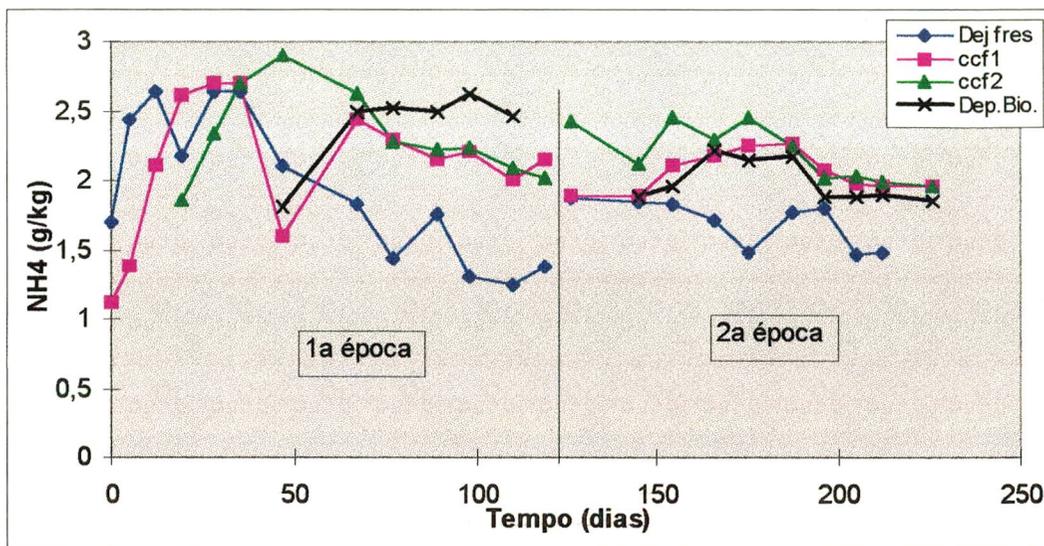


Figura 4.28 -  $\text{NH}_4$  nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

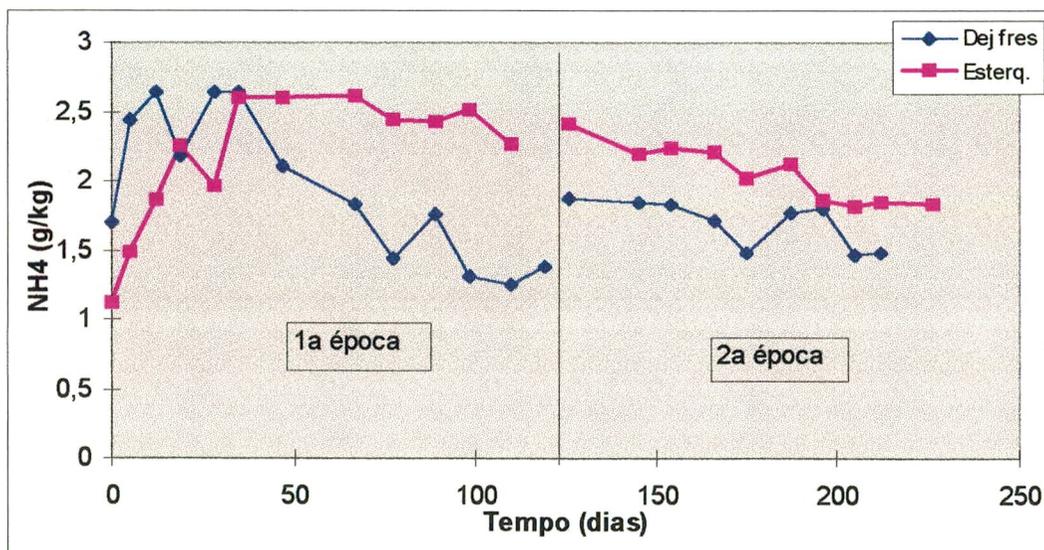


Figura 4.29 -  $\text{NH}_4$  nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

No conjunto da bioesterqueira a influência do inóculo de partida confirma a evolução positiva do teor de  $\text{NH}_4$  no início, para uma melhor estabilidade dos 50 dias ao final da 1ª época e especialmente, na 2ª época do experimento.

Ao final da 1ª época o depósito da bioesterqueira apresentou uma concentração de  $\text{NH}_4$  de 2,46g/kg, representando 75% em relação ao NTK no mesmo período. Ao final do experimento, a concentração de  $\text{NH}_4$  foi de 1,85g/kg entretanto, com maior mineralização, representando 82% em relação ao NTK.

Na esterqueira, em relação a bioesterqueira, ocorreu uma evolução semelhante na curva do  $\text{NH}_4$ , também em razão do inóculo e da alimentação, apresentando aumento no início da 1ª época e maior estabilidade a partir dos 50 dias e, principalmente, na 2ª época. Da mesma forma, ao longo do experimento, apresentou maiores concentrações de amônio em relação aos dejetos frescos.

Ao final da 1ª época o teor de  $\text{NH}_4$  da esterqueira(2,26g/kg), representou 78% em relação ao teor de NTK e na 2ª época (1,82 g/kg), a relação foi 77 % (semelhante).

Analisando o comportamento do  $\text{NH}_4$  sob o ponto de vista agrônômico, ambos os sistemas mantém o mesmo poder fertilizante, apresentando taxas idênticas de mineralização ao final das duas épocas (77% a 80%), indicando que grande parte do nitrogênio está na forma amoniacal, em condições de ser absorvido pelas plantas, ao final do período experimental, se utilizado como fertilizante agrícola.

### **$\text{P}_2\text{O}_5$ total**

O teor de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , presente nos sólidos/sedimentos, foi grandemente influenciado pelo inóculo de partida, pela alimentação e pelo manejo do sistema.

As Figuras 4.30 e 4.31 mostram a evolução do  $\text{P}_2\text{O}_5$  total. Nos dejetos frescos a concentração de  $\text{P}_2\text{O}_5$  total apresentou uma maior concentração no início e uma menor concentração no final da 1ª época.

A concentração média de  $\text{P}_2\text{O}_5$  total foi da ordem de 2,2g/kg nos dejetos frescos sendo semelhante em ambas as épocas entretanto, mais homogênea na 2ª época em relação à verificada na 1ª época.

Nos compartimentos da bioesterqueira, ocorreu o mesmo que com outros parâmetros: aumento da concentração de  $\text{P}_2\text{O}_5$  total, no início, seguido de estabilização e diminuição no final da 1ª época.

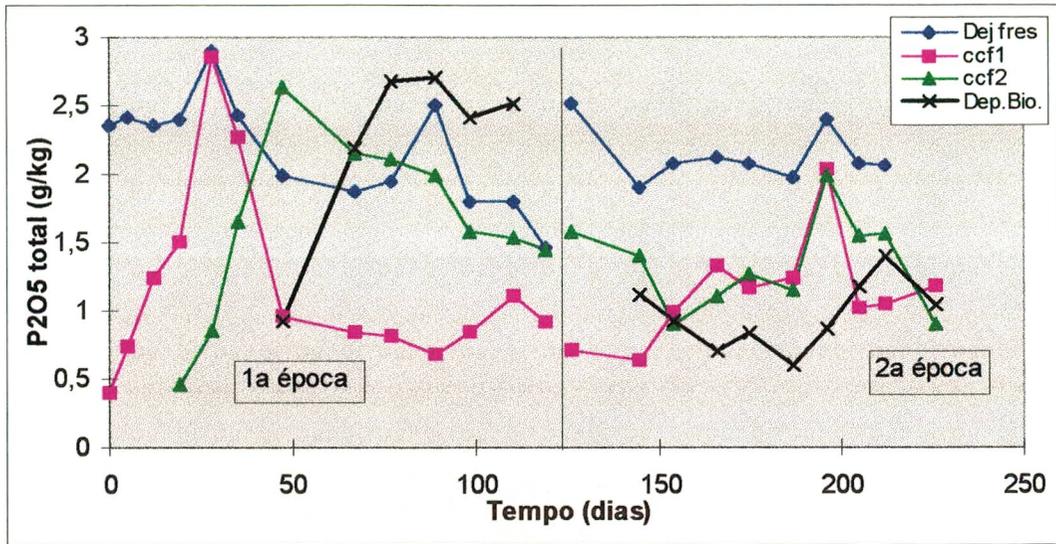


Figura 4.30 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

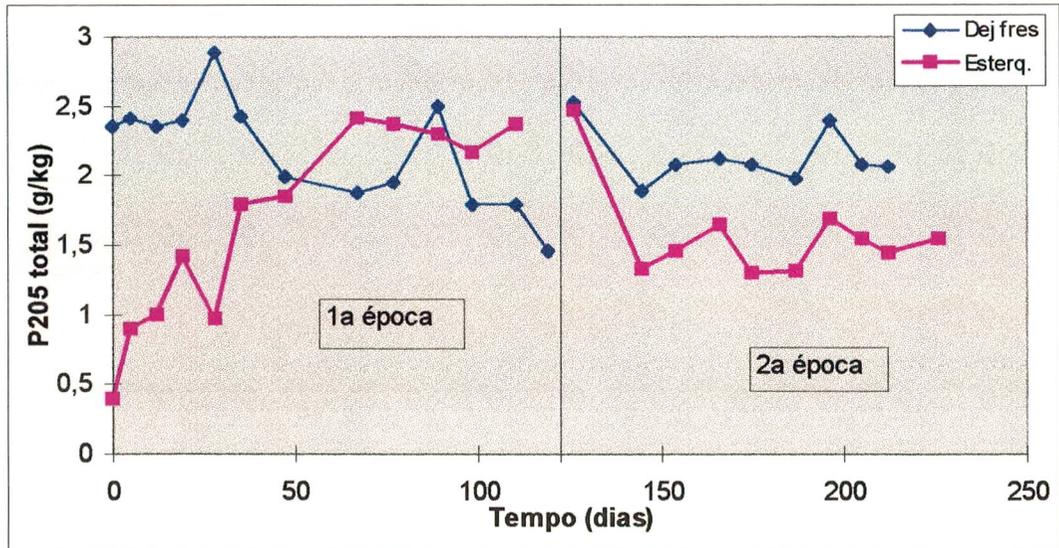


Figura 4.31 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

A figura 4.30 mostra uma maior concentração de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total no depósito da bioesterqueira ao final da 1ª época, o que reflete a fuga de sólidos ocorrida a partir da câmara de fermentação, conforme já comentado anteriormente. Na 2ª época a concentração de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total foi semelhante nos compartimentos da bioesterqueira, entretanto, menor em relação aos dejetos frescos, influenciado pela menor concentração

deste parâmetro nas câmaras de fermentação e o esvaziamento do depósito ao final da 1ª época.

Na esterqueira a curva de evolução mostrada na Figura 4.31, confirma a influência do inóculo, especialmente, no início da 1ª época e no comportamento de  $P_2O_5$  total durante o experimento.

Do início ao final da 2ª época, a curva de  $P_2O_5$  total na esterqueira foi semelhante a dos dejetos frescos, entretanto, em concentrações ligeiramente menores (1,8g/kg  $P_2O_5$  total na esterqueira 2,2g/kg  $P_2O_5$  total nos dejetos frescos).

O teor de  $P_2O_5$  total na bioesterqueira foi menor em relação a esterqueira, possivelmente porque no esvaziamento, ao final da 1ª época, o material remanescente da esterqueira foi mais concentrado, em relação ao retirado.

Os resultados de  $P_2O_5$  total entretanto, apresentam a mesma ordem de grandezas em relação aos dejetos frescos, mostrando a preservação do poder fertilizante dos dejetos de suínos nos sistemas de armazenagem estudados.

Os resultados da concentração de  $P_2O_5$  total, determinada pelo Método gravimétrico na 1ª época, apresentaram uma relação linear de 83% ( $R^2 = 0,83$ ) com os resultados do  $P_2O_5$  total determinados pelo Método Marino. Esta relação comprova a semelhança e a eficiência dos métodos de determinação de fósforo em dejetos de suínos, utilizados na pesquisa.

### **$P_2O_5$ extraível**

A evolução do  $P_2O_5$  extraível (determinado da fração solúvel, sem digestão) nos dejetos frescos e nos diferentes compartimentos dos sistemas de estocagem apresentou tendências semelhantes ao do  $P_2O_5$  total, conforme era esperado (Figuras 4.32 e 4.33).

Nos dejetos frescos a concentração média, apesar das variações, foi semelhante em ambas as épocas (0,97g/kg).

Na bioesterqueira a média de  $P_2O_5$  extraível, durante (0,83g/kg) e no final do experimento (0,38g/kg), foi semelhante à da esterqueira (0,92g/kg durante e 0,58g/kg ao final do experimento) pelas mesmas razões expostas para o  $P_2O_5$  total (maior concentração no material remanescente da 1ª para a 2ª época, usado como inóculo).

Assim sendo, o poder fertilizante dos dejetos de suínos, com respeito a  $P_2O_5$  extraível, igualmente ao  $P_2O_5$  total, não altera em função da armazenagem em bioesterqueira ou esterqueira.

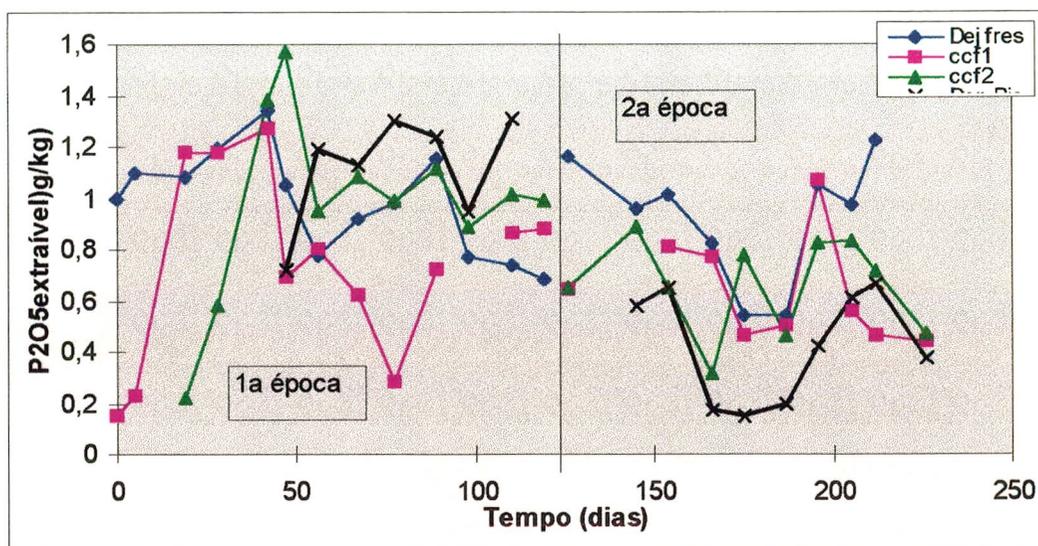


Figura 4.32 -  $P_2O_5$  extraível nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

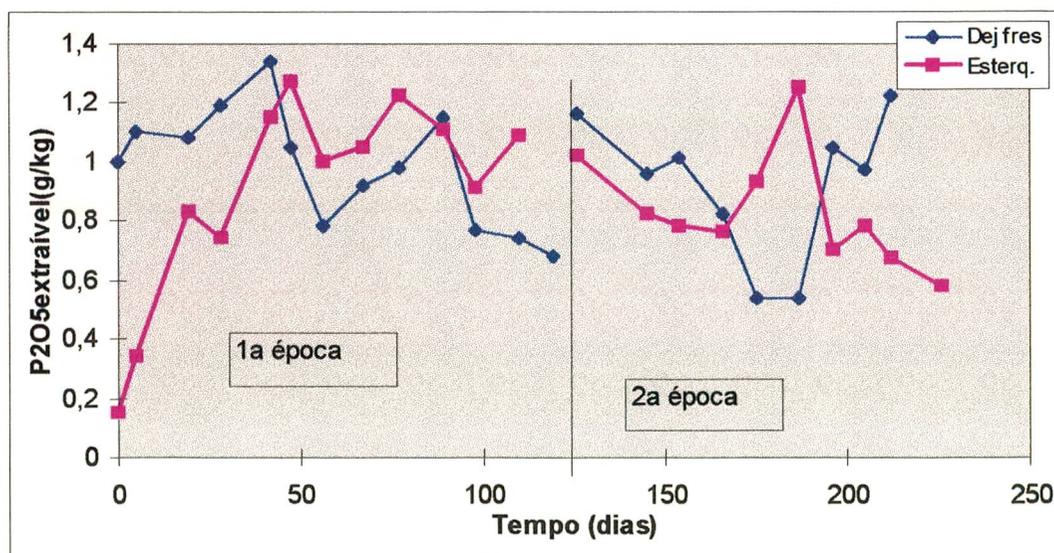


Figura 4.33 -  $P_2O_5$  extraível nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

### K<sub>2</sub>O total e K<sub>2</sub>O extraível

Dado a estreita relação linear ( $r^2 = 0,78$ ) entre K<sub>2</sub>O total (Figuras 4.34 e 4.35) e o K<sub>2</sub>O extraível (Figuras 4.36 e 4.37), os mesmos serão apresentados em conjunto.

Nos dejetos frescos, as curvas descritas pelo K<sub>2</sub>O total e extraível, apresentaram um aumento na concentração até os 12 dias, uma ligeira estabilidade até os 42 dias, seguido de uma diminuição até o final da 1ª época.

Na 2ª época, os valores iniciais foram mais altos, entretanto, com maior estabilidade.

A concentração média registrada foi de 1,8g/kg de K<sub>2</sub>O total e 1,5g/kg de K<sub>2</sub>O extraível, durante o experimento (Tabelas 4.18 e 4.20).

No conjunto da bioesterqueira e na esterqueira a evolução do K<sub>2</sub>O total e extraível, foi semelhante aos dejetos frescos (Figuras 4.34 e 4.35 e Figuras 4.36 e 4.37). A diferença ficou por conta da concentração média do experimento, que foi mais alta no K<sub>2</sub>O total (2,0g/kg), em relação ao K<sub>2</sub>O extraível (1,8g/kg), tanto na bioesterqueira quanto na esterqueira.

Tabela 4.18 - K<sub>2</sub>O total Método Marino Tedesco nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira.

COMPARTIMENTO	1ª época (g/Kg)		2ª época (g/Kg)		Todo Período (g/Kg)	
	média	$\sigma$	média	$\sigma$	média	$\sigma$
Dejetos frescos	1,98	0,47	1,50	0,25	1,80	0,47
CCF1 bioesterqueira	2,06	0,38	1,54	0,10	1,85	0,40
CCF2 bioesterqueira	2,19	0,30	1,56	0,10	1,90	0,39
Depósito bioesterqueira	2,37	0,11	1,73	0,07	2,08	0,34
Esterqueira	2,17	0,36	1,74	0,12	2,02	0,36

ccf1/ccf2 =compartmento câmara fermentação da bioesterqueira (1º-2º);  $\sigma$ =desvio padrão.

Esta pequena diferença de concentração do K<sub>2</sub>O total em relação ao extraível, comprova que grande parte do potássio está presente sob a forma solúvel, especialmente

proveniente da urina (BERNARD & HEDUIT, 1979), estando, grande parte, na fração líquida dos dejetos de suínos (SCHERER et al, 1995a).

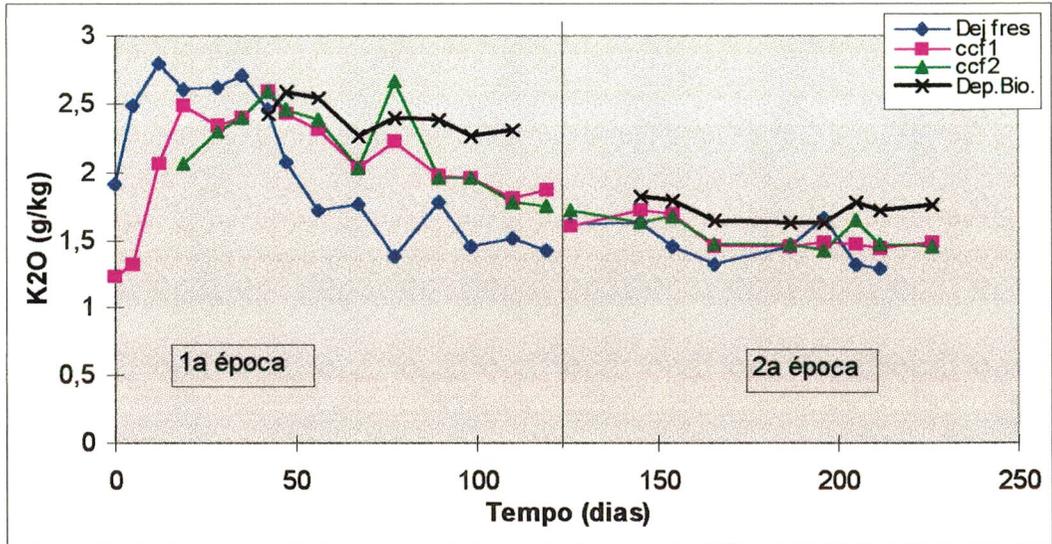


Figura 4.34 -  $K_2O$  total nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

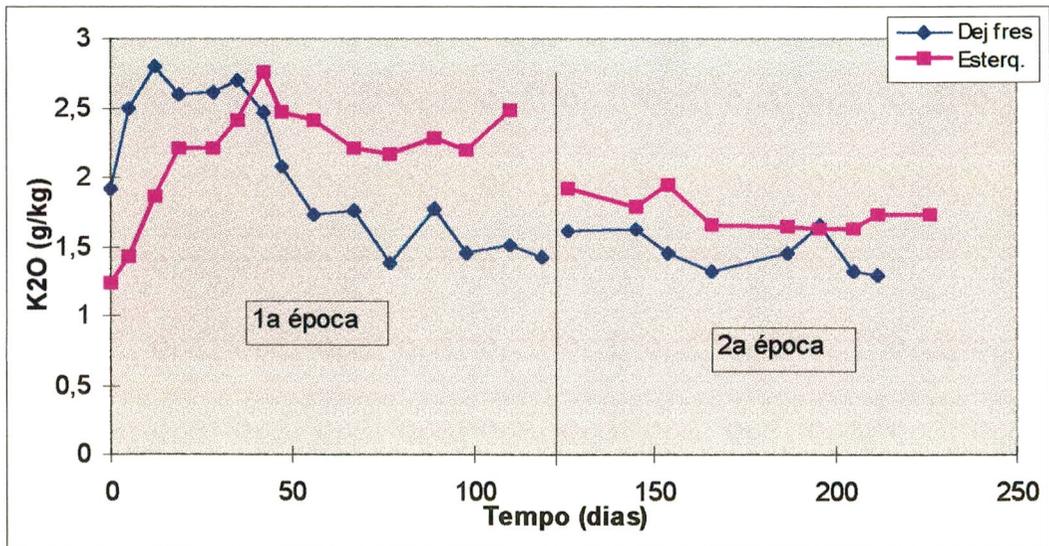


Figura 4.35 -  $K_2O$  total nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

Ao final do experimento, as concentrações de  $K_2O$  total (1,7g/kg) e  $K_2O$  extraível (1,5g/kg), na bioesterqueira, também foram semelhantes aos dejetos frescos. Isto comprova a preservação do  $K_2O$  total e  $K_2O$  extraível ao longo da estocagem, independentemente do sistema ser bioesterqueira ou esterqueira.

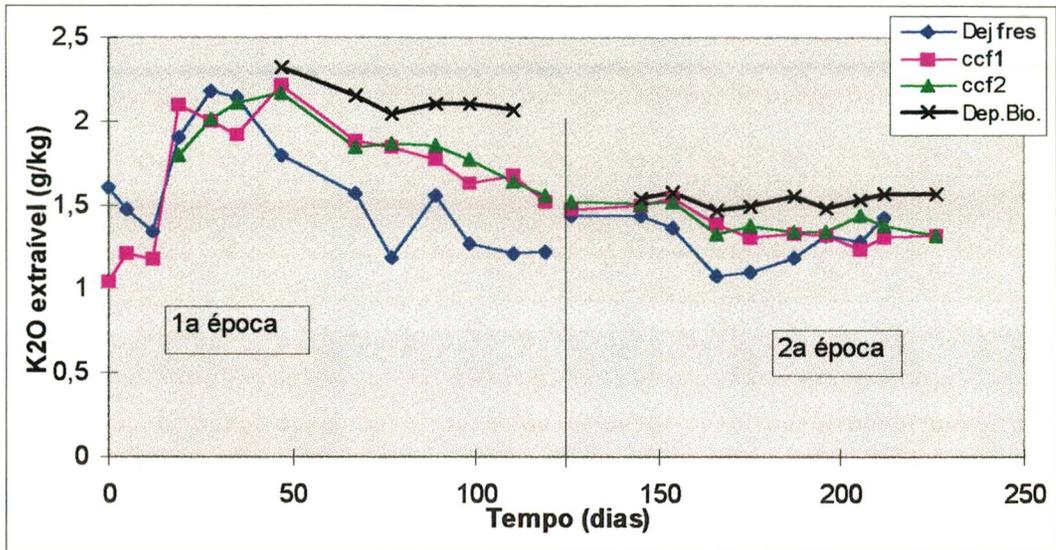


Figura 4.36 - K<sub>2</sub>O extraível nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira.

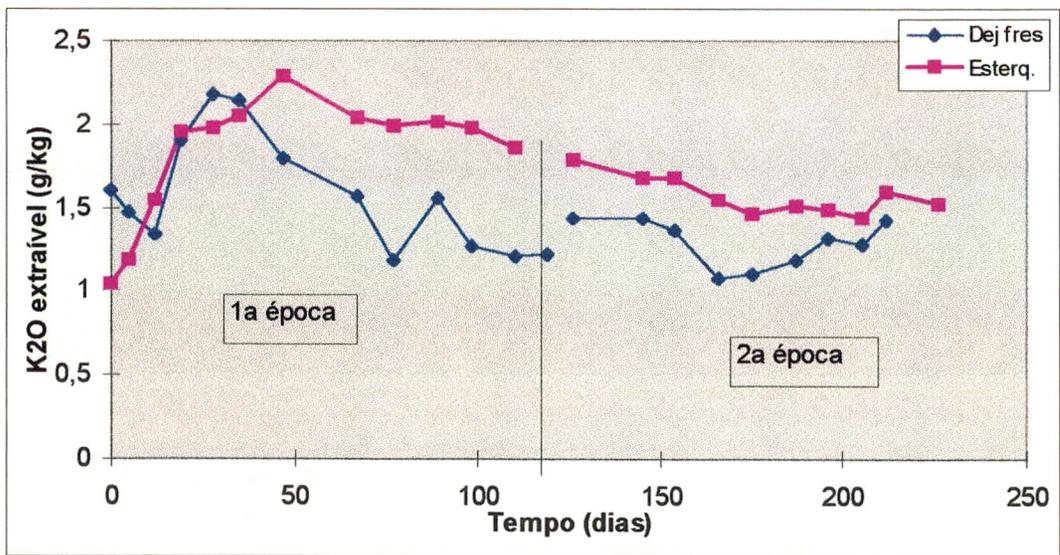


Figura 4.37 - K<sub>2</sub>O extraível nos dejetos frescos de suínos e no interior da esterqueira.

Os resultados da concentração de K<sub>2</sub>O total, determinada pelo Método LANARV na 1ª época, apresentaram uma relação linear de 75% ( $R^2 = 0,75$ ) com os resultados do K<sub>2</sub>O total determinados pelo Método Marino Tedesco (resultados acima). Esta relação comprova a semelhança e a eficiência dos métodos de determinação de fósforo em dejetos de suínos, utilizados na pesquisa.

Tabela 4.19 - K<sub>2</sub>O Método Fervura nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira.

COMPARTIMENTO	1ª época (g/kg)		2ª época (g/kg)		Todo Período (g/kg)	
	média	$\sigma$	média	$\sigma$	média	$\sigma$
<b>Dejetos frescos</b>	1,60	0,35	-	-	1,60	0,35
<b>CCF1 bioesterqueira</b>	1,66	0,31	-	-	1,66	0,31
<b>CCF2 bioesterqueira</b>	1,80	0,20	-	-	1,80	0,20
<b>Depósito bioesterqueira</b>	1,97	0,10	-	-	1,97	0,10
<b>Esterqueira</b>	1,77	0,27	-	-	1,77	0,27

ccf1/ccf2 =compartimento câmara fermentação da bioesterqueira (1<sup>o</sup>-2<sup>o</sup>);  $\sigma$ =desvio padrão.

Tabela 4.20 - K<sub>2</sub>O extraível Método Marino Tedesco nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira.

COMPARTIMENTO	1ª época (g/kg)		2ª época (g/kg)		Todo Período (g/kg)	
	média	$\sigma$	média	$\sigma$	média	$\sigma$
<b>Dejetos frescos</b>	1,57	0,31	1,35	0,26	1,49	0,42
<b>CCF1</b>	1,75	0,37	1,37	0,10	1,60	0,61
<b>CCF2</b>	1,92	0,21	1,41	0,08	1,69	0,52
<b>Dep. Bioesterqueira</b>	2,15	0,84	1,53	0,04	1,87	0,81
<b>Esterqueira</b>	1,92	0,35	1,57	0,11	1,78	0,62

ccf1/ccf2 =compartimento câmara fermentação da bioesterqueira (1<sup>o</sup>-2<sup>o</sup>);  $\sigma$ =desvio padrão.

### Relação DQO total/NTK

A relação DQO total/NTK (mesma ordem de grandeza da relação C/N) nos dejetos frescos de suínos, cuja variação foi devida ao material acrescentado, apresentou uma média semelhante em ambas as épocas do experimento (15/1) (Tabela 4.21).

O comportamento da relação DQO total/NTK nos compartimentos reflete a eficiência dos sistemas ao longo do período de estocagem.

Tabela 4.21 - Rel. DQO total/NTK nos dejetos frescos de suínos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira.

COMPARTIMENTO	1ª época (DQO/NTK)		2ª época (DQO/NTK)		Todo Per. (DQO/NTK)	
	média	( $\sigma$ )	média	( $\sigma$ )	média	( $\sigma$ )
<b>Dejetos frescos</b>	14,3	5,48	15,7	3,02	14,8	4,80
<b>CCF1 bioesterqueira</b>	8,9	3,38	9,7	3,28	9,3	3,37
<b>CCF2 bioesterqueira</b>	10,8	4,63	9,8	3,56	10,3	4,18
<b>Depósito bioesterqueira</b>	11,4	3,31	7,6	1,13	9,7	3,18
<b>Esterqueira</b>	8,8	4,24	5,1	2,35	7,4	4,08

No conjunto da bioesterqueira, a relação DQO total/NTK, durante a 1ª época (11/1), foi muito próxima da registrada nos dejetos frescos, indicando um mau funcionamento neste período. Na segunda época a eficiência foi maior e a média foi menor (7/1) e mais uniforme, alcançando o nível de 6/1 ao final da época e do experimento.

Na esterqueira a relação DQO total/NTK foi menor em toda a 1ª época, quando comparada aos dejetos frescos de suínos, apresentando uma média próxima de 9/1 e alcançando 8/1 ao final da 1ª época. Na 2ª época eficiência ainda é maior e mais uniforme, atingindo na média e ao final da época uma relação DQO total/NTK de 5/1.

Os resultados da relação DQO total/NTK da 2ª época, quando o funcionamento foi melhor, confirmam a semelhança em eficiência da bioesterqueira e da esterqueira.

Em termos de degradação de dejetos de suínos, a relação DQO total/NTK (comparável com a relação C/N), encontrada nos dejetos frescos (15/1) é razoável, considerando o que sugere OLIVEIRA (1993) (C/N = 30/1) e o que sugere HOHLFELD & SASSE (1986) (C/N=20/1).

Em termos agrônômicos, o nível de 5/1 atingido ao final do período de estocagem, momento em que os dejetos são transferidos para a lavoura como fertilizante, indica uma relação aquém de 10/1, considerada média na matéria orgânica de solos bem drenados (VAN RAIJ, 1981).

### Volume de gás produzido nos sistemas de estocagem estudados

A produção de biogás ao final da 1ª época, medida nos últimos 3 (três) dias, apresentou um volume médio diário de 190, 620 e 240 l/m<sup>3</sup> de dejetos estocados, respectivamente, na câmara de fermentação da bioesterqueira, no depósito da bioesterqueira e na esterqueira.

O volume de biogás, medido na 2ª época do experimento (Figura 4.38), em que o acompanhamento foi mais representativo, apresentou uma produção média de 760l biogás/m<sup>3</sup> de dejetos estocado.dia, na esterqueira de 460l biogás/m<sup>3</sup> de dejetos estocado.dia na bioesterqueira.

Aos 100 dias da 2ª época (220 dias de experimento), quando os dois sistemas recebiam carga diária e o funcionamento de ambos foi melhor, a produção de biogás foi semelhante tanto na bioesterqueira, quanto na esterqueira.

A Figura 4.38 mostra este comportamento, apresentado as variações da produção de biogás, destacando o melhor desempenho da esterqueira no início e a semelhança com a bioesterqueira ao final 2ª época. Mostra também a maior produção de biogás da bioesterqueira ao final em relação ao início da 2ª época, quando esta apresentou melhor funcionamento.

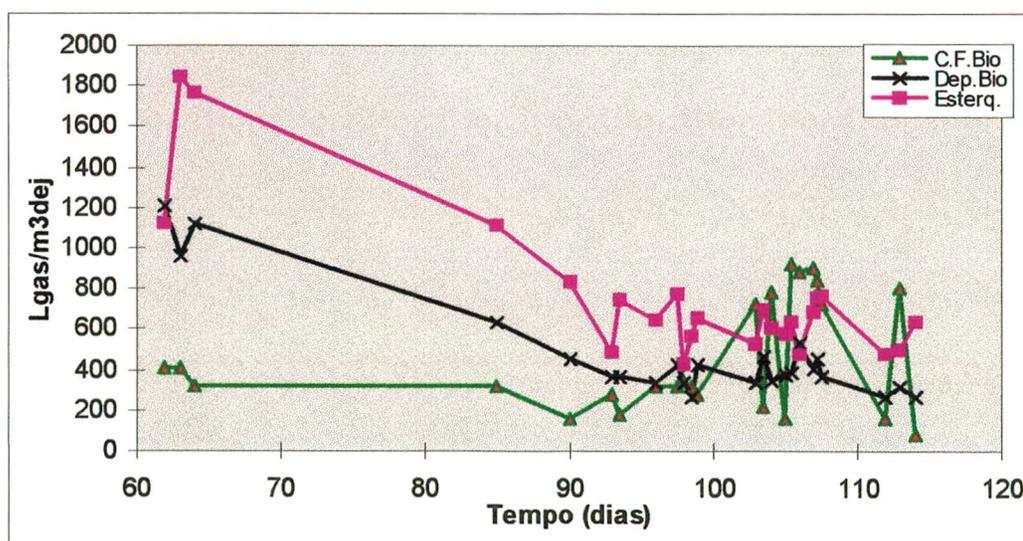


Figura 4.38 - Produção de biogás nos dejetos de suínos do interior da bioesterqueira e da esterqueira, na 2ª época do experimento.

### Presença de coliformes totais e coliformes fecais

Resultados de análises para coliformes totais e coliformes fecais foram obtidos em apenas 3 (três) oportunidades durante o experimento. Ainda assim, unicamente dos dejetos frescos para coliformes totais e fecais aos 105 dias da 1ª época, de todos os compartimentos somente para coliformes totais aos 20 dias da 2ª época, e, finalmente de todos os compartimentos para coliformes totais e fecais aos 70 dias da 2ª época.

Os resultados, apesar de não representativos, indicaram uma maior concentração de coliformes nos dejetos frescos aos 105 dias da 1ª época (final da época de inverno), com  $4.10^{10}$  coliformes totais/100ml, em relação a 2ª época, quando apresentou  $1,5.10^{10}$  e  $19.10^{10}$ , respectivamente aos 146 e aos 197 dias do experimento. Nos sistemas, a esterqueira apresentou uma menor concentração de coliformes em relação dejetos frescos quando comparada à bioesterqueira (Tabela 4.22) Entretanto esta redução não é significativa em se tratando de agentes patógenos e o grau de concentração (9 a  $10.10^8$ , de coliformes fecais e coliformes totais, respectivamente), sendo o processo anaeróbio ineficiente na redução destes patógenos.

Tabela 4.22 - Coliformes totais e fecais/100ml nos dejetos frescos e no interior da bioesterqueira e da esterqueira..

Local Coleta	Col. Totais/100ml	Col. Fecais/100ml
Dejetos frescos	$14,2.10^8$	$17.10^7$
CCF1 bioesterqueira	$8,6.10^8$	$17.10^8$
CCF2 bioesterqueira	$8,7.10^8$	$33.10^7$
Depósito bioesterqueira	$14.10^8$	$22.10^8$
Esterqueira	$5.10^8$	$26.10^7$
média	$10.10^8$	$9.10^8$

### **Custo de construção dos sistemas**

Conforme informações obtidas junto ao Departamento de Fomento Agropecuária da Sadia Concórdia SA, o custo de construção é da ordem de R\$25,00/m<sup>3</sup> (vinte e cinco reais por metro cúbico). Apesar da necessidade de um dimensionamento de 10% maior, para o inóculo ou biomassa remanescente, a esterqueira tem custo 20% inferior a bioesterqueira. Isto é explicado porque enquanto a esterqueira opera em câmara única, a bioesterqueira é composta pela câmara de fermentação (45 dias de TRH) e pelo depósito da bioesterqueira.

Dado a necessidade do volume para o inóculo ou biomassa permanente, para o cálculo do dimensionamento da bioesterqueira deve ser considerado:

$$V_t = V_{120} - V_{12}, \quad \text{onde :}$$

$V_t$  = volume total

$V_{120}$  = volume para 120 dias de THH

$V_{12}$  = 10% do volume de  $V_{120}$ , para o inóculo ou biomassa remanescente.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Caracterização dos sistemas de armazenamento e manejo dos dejetos de suínos nas propriedades avaliadas.

#### Conclusões

Em 163 propriedades avaliadas na região do Oeste de Santa Catarina, 44% adotam o sistema de bioesterqueira e 47% adotam o sistema de esterqueira para armazenamento dos dejetos de suínos.

O sistema de bioesterqueira está presente nas menores propriedades rurais (26ha), que apresentam um rebanho de suínos menor (256 animais), possuem melhor capacidade de estocagem de dejetos ( $0,73\text{m}^3/\text{suíno}$ ) e aplicam uma menor quantidade de dejetos na lavoura ( $39\text{m}^3/\text{ha.ano}$ ). Isto indica que estas propriedades apresentam melhor manejo dos dejetos de suínos, em relação as propriedades que adotam o sistema de esterqueira.

O sistema de esterqueira está presente nas propriedades maiores, com média de 32ha, 361 suínos,  $0,52\text{m}^3/\text{suíno}$  de capacidade de estocagem e que aplicam  $51\text{m}^3/\text{ha.ano}$  nas lavouras.

Conforme eleva-se o tamanho da propriedade rural, as criações também apresentam um maior número de animais e apresentam uma menor capacidade de armazenagem de dejetos.

A alta frequência (91%) e a importância dos sistemas de bioesterqueira e esterqueira nas propriedades suinícolas avaliadas e a falta de informações justificaram a condução da pesquisa na unidade experimental.

## **Recomendações**

- A estocagem deve ser aumentada, especialmente em criações de ciclo completo, as quais apresentaram uma capacidade de armazenagem para apenas 84 dias.
- Suinocultores, especialmente do sistema de esterqueira, deverão fazer uso de distribuidores de dejetos com maior capacidade, por exemplo de 5m<sup>3</sup>, para compensar, devido a distância, os altos custos de transporte da unidade de produção até o local de utilização dos dejetos de suínos.

## **5.2 Experimento com bioesterqueira e esterqueira**

### **Conclusões**

Os resultados obtidos são relativos às condições a que foi submetido o experimento: a 1ª época no período de inverno - primavera e a 2ª época no período de primavera - verão, tendo como local o CETRE/EPAGRI - Florianópolis - SC.

Os objetivos a que se propôs o experimento foram atingidos através da obtenção de informações das vantagens e desvantagens da bioesterqueira e da esterqueira, além de informações complementares quanto ao melhor manejo dos dejetos de suínos nestes sistemas.

O funcionamento dos sistemas empregados foi precário na 1ª época (inverno - primavera), devido a baixa temperatura registrada neste período (média de 18°C no interior dos compartimentos e ambiente externo). Os reflexos ainda foram maiores na bioesterqueira onde, além da temperatura, também contribuíram, o pequeno tempo de aclimação e o fluxo hidráulico, fazendo com que a eficiência na redução dos parâmetros degradáveis fosse ainda menor (SV=16%; DQO total=16%).

Na 2ª época (primavera -verão), com temperatura mais elevada (média de 25°C no interior dos compartimentos), o comportamento, de ambos os sistemas, foi melhor

registrado ao final do experimento, uma redução de 69% dos SV, 70% da DQO total e 97% da DBO<sub>5</sub> solúvel.

Não foram registradas perdas evidentes de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) nos sistemas, indicando não haver diferença entre a bioesterqueira e esterqueira, quanto à preservação do poder fertilizante.

Ficou evidente, pelos resultados obtidos, que havendo boas condições de funcionamento, ambos os sistemas apresentam a mesma eficiência na redução/degradação da matéria orgânica e na preservação do poder fertilizante.

Os resultados obtidos confirmam que a bioesterqueira e a esterqueira são reatores adequados para armazenamento, não podendo ser considerados sistemas de tratamento dos dejetos de suínos, apesar de promoverem uma redução significativa da DBO<sub>5</sub> solúvel, no período de temperatura elevada.

O custo de construção da esterqueira é 20% menor em relação ao custo da bioesterqueira. Desta forma, se o objetivo for, simplesmente a armazenagem de dejetos, a esterqueira é mais econômica.

### **Recomendações**

O sistema de bioesterqueira deve ser instalado e operacionalizado cuidadosamente, nos seguintes aspectos:

- procurar alimentar diariamente, evitando carga de choque que pode prejudicar a atividade microbiana.
- controlar a velocidade de alimentação de tal forma a evitar a retenção de sólidos e a fuga de sólidos das câmaras de fermentação em direção ao depósito. Fazer testes, se necessário.
- Para iniciar o processo deve ser utilizado inóculo adequado e com no mínimo de 30% da capacidade da câmara de fermentação, ou o correspondente a 15 dias de alimentação.
- O conteúdo da câmara de fermentação deve ser preservado para manter o sistema em funcionamento.

Quanto ao sistema de esterqueira, deve ser observado o seguinte:

- Nunca esvaziar completamente a esterqueira, deixar sempre, como inóculo, 10% de seu volume ou o correspondente a 15 dias de alimentação.

Para a comprovação definitiva dos resultados obtidos, recomenda-se fazer a validação de campo, monitorando pelo menos 2 unidades de bioesterqueira e 2 de esterqueira.

Quando possível e havendo interesse, fazer a recuperação do biogás produzido nos sistemas, podendo ser utilizado campânula confeccionada com lona plástica ou com outros materiais adequados e de baixo custo.

Aplicar os dejetos no solo em condições adequadas, especialmente com respeito ao nitrogênio, evitando perdas por volatilização (amônia) e por lixiviação (nitrato) e a consequente poluição do ar e das água subterrâneas.

A nível de Microbacias hidrográficas é recomendável efetuar-se o monitoramento da qualidade da água superficial e subterrânea quanto a presença de compostos relacionados com a aplicação de dejetos de suínos. Este monitoramento permitirá melhor orientação ao manejo de nutrientes, de pesticidas e de dejetos de animais e da aplicação das práticas de conservação de solo. Poderão através deste monitoramento ser estabelecidos limites de criação de animais ou programas alternativos do aproveitamento dos dejetos.

Quanto a questão do desenvolvimento social, econômico e ambiental, deve-se dar a todo cidadão o direito à liberdade de estabelecer a sua atividade ao mesmo tempo do dever de respeitar a liberdade dos semelhantes. No caso do meio ambiente e da produção de suínos, o agricultor não reunindo condições da utilização total dos dejetos na sua propriedade, poderá ter as seguintes opções: a) destinar o excedente dos dejetos a vizinhos ou a outros locais adequados; b) implantar um sistema de tratamento dos dejetos excedentes na sua propriedade; c) reduzir o tamanho da criação de suínos ao nível da capacidade da utilização dos dejetos na própria propriedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREADAKIS, A. D. *Anaerobic Digestion of Piggery Waste*, Water Sci. Tech.. v.25. n. 1. p.9-16. 1992.
- AOCS - American Oil Chemists Society . *Official Method Ba 4-38*. Third Edition. Addition and revisions. 1979. Illinois - USA.
- APHA (American Public Health Association)-AWWA (American Water and Wastewater Association) -WPCF (Water Pollution Control Federation). *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater*. Fourteenth edition. 1975.
- ATLAS, R. M. & BARTHA, R. *Microbial ecology fundamentals and applications*. 2nd ed., California, The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1987. 252p.
- BAE, D.H & PARK, J.B. *Utilization of swine manure as a source of urease for the urea-ammonia treatment of rice straw: II. Effects of swine manure and urea supplement levels on chemical composition and in vitro DM digestibility*. Korean Journal of Animal Nutrition & Feedstuffs 19(1). 1995. South Korea. p.50-27.
- BARTH, C.L. *The rational design standard for anaerobic livestock waste lagoons*. In: Proceeding of the 5° International Symposium on Agricultural Waste. 1985. Chicago, II, USA.
- BAUFÖRDERUNG LANDWIRTSCHAFT HANNOVER. *Baubriefe Landwirtschaft-Mastchweinehaltung*. 1993. 34. 128p.
- BELLI F°, P. & MARTIN, G. *Procédé de réduction de odeurs d'un lisier stocké en fosse couverte*. Journées Rech. Porcine en France. 1996. 28. p.225-230.
- BELLI F°, P. *Stockage e odeurs des dejections animales, cas du lisier de porc*. Thèse de Doctorat de L'Université de Rennes I. France. 1995.

- BERNARD, C. R. & HEDUIT, M. *Evolution du lisier de porcs au cours du stockage*. 1979. Journée porcine en France.
- BERTRAND, M. & ARROYO, G. *Methode rapide d'appréciation de la valeur fertilisante de lisiers de porcs*. Antony: CEMAGREF. BI n.321. oct. 1984. p.21-34.
- BONAZZI, G. *I cosiddetti vantaggi aggiuntivi della digestione anaerobica*. L'Informatore agrario. 1987. n.1, p.35-38.
- BOOPATHY, R. & SIEVERS, D. M. *Performance of modified anaerobic baffled reactor to treat swine waste*. American Society of Agricultural Engineering. vol 34(6): Nov.-Dec., 1991. p.2573-2578.
- BRANCO, S. M. *Hidrologia aplicada à Engenharia Sanitária*. 2ª ed. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1978. São Paulo. 620p.
- BRASIL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. FACULDADE DE AGRONOMIA. *Princípios de fertilidade de solo*. Departamento de Solos. 1990.
- CHOUDHARY, M.; BAILEY, L. D.; GRANT, C. A. *Review of the use of swine manure in crop production: Effects on yield and composition and on soil and water quality*. Waste Management & Research. v 14, n 6. Dec. 1996. Brandon, Manit, Can. p.581-595.
- CHRISTMANN, A. *Digestão anaeróbia de dejetos*. ACARESC. 1985. (Apostila não publicada).
- CHRISTMANN, A. *Sistemas de manejo e utilização dos esterco de suínos nas pequenas propriedades rurais*. ACARESC. abr. 1988. (Manual não publicado).
- CHRISTMANN, A. *Manejo dos dejetos de suínos em bioesterqueira em Santa Catarina*. EPAGRI. 1989.

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. *Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3ª ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul. 1995. 223p.
- COOK, M. G.; HUNT, K. C.; STONE, K. C. et al. *Reducing diffuse pollution through implementation of agricultural best management practices: a case study*. Water Science and Technology Cook. 1996. v 33, No 4-5. p.191-196.
- COOPER, P. & CORNFORTH, I. S. *Volatile fatty acids in stored animal slurry*. J. Sci. Fd. Agric. 1978, ed. 29. Belfast, Ireland. p.19-27.
- COSTA, R. H.; OLIVEIRA, P.A.V. de; SILVA, F.C.M. *Estudo de tratamentos preliminares para dejetos de suínos*. 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental -ABES, Salvador, Bahia. 1995. Editoração eletrônica, disco 2/9.
- COVARRUBIAS, G. I.; GOMES, M. D. F.; NUIZAR, P. C. *An economic analysis of swine waste silage as sheep feed ingredient*. Journal of Applied Animal Research, 9(1). Mar. 1996. p.61-67.
- COVARRUBIAS, G. I.; CABRERA, A.R.; GOMEZ,M.D.J.F. *Continuous solid-substrate fermentation of swine waste recovered solids for pig feed*. Bioresource Technology 50(2). 1994. Guadalajara, Jalisco, Mexico. p.139-147.
- CULLIMORE, D. R.; MAULE, A.; MANSUY, M. *Ambient Temperature Methanogenesis from Pig Manure Waste Lagoons: Thermal Gradient Incubator Studies*. Agricultural Wastes. 1985. v. 12. p.147 - 157.
- DE BODE, M. J. C. *Odour and ammonia emissions from manure storage*. In : Odour and ammonia emissions from livestock farming. Nielsen V. C. ; Voorburg J.H., L'hermite P. (eds). 1990. Elsevier Applied Science, London, p.59-67.
- EPAGRI. *Aspectos práticos do manejo de dejetos de suínos*. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA. 1995. 106p.
- EPAGRI/CLIMERH. *Declaração de ocorrência meteorológica*. mar.1997. (não publicado).

- ERIKSEN, J.; MORTENSEN, J. V.; KJELLERUP, V. K. et al. . *Forms and plant-availability of sulfur in cattle and pig slurry*. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 1995. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 158, p.113-116.
- GASCÓN, F. *Técnica do aquário marinho, água salgada e suas características: o potencial redox*. *Acqua Life* 2. n. 5. 1996. p.34-39.
- GRAEDEL, T. E. & ALLENBY, B.R. *Industrial Ecology*. PRENTICE HALL. New Jersey. 1995.
- HAANDEL, A. C. van; & LETTINGA G. *Tratamento anaeróbio de esgotos*. Um manual para regiões de clima quente. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Paraíba/Universidade Agrícola de Wageningen, Holanda. 1994.
- HARVEY, R. W.; MUELLER, J. P.; BARKER, J. A. et al. *Forage characteristics, steer performance, and water quality from bermudagrass pasture with two levels of nitrogen from swine lagoon effluent*. *Journal of Animal Science*. 1996. v. 74, n. 2, p. 457- 464.
- HOHLFELD, J. & SASSE, L. *Production and utilization of biogás in rural areas of industrialized and developing countries*. Publi. by Dt. Ges. für Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Transl. by James und Gisela Lorenz. Federal Republic of Germany. 1986.
- INSTITUTO CEPA *Suínos: síntese anual da agricultura de Santa Catarina*. Florianópolis. 1990. v.1.
- INSTITUTO CEPA *Suínos: síntese anual da agricultura de Santa Catarina*. Florianópolis. 1988. v.1.
- INSTITUTO CEPA. *Síntese conjuntural da agricultura de Santa Catarina*. n.622, ano XIV, de 29.11.96 a 05.12.96. 1995/1996.
- JONGBLOED, A. W. & LENIS, N. P. *La nutrition pour reduire la pollution*. *Porc Magazine* 45. n. 243. Mar.1992.

- KONZEN, E. A. *Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida*. Dissertação de Mestrado. 1980. Escola de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte.
- KONZEN, E. A. *Manejo e utilização de dejetos de suínos*. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. 1983. (EMBRAPA-CNPSA. Circular Técnica, 6). 32p.
- KONZEN, E. A.; PEREIRA Fº, I. A.; BAHIA Fº, I. A. et al. *Utilização do esterco líquido de suínos na adubação de milho*. Seminário Mineiro sobre manejo e utilização de dejetos de suínos. (1: 1995: Ponte Nova, MG). *Anais*. (Editado por) Rilke Tadeu Fonseca de Freitas e Cristina Fontes Araújo Viana. – Viçosa: EPAMIG, 1995. P.88-110.
- LAGRANGE, B. *Biométhane. Tome 2: Principes, Techniques, Utilizations*. EDISUD/Energies alternatives, Aix en Provence. 1979
- L'INSTITUT TECHNIQUE DU PORC ET GIDA. *L'élevage porcin et L'environnement, recommandation techniques*. Paris, France. oct. 1984.
- LANARV - Laboratório Nacional de Referência Vegetal. *Análise de Corretivos e Fertilizantes e Inoculantes - Métodos Oficiais*. Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. 1988.
- LEMASLE, M. & JESTIN, R. *Étude de l'efficacite de produits "anti odeur" en fosses a lisier*. CRIT Biotechnologie Chimie Fine en Bretagne. França. 1991.
- LO, K.; CHEN, A.; LIAO, P. A. *Concentrations of malodorous compounds in swine wastes during storage*. J. Environ. Sci. Health, A29 (1). 1994. p.83-98.
- LOEHR, R.C. *Agricultural waste management: problems, processes and approaches*. New York. ACADEMIC PRESS. 1974. 576p.
- MATOS, A., T. de; & SEDIYAMA, M. A. N. *Riscos potenciais ao ambiente pela aplicação de dejetos líquidos de suínos ou compostos orgânicos no solo*. In: I SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE

- SUÍNOS (1: 1995: Ponte Nova, MG). *Anais*. (Editado por) Rilke Tadeu Fonseca de Freitas e Cristina Fontes Araújo Viana. – Viçosa: EPAMIG, 1995, p.45-54.
- MASSÉ, D. I.; PATNI, N. K., DROSTE, R. L. et al. *Operation strategies for psychrophilic anaerobic digestion of swine manure slurry in sequencing batch reactors*. Can. J. Civ. Eng. Canada. v.23, 1996 p.1285-1294.
- MAUNOIR, S. *Influence d'aditifs minéraux sur la digestion anaérobie - biodegradation de cellulose et acétate*. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier, France II. 1991.
- METCALF & EDDY. *Wastewater engineering-treatment disposal reuse*. Third Edition. McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1991.
- MINER, J. R. & SMITH, R. J. *Livestock waste management with pollution control*. North Central Regional Research Publication. n. 222. USA, 1975.
- MONTENEGRO, M. A. P. *Avaliação da comunidade microbiana em reator de manta de lodo (UASB) submetido a aumentos sucessivos da concentração do íon sulfato*. São Carlos, 1994. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - USP- Universidade de São Paulo- Campus de São Carlos.
- OLIVEIRA, P. A. V. de (coord.) et al *Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos*. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993a, 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).
- OLIVEIRA; P. A. V. de; LIMA, G. J. M. M.; FÁVERO, J. A. et al. *Suinocultura: noções básicas*. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, 1993b. 37p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 31).
- PEDROSO, D.; FIALHO, F. B.; BARONI JR., W. *Manejo de dejetos e controle de moscas em criações de suínos, no sudoeste catarinense (características e recomendações)*. CNPSA/EMBRAPA. 1993. Mimeo (trabalho não publicado).
- PERDOMO, C. C. *Uso racional da água no manejo de dejetos de suínos*. Seminário Mineiro sobre manejo e utilização de dejetos de suínos. Anais... Ponte Nova, MG: 1995. p.8-23.

- PHILIPPI, L. S. *Anaerobiose*. Apostila da disciplina de Processos Biodinâmicos em Engenharia Ambiental do Curso de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC. Florianópolis: Mimeo, 1995.
- PHILIPPI, L. S. *Etude expérimentale des dispositifs d'assainissement autonome - Applications en conditions réelles*. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II. France. 1992.
- RAIJ, B. van. *Avaliação da fertilidade do solo*. Instituto da Potassa & Fosfato (EUA) e Instituto Internacional da Potassa (SUIÇA). 1981. Piracicaba, SP. 142p.
- ROUGER, J. *Procede d'épuration par voie biologique anaerobie d'effluents liquides*. L'Institut National Polytechnique. Grenoble, 1987.
- ROUSSEUAX, P. *Evaluation comparative de l'impact environnemental global (ICIEG) du cycle de vie des produits*. These de Docteur. L'Institut National de Sciences Appliquee de Lyon. France. 1993.
- SAFLEY, L. M. Jr & WESTERMAN, P. W. *Low-temperature digestion of dairy and swine manure*. Bioresource Technology. 1994. v. 47, p.165-171.
- SCHERER, E. E. *Micronutrientes no esterco de suínos - Diagnose e uso na adubação*. Agropecuária Catarinense. EPAGRI. mar. 1997. v. 10, n. 1.
- SCHERER, E. E. & CASTILHOS, E. G. de. *Esterco de suínos como fonte de nitrogênio para milho e feijão da safrinha*. Agropecuária Catarinense. EPAGRI. Florianópolis. 1994a. v.7, n. 3, p.25-28.
- SCHERER, E. E. & CASTILHOS, E. G. de. *Esterco de suínos de esterqueira e de biodigestor na produção de milho e soja consorciados*. Agropecuária Catarinense. EPAGRI. Florianópolis. 1994b. v.7, n.2.
- SCHERER, E. E.; AITA C.; BALDISSERA, I. T. *Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos na região do Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante*. Florianópolis. EPAGRI (Boletim Técnico 79). 1996, 46p.

- SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; DIAS, L. F. X. *Método rápido para determinação da qualidade fertilizante do esterco líquido de suínos a campo*. Agropecuária Catarinense. EPAGRI. Florianópolis. 1995a. v.8, n. 2, p.40-43.
- SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; DIAS, L. F. X. *Potencial do esterco líquido de suínos da região do Oeste de Santa Catarina*. Agropecuária Catarinense. EPAGRI. Florianópolis. jun. 1995b. vol. 8, n. 2, p.35-39.
- SCHMIDT, D. R.; JACOBSON, L. D.; SCHMITT, M. A. *A manure management survey of Minnesota swine producers: summary of responses*. Applied Engineering in Agriculture. American Society of Agricultural Engineers. 1996. v.12(5), p.591-594.
- SCHMITT, D. R. *Avaliação técnica e econômica da distribuição de esterco líquido de suínos*. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. RS.
- SCHMITT, M. A., SCHMIDT, D. R., JACOBSON, L. D. *A manure management survey of Minnesota swine producers: effect of farm size on manure application*. Applied Engineering in Agriculture. 1996. American Society of Agricultural Engineers. v.12(5), p.595-599.
- SIMON, J.C. *Contamination par les effluents d'élevage*. Seminaire alteration et restauration de la qualité des eaux continentales. 1992. Port Leucate. p.6-11.
- SNOEYINK, V. L. & JENKINS, D. *Water chemistry*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 1980. 463p.
- SPEECE, R. E. *Environmental requirements for anaerobic digestion of biomass*. Advances in Solar Energy, Boër K. W., Duffie J. A. (eds). ASES. 1985.
- STEVENS, M. A. & SCHULTE, D. D. *Low temperature anaerobic digestion of swine manure*. Journal of The Environmental Engineering Division, Proceeding of The American Society of Civil Engineers. v.105, No EEI, Feb. 1979.

- STRAUCH, D. *Manejo dos problemas de higiene das grandes criações em regime de confinamento*. Tradução de Nicoleta Theodoro Nicolacopulos. Florianópolis. ACARESC, 1989. 12p.
- TEDESCO M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. et al. *Análise de solo, plantas e de outros materiais*. 2 ed. rev. e ampl., Departamento de solos. 1995. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- VERSTRAETE, W., DE BAERE, L., ROZZI, A. *Phase separation in anaerobic digestion; motives and methods*. Cebedoc Editeur, Liège, Belgique, 1981. p.367-375.
- VINCINI, M.; CARINI, F.; SILVA, S. *Use of alkaline fly ash as an amendment for swine manure*. Bioresource Technology. v. 49, n 3. 1994. Universita Cattolica del Sacro Cuore. Piacenza, Italy. p.213-222.
- YANG, P. Y. & MOENGANGONGO, T. H. *Operational stability of a horizontally baffled-anaerobic reactor for diluted swine wastewater in the tropics*. American Society of Agricultural Engineers, vol. 30(4). July-Aug. 1987. p.1105-1110.
- ZHANG, R. H. & DAY, D. L. *Anaerobic decomposition of swine manure and ammonia generation in a deep pit*. Transaction of the Asae. 1996. v. 39, n. 5, p.1811-1815.

**ANEXOS**

**ANEXO 1****MODELO DE QUESTIONÁRIO APLICADO NA CARACTERIZAÇÃO****CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE ESTOCAGEM DE DEJETOS EM PROPRIEDADES SUINÍCOLAS DE SANTA CATARINA**

1- NOME SUINOCULTOR: \_\_\_\_\_ PR./INTEGR. \_\_\_\_\_

LOCALIDADE: \_\_\_\_\_ MUNICÍPIO: \_\_\_\_\_ TEL.: \_\_\_\_\_

2- ÁREA PROPRIEDADE: \_\_\_\_\_ ha ( \_\_\_\_\_ % aptidão agrícola); MATO/REFLOREST.: \_\_\_\_\_ ha

LAVOURAS: \_\_\_\_\_ ha; PASTAGEM: \_\_\_\_\_ ha; CAPOEIRA: \_\_\_\_\_ ha; utras \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_ ha

3- AVES- Nº DE AVES (comercial): \_\_\_\_\_; VOLUME ESTERCO PRODUZ.: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/ANO

DESTINO DO ESTERCO: (lavoura, vende, não aproveita - eificar) \_\_\_\_\_

4- BOVINOS- Nº TOTAL: \_\_\_\_\_; Nº VACAS: \_\_\_\_\_; Nº ANIMAIS TAB./CONFIN.: \_\_\_\_\_

ESTERCO PRODUZ.(estábulo) \_\_\_\_\_ litros/dia; TIPO DEPÓSITO: \_\_\_\_\_

DESTINO DO ESTERCO: (bioester., esterqueira, lavoura, vende, não aproveita - pecificar) \_\_\_\_\_

5- SUINOCULTURA- TIPO CRIAÇÃO: UPL:  ; TERMINAÇÃO  ; CICLO COMPLETO 

Nº MATRIZES: \_\_\_\_\_; Nº LEITÕES MATERNIDADE: \_\_\_\_\_; Nº LEITÕES RECHE: \_\_\_\_\_;

Nº ANIMAIS RECRIA/TERMINAÇÃO: \_\_\_\_\_; Nº ANIMAIS REPOSIÇÃO: \_\_\_\_\_

Nº REPRODUTORES: \_\_\_\_\_; TOTAL: \_\_\_\_\_; Nº LEITÕES PROD. ORCA/ANO: \_\_\_\_\_

**6- RAÇÃO SUÍNOS- COMPOSIÇÃO**

TIPO DE RAÇÃO	milho (kg)	concent (kg)	soja (kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	Total (kg)	local fabric.
REPRODUÇÃO									
ALEITAMENTO									
CRECHE									
RECRIA/TERM.									

7- CONSTRUÇÕES SUÍNOS- ALVENARIA:  ; MADEIRA:  ; MISTA TIPO DE PISO- RIPADO:  ; COMPACTO:  ; SEMI-COMPACTO: TIPO DE BEBEDOURO PREDOMINANTE- CHUPETA:  ; NÍVEL:  ; CONCHA: BEBED. DESPERDIÇANDO- \_\_\_\_\_% - D. LENTO:  D. RÁPIDO:  DESPER.: \_\_\_\_\_ L/diaCALHA- INTERNA:  ; EXTERNA:  (Coberta:  Descoberta:  )

**8- MANEJO DEJETOS SUÍNOS-**PRODUÇÃO DEJETOS: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/ANO

SISTEMAS DE DEJETOS (câmara ferm. bioester., depós. bioest., esterq.conven., biodig., lagoa, etc)

TIPO DE UNIDADE	Dimensionam. LxCxh (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	T. Deten. (Dias)	* Tipo de Revestimento	Cobertura (Sim/Não)
TOTAL	XXXXX		XXXX	XXXXXXX	XXXX

\* REVESTIMENTO: nenhum, lona plástica, pedra, alvenaria, etc.

COMPOSIÇÃO DEJ. SISTEMA- SUÍNOS: \_\_\_\_\_%; BOVINOS: \_\_\_\_\_%; outros \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_%

ALIMENTAÇÃO SIST. DEJETOS: CONTÍNUA: ; PERIÓDICA:  (\_\_\_\_ VEZES/MES)SISTEMA LIMPEZA PISO- MANGUEIRA: ; RASPAGEM: ; outros \_\_\_\_\_: FREQ. LIMPEZA: \_\_\_\_\_ dias; GASTO ÁGUA- LIMPEZA \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/ano; TOTAL \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/ano

DESTINO DEJETOS- LAVOURA: \_\_\_\_\_%; PASTAGEM: \_\_\_\_\_%; outros \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_%; RIO: \_\_\_\_\_%

UTILIZAÇÃO- PROPRIEDADE: \_\_\_\_\_%; VIZINHOS: \_\_\_\_\_%; FREQ. ESVAZIAM: \_\_\_\_\_ vezes/ano

FORMA APLICAÇÃO- DISTRIBUIDOR: ; ASPERSOR ; outras \_\_\_\_\_: EQUIPAMENTOS DISTRIBUIÇÃO- PRÓPRIO: ; PREFEITURA: ; TERCEIROS: DISTÂNCIA ESTOCAGEM- APLICAÇÃO: \_\_\_\_\_ km; MÉDIA VOL. APLICADO: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/ha.ANO  
ÁREA ADUBADA; \_\_\_\_\_ ha/ANO; PRODUTIVIDADE: \_\_\_\_\_ sc./ha (cultura \_\_\_\_\_)**9- INFORMAÇÕES DO PROPRIETÁRIO**

1- PORQUE ESTÁ UTILIZANDO ESTE SISTEMA?

\_\_\_\_\_

2- QUAIS AS VANTAGENS E AS DESVANTAGENS?

\_\_\_\_\_

3- QUAIS AS SUGESTÕES PARA MELHORAR O SEU SISTEMA?

\_\_\_\_\_

OBSERVAÇÕES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**10- CROQUI DO SISTEMA DE MANEJO DE DEJETOS:**

DATA \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**ANEXO 2****CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE ARMAZENAGEM DE DEJETOS SUÍNOS A CAMPO****Relação dos suinocultores entrevistados**

<b>Ref</b>	<b>NOME</b>	<b>Integração</b>	<b>Comunidade</b>	<b>Município</b>	<b>Telefone</b>
1	Othmar Otto Deuner	Sadia	Lag. Quirino	Arabutã	.
2	Anselmo Gollo	Sadia	Pres. Kennedy	Concordia	.
3	Antonio Menegatti	Sadia	Planalto	Concordia	(049)4390006
4	Avelino Herpich	Sadia	Lag. Paulino	Concordia	.
5	Cezar Pellizzaro	Sadia	Lageado Pintos	Concordia	(049)4429544
6	Constante Pavan	Sadia	Linha Sao Paulo	Concordia	.
7	Itacir Tavariol	Sadia	Linha Coqueiros	Concordia	(049)4425279
8	Lauri Auler	Sadia	Linha Sertao	Concordia	.
9	Nilso Scortegagna	Sadia	Linha Oito Maio	Concordia	.
10	Osorio Savoldi	Sadia	Cachimbo	Concordia	(049)4444347 R.034
11	Valdir Andognini	Sadia	Linha Sta. Lucia	Concordia	(049)4425284
12	Victorino Nespolo	Sadia	Santo Antonio	Concordia	.
13	Wildfried Zang	Sadia	Lin. dos Pintos	Ipira	.
14	Gilberto Neis	Sadia	Dois Irmaos	Ipumirim	.
15	Miguel Alberton	Sadia	Cordilheira	Ipumirim	.
16	Jorge Leoratto	Sadia	Pigosso	Irani	.
17	Almito Gavazoni	Sadia	Lin.S.Francisco	Jabora	(049)5261208
18	Dirlei Mores	Sadia	Aguas Belas	Jabora	.
19	Luiz A. Rizello	Sadia	XV Novembro	Lindoia	(049)4913600 R.237
20	Joao Gugel	Sadia	Sanga Martins	Lindoia	.
21	Nivaldo Wuaden	Sadia	Peritiba	Peritiba	(049)4531134
22	Calixto ZanESCO	Sadia	Linha Imigra	P. C. Branco	(049)4571244 R.21
23	Silvino Bonotto	Sadia	Linha Banhado	P. C. Branco	.
24	Odilo Capelaro	Sadia	Linha Bonita	Seara	(049)4913820 R.28
25	Silverio MichaelSEN	Sadia	Linha Ipiranga	Seara	(049)4521122
26	Nestor Anicheski	Sadia	Sao Miguel	Xavantina	(049)4914215
31	Dilmar Morche	Ceval	Castro Filho	Arabuta	.
32	Laurindo Veruch	Sadia	Linha CapitaO	Arabuta	.
33	Ademir PoletO	Coperdia	Linha PoletO	Concordia	.
34	Jose J. Kugelmeier	Sadia	Lag. Guilherme	Concordia	.
35	Amelio Neis	Ceval	Dois Irmaos	Ipumirim	.
36	Fiorindo B. Prando	Sadia	Sede	Jabora	(049)5261128
37	Selvino Canton	Sadia	Linha Joana	Lindoia	.
38	A.Finger e C. Horn	Coperdia	Linha Gaucha	Peritiba	(049)4531126
39	Roque Jose Ely	Sadia	Lin. Bornhausen	Peritiba	(049)4531150
40	Aragao Pilger	Sadia	Lin. Hachmann	Piratuba	.
41	Norberto Ingo Fries	Sadia	Lin.Hachmann	Piratuba	.
42	Claudio Hubner	Coperdia	Lin.Hachmann	Piratuba	.
43	Lairton Pagliari	CoopAlfa	Nova Uniao	Marema	(049)7540196 R.23
44	Darci Guerra	Coperdia	Baia Baixa	P. Serrada	.
45	Albino Varnier	Chapeco	Vila Diadema	Xaxim	(049)7531103
46	Ademar Petri	Sadia	Linha Pelotas	Arabuta	(049)4912506
47	Ovidio N. Bauditz	Sadia	Bom Sucesso	Ipumirim	.
48	Celso Bauditz	Sadia	Bom Sucesso	Ipumirim	.
49	Luiz C. Fritsch	Sadia	Lageado Borges	Ipumirim	.

50	Walmor Horn	Sadia	Linha Sta. Cruz	Ita	.
51	Ernesto Coradi	Perdigao	Sede	Jabora	(049)5261319
52	Raimundo Marcante	Coperdia	Baia Baixa	P. Serrada	.
53	Humberto Laux	Coperdia	Linha Canoas	Arabuta	.
54	Zeferino Vinaga	Sadia	Cachimbo	Concordia	.
55	Jose Goncalves	Ceval	Linha Alegre	Ita	.
56	Honoireves Zavaski	Chapeco	Linha Flor	Xaxim	(049)7532152
57	Hilario Sperotto	Perdigao	Nova Sarandi	Fax. Guedes	.
58	Adelmo Daga	Sadia	Barra Grande	Fax. Guedes	(049)4360020
59	Hilario Santin	Perdigao	Gruta Boa Esp.	Fax. Guedes	.
60	Silvestre Daltoe	Ceval	BR 282 Km484	Fax. Guedes	.
61	Mario Foppa	Aurora	Saudadinha	Galvao	.
62	Dirceu Geremia	Ceval	Divisa Aguas	Xavantina	(049)4541166 R.27
63	Moacir Pelizza	Ceval	Linha Pelizza	Xavantina	(049)4914205
81	Oscar Contini	Sadia	Linha Gloria	Caibi	.
82	Cerilo B. Naibo	CoAlris	Rosario	Caibi	.
83	Joao Slaviero	CoAlris	Linha Aparecida	Caibi	.
84	Dilvali Trevisan	Perdigao	Gaucha	Caibi	.
85	Moacir Joao Secco	Chapeco	Rosario	Caibi	.
86	Alcides Orso	Chapeco	Colonia Cella	Chapeco	(049)7280311
87	Paulo Munarini	Chapeco	Faxinal Rosa	Chapeco	.
88	Hildo Dracoce	CoAlris	Maria Goretti	Palmitos	.
89	Gomercindo Angonese	Caslo	Santo Antonio	S.L.d Oeste	.
90	Luiz Angonese	Caslo	Santo Antonio	S.L.d Oeste	.
91	Divanir Coser	CoopAlfa	Rodeio Bonito	Chapeco	(049)7531544 R.32
92	Dorvalino Ciquelero	Chapeco	1 Batistello	Chapeco	.
93	Agenor Maggioni	Sadia	Lin. Gen. Osorio	Cordilheira	(049)7280040
94	Valdecir Gahio	CoopAlfa	Sete Setembro	Irati	(049)7463241
95	Iracildo Lazaroto	Chapeco	Sede	N. Horizonte	.
96	Virginio Zamarchi	CoopAlfa	Nova Guaira	N. Horizonte	.
97	Zito R. Delazare	CoAlris	Tres Pinheiros	Palmitos	.
98	Valdir Bao	Sadia	Sede	Serra Alta	.
99	Roque C. lunges	Coltaipu	Lin. Nova. Horiz	Serra Alta	(049)7653072
100	Deoclides Barp	Nao int.	Nucleo	Chapeco	.
101	Ademir Paniz	CoopAlfa	Linha Seca	Nova Erechim	.
102	Ari Gasparin	Chapeco	Linha Lambari	Iraceminha	(049)8919205
103	Germano Trombetta	CoAverde	Linha Campinas	Iraceminha	.
104	Valentin Bernardi	CoAverde	Alto Bigua	Iraceminha	.
105	Ivo Decesaro	CoopAlfa	Linha Janeiro	Quilombo	(049)7463287
106	Deoclides Isoton	CoopAlfa	Sao Braz	Quilombo	(049)7463287
107	Marino Wichert	Coltaipu	Sao Carlos	Sul Brasil	.
108	Joveli Cassaro	CoopAlfa	Sto A. do Meio	U. do Oeste	(049)7481158
109	Gomercindo Daniel	CoopAlfa	Sede	U. do Oeste	(049)7481113
110	Jose e Luiz Ruver	Sadia	Bela Vista	Sao Carlos	(049)7254054
111	Paulo Hoss	CoopAlfa	Sao Joao	Sao Carlos	.
112	Pedro Riffel	CoopAlfa	Sao Bernardino	Campo Ere	.
113	Evaldo Krindges	CoopAlfa	Sao Bernardino	Campo Ere	.
114	Wilso Alessi	CoopAlfa	Rio Azul	Jardinopolis	(049)7481204
115	Paulo Wendling	Coltaipu	L. Riqueza	Pinhalzinho	(049)7661311
116	Agostinho Mayer	Coltaipu	L. Riqueza	Pinhalzinho	(049)7661311
117	Alcides Casagrande	CoopAlfa	Barao Triunfo	Formosa Sul	.
121	Dirceu Taffarel	CSMiguel	D. Grapia	Paraiso	(049)8211311
122	Dalvino Taffarel	CSMiguel	D. Grapia	Paraiso	.
123	Armelindo Marangon	CSMiguel	Lin. A. Cacador	S. M. Oeste	.
124	Nartisio Slaviero	CSMiguel	Linha Parda	S. M. Oeste	.

125	Sergio Maziero	CSMiguel	Santa Rita	S. M. Oeste	(049)8210614
126	Valdecir Lovatel	CoSLucia	Famoso	Descanso	.
127	Argentino Ziliotto	CoSLucia	Sede	Descanso	.
128	Adelino Triches	CoSLucia	Leste	Descanso	.
129	Nadir Seguetto	CoSLucia	Vorazinho	Descanso	.
130	Granja Potrich	Coperita	Santo Antonio	S.J.do Cedro	(049)8430000
139	Nelson Rosanelli	CoSLucia	Vora	Descanso	.
140	Volmir Scaranti	CoSLucia	Bela Uniao	Belmonte	.
151	Izidio Andreis	Cooperio	Linha P. Baixo	Ouro	.
152	Nadir Mores	Perdigao	Pinheiro Meio	Ouro	.
153	Avelino Masson	Perdigao	Linha P. Alto	Ouro	.
154	Jose Grezele	Cooperio	Linha P. Baixo	Ouro	.
155	Pedro Ferradin	Perdigao	Serra Alta	H. do Oeste	(049)5222050
156	Antonio L. Zanella	Nao int.	Boa Esperanca	H. do Oeste	.
157	Adelino Lovato	Perdigao	Linha Antinha	Joacaba	.
158	Luis Carlos Motta	Perdigao	Leozinho	Joacaba	(049)5231481
159	Jose Basso	Nao Int.	Santa Clara	Joacaba	.
160	Ivair Galafassi	Perdigao	Sao Francisco	Tangara	.
161	Olivo Samistraro	Perdigao	Sao Miguel	Tangara	.
162	Arnildo Rauber	Perdigao	Gramado Leite	Ibicare	(049)538173
163	Lucio P. Rhoden	Cooperio	Sao Jose	Ibicare	(049)538221 R.27
164	Sebastiao Mannes	Cooperio	Linha Triangulo	Ibicare	(049)538201
165	Darci Albiero	Perdigao	Sao Paulo	Lacerdopolis	.
166	Euclides Flamia	Perdigao	Sao Bras	Lacerdopolis	(049)5222634 R.22
167	Olize Bonamigo	Coolacer	Sto Antonio	Lacerdopolis	.
168	Derci Darold	Perdigao	Sao Luiz	Lacerdopolis	.
169	Antonio C. Ramela	Perdigao	Barreiros	H. do Oeste	(049)5220580 R.25
170	Adenis Bilibio	Perdigao	Boa Esperanca	H. do Oeste	.
181	J. e C. Munaro	Perdigao	Rio das Pedras	Videira	(049)59803786
182	Dirceu Antonio Moro	Perdigao	Linha Catani	Videira	.
183	Ari Catani	Perdigao	Linha Catani	Videira	(049)5311195
184	Silvino Bolzani-A	Perdigao	Aparecida	Videira	(049)5332406 R.27 -
185	Silvino Bolzani-B	Perdigao	Aparecida	Videira	(049)4332406 R.27 -
191	Honorino Santore	CoSLucia	Linha Famoso	Descanso	.
192	Valdir F. Viganó	CoSLucia	Pratinha	Descanso	.
193	Dircinha Grassioli	CoSLucia	Linha Burim	Descanso	(049)8230127
194	Egidio Fransozi	Ceval	Daltro Filho	Guaraciaba	.
195	Romeu Cossul	CSMiguel	Linha Olimpico	Guaraciaba	.
196	Dionisio Cossul	CSMiguel	Linha Olimpico	Guaraciaba	.
197	Miguel Hofer	Coperita	Linha Chapeu	Itapiranga	.
198	Olavo Welter	Coperita	Linha Chapeu	Itapiranga	.
199	Roque Eyng	Ceval	Linha Cotovelo	Itapiranga	.
200	Blasio Baumgratz	Coperita	Guabiroba	Itapiranga	.
201	Zanir Barato	Perdigao	Linha Perola	SM do Oeste	(049)8220646
202	Angelino Weber	Chapeco	Linha Camboim	SM do Oeste	.
203	Ivo Barbieri	Sadia	Linha Waldemar	SM do Oeste	.
211	Celso R. Sauer	Coperdia	Lin. Marchesan	Concordia	.
212	Idair Pizzolatto	Coperdia	Santo Antonio	Concordia	(049)4422044
213	Joao Zuchi	Coperdia	Terra Vermelha	Concordia	.
214	Altir M. Ovarotto	Coperdia	Pres. Kennedy	Concordia	(049)4422044
215	Ademir Poletto	Coperdia	Linha Poletto	Concordia	.
216	Joao P. Depra	Coperdia	Pinheirinho	Ita	.
217	Vilmo Pelegrin	Coperdia	Linha Salete	Ita	.
218	Luiz Dreon	Coperdia	Lin. Sao Pedro	Seara	.
219	Jose Berno	Coperdia	Linha Berno	Seara	.

220 Aurelio Vani	Coperdia	Rui Barbosa	Seara	.
221 Cenesio Rove	Coperdia	Sao Pedro	Seara	(049)4521122
222 Ivair Berno*	Coperdia	Linha Berno	Seara	.
223 Deonildo Montag	Coperdia	Lageado Manso	Ipumirim	.
224 Alcino Kleemann	Coperdia	Linha Jundiai	Arabuta	.
225 Abilio Rauschkolb	Coperdia	Linha Paraiso	Arabuta	.
226 Alcides Tassi	Coperdia	Planalto	Concordia	(049)4390005
227 Gilberto Frigo	Coperdia	N. Sra Lourdes	P.C.Branco	(049)4571186

### **ANEXO 3**

#### **COLETOR DE AMOSTRA DE PROFUNDIDADE**

O *coletor de amostra de profundidade*, foi desenvolvido especialmente para ser utilizado no experimento, é mostrado na Figura esquemática e Fotos abaixo .

Consiste basicamente, em um tubo tendo, em uma de suas extremidades (inferior), acoplado um registro de abertura-fechamento adaptado com roda dentada e, na outra extremidade (superior), também adaptada uma roda dentada com haste. As duas rodas dentadas são unidas por uma corrente-tração, permitindo a rotação de abertura e fechamento do registro, através do acionamento da roda dentada com haste da parte superior. Pode ser fabricado em qualquer tamanho, sendo apropriado para coleta de material líquido ou líquido-pastoso, a qualquer profundidade ou de todo o perfil do depósito.

#### **Peças utilizadas**

Foram utilizadas as seguintes peças: registro de água; tubo condutor de água; roda dentada adaptada para acoplamento no registro em substituição a haste original; roda dentada adaptada para acoplamento na outra extremidade; correia; espia e cliques.

#### **Montagem**

A montagem consiste no acoplamento do registro adaptado em uma extremidade do tubo e a roda dentada na outra extremidade (parte superior), seguido da instalação da correia unindo as duas rodas dentadas. Para economia de correia, pode-se instalar na parte intermediária (entre as 2 rodas dentadas), uma espia adequada, fazendo a conexão com a correia através de cliques.

### Observação

Para possibilitar a coleta de diferentes camadas do meio líquido separadamente, instalar na(s) altura(s) conveniente(s), ao longo do tubo, registros normais que se fizerem necessários para a finalidade.

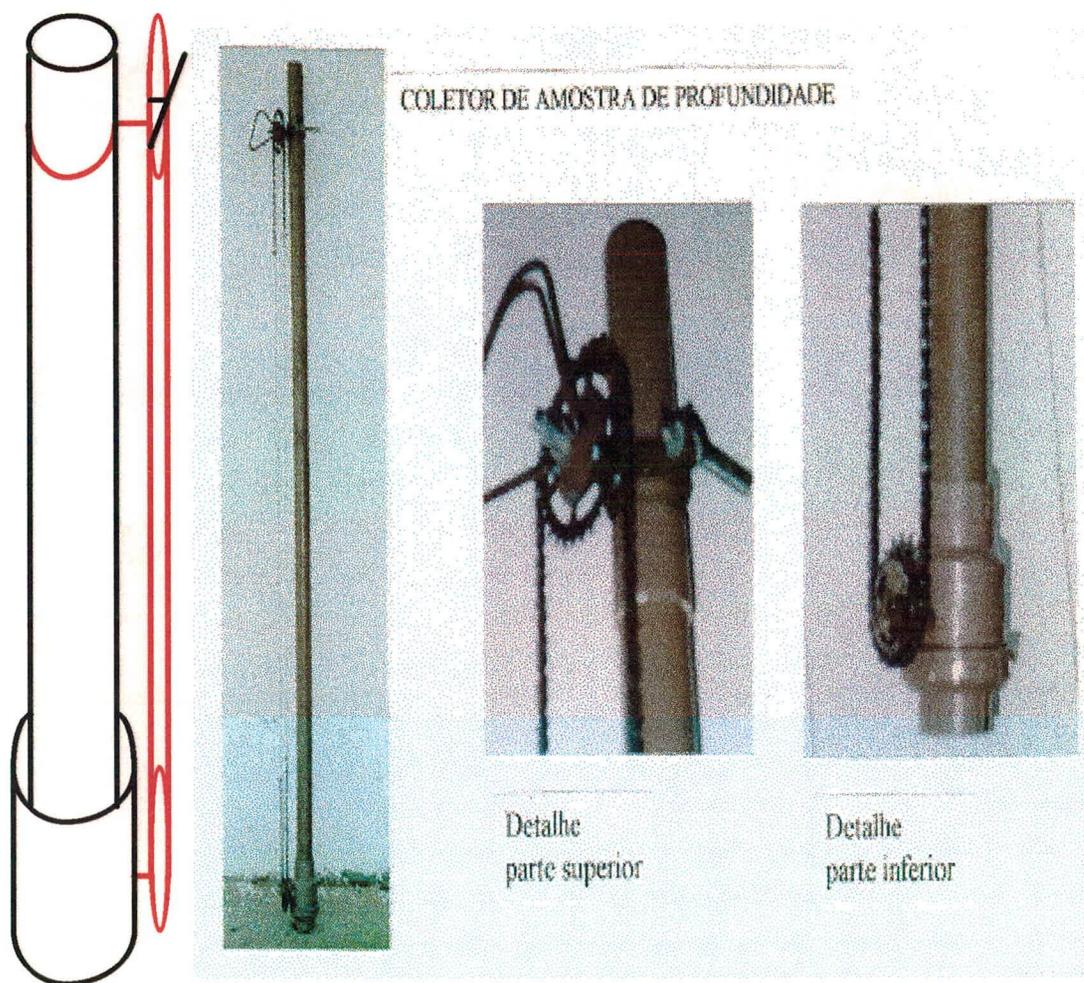


Figura esquemática e fotos com detalhes do coletor de profundidade

## ANEXO 4

### **Método Marino Tedesco - determinação de P e K - adaptação para análise de dejetos de suínos**

**Ref.:** TEDESCO M. J et all , *Análise de solo, plantas e de outros materiais*, 2 ed. rev. e ampl., Departamento de solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

**Autores:** Marino José Tedesco, Clesio Gianello, Carlos Alberto Bissani, Humberto Bohnen e Sérgio Jorge Volk Weiss.

#### A- PREPARO DA MISTURA DE DIGESTÃO:

- 100 g se sulfato de sódio.
- 10 g de sulfato de cobre.
- 1 g de selênio.
- . Triturá-los e misturá-los.

#### B-DIGESTÃO DAS AMOSTRAS

- . Preparar no tubo do digestor, 4ml de amostra, adicionar 2ml de peróxido de hidrogênio; 4ml de ácido sulfúrico concentrado e 1,4g da mistura de digestão.
- . Levar ao bloco digestor à temperatura de 150°C por 15 minutos, para evaporar água. Colocar funil de vidro em cada tubo.
- . Elevar a temperatura a 330°C, deixando nesta temperatura por 1 (uma) hora após atingir a cor esverdeada.
- . Deixar esfriar.
- . Transferir para balão de 250ml, completando o volume com água destilada.
- . Agitar.

#### C- CURVA PADRÃO MISTA FÓSFORO E POTÁSSIO

. **Solução padrão:** 1,736g de KCl + 150 g da solução 1000 ppm de P (***solução pronta do laboratório da Cidasc***) em balão de 500ml, completando o volume com água destilada. Dará uma solução com **300 ppm de P e 2200 ppm de K**.

. Medir 0,0, 0,5, 1,0, 2,0, 3,5 e 5,0ml da solução padrão e transferir a tubos de digestão.

. **Seguir item B.** digestão da amostra (adicionar a cada tubo 1ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 2ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,7g de mistura de digestão, bloco digestor).

. Na saída do bloco de digestão, depois de esfriado, completar os tubos de digestão até a marca aferida de 50 ml com água destilada.

. Transferir para frascos “snap-cap” de 90ml.

(Para fazer as soluções dos pontos da curva foi usado o dobro dos volumes acima, tudo posto em balão de 100ml, completado com água).

#### . **Estabelecimento das curvas do P e do K**

. Seguir procedimento de determinação de P: 1ml de extrato, 2ml água destilada, 3ml de molibdato de amônia-HCl e 3 gotas de ácido ascórbico, na determinação dos pontos da curva, ajustando o último ponto em 0,80 de ABS. Leitura espectrofotômetro em cubeta. Para leitura por aspiração usar respectivamente 5, 10 e 15 ml de extrato, água destilada e molibdato.

- . Anotar os valores correspondentes de absorvância de cada concentração de P, fazendo o ajuste linear dos pontos levantados . A inclinação “A” da reta é utilizada na determinação da concentração de P das amostras (=A x Abs x Fator diluição).
- . Seguir procedimento de determinação de K: retirar alicota de 1ml, adicionar 10ml de água destilada de cada ponto. Leitura fotômetro de chama, ajustando o último ponto de curva em 100.
- . Anotar os valores correspondentes da leitura do fotômetro de chama de cada concentração de K, fazendo o ajuste linear dos pontos levantados . A inclinação “A” da reta é utilizada na determinação da concentração de K das amostras (=A x leitura do fotômetro x Fd).

#### **6- DETERMINAÇÃO DE P TOTAL - Método Marino Tedesco**

Preparar para leitura com cubeta:

- 1ml do extrato de cada amostra.
- 2ml de água destilada.
- 3ml de solução de Molibdato/HCl.
- 3 gotas de ácido ascórbico ( após todas alicotas tiverem recebido solução de molibdato e, ao mesmo tempo, o que dará uniformidade na precipitação).
- . Agitar e determinar por absorvância à 660nm, depois de 15 minutos.
- ( Para leitura por aspiração usar respectivamente 5, 10 e 15 ml de extrato, água destilada e molibdato).

- . Calibrar o aparelho em 0,80 ABS com o ultimo ponto da curva (5 ppm).

#### **7- DETERMINAÇÃO DO FÓSFORO EXTRAÍVEL- Extrator Mehlich 1**

- . Diluir 2 ml de amostra em 50 ml de água destilada(proporção 1:25).
- . Agitar por 1 (uma) hora.
- . Filtrar.
- Preparar para leitura:
- 1ml do extrato de cada amostra
- 2ml de água destilada
- 3ml de solução de Molibdato/HCl
- 3 gotas de ácido ascórbico ( após todas alicotas tiverem recebido solução de molibdato e, ao mesmo tempo, o que dará uniformidade na precipitação).
- . Agitar e determinar por absorvância à 660nm, depois de 15 minutos.
- . Calibrar o aparelho em 0,80 ABS com o ultimo ponto da curva (5 ppm).

#### **8- DETERMINAÇÃO DE POTÁSSIO - Método Marino Tedesco**

Preparar para leitura em recipiente:

- 1ml do extrato de cada amostra.
- Adicionar 10ml de água destilada.
- Ler em fotômetro de chama, calibrado em 100 com o último ponto da curva (20ppm).

## **ANEXO 5**

### **EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

#### **Na unidade experimental (Cetre)**

- Moto-bomba de 0,5CV, modelo BC -91 SC, marca SCHNEIDER, adaptada com rotor aberto, utilizada na 1ª etapa.
- Motobomba de 2CV, adaptada com rotor aberto, utilizada na 2ª etapa.
- Trator com distribuidor de esterco líquido, para introdução do inóculo e esvaziamento dos depósitos de dejetos.
- Geladeira para conservação das soluções e amostras durante o período de análises.
- Coletador de amostra de dejetos de profundidade (Anexo 3).
- pH meter modelo HI8314 membrane, fabricado por HANNA Instruments, utilizado para medir o pH, Potencial Redox e temperatura.
- Densímetro de faixa de 1000 a 1100 peso específico 20/4°C, de marca ARBA AMARELL.
- Gasômetro artesanal, equipado com escala para medição de volume de gás produzido.

#### **No laboratório (Cidasc)**

- Bloco de digestão com capacidade para 40 amostras, monitorado com controlador de temperatura TECNAL, fabricado pela Sarge Aparelhos Científicos, utilizado na determinação do fósforo.
- Colorímetro fotoelétrico modelo B-340, fabricado pela Micronal, utilizado na determinação do fósforo.
- Fotômetro de chama modelo B 262, fabricado pela Micronal, utilizado na determinação do potássio.
- Centrífuga modelo 204-N, fabricado pela FANEM, utilizado na determinação da DQO e DBO<sub>5</sub>.
- Digestion System - modelo 1009 Digester, fabricado pela Tecator, utilizado na digestão das amostras para determinação do nitrogênio.
- Kjeltex System - modelo 1026 Distilling Unit, fabricado pela Tecator, utilizado na destilação para determinação do nitrogênio.
- Muflas - modelo Digi Mec/CH1, fabricado pela Indústria Forlabo Ltda- Kjeltex System - 1026 Distilling Unit, fabricado pela Tecator, utilizado na destilação para determinação de sólidos voláteis e fixos.
- Balança Digital “basis” modelo BA 210 S , fabricado pela Sartorius- Kjeltex System - 1026 Distilling Unit, fabricado pela Tecator, utilizado para pesagem das amostras.
- Agitador “idoso barulhento”, utilizado na determinação do fósforo extraível.
- Aparelho de determinação de DBO “BODTrak™”, fabricado pela HATCH COMPANY, utilizado na determinação da DBO<sub>5</sub>.
- Estufa com temperatura controlada em 20°C para instalação do aparelho da DBO<sub>5</sub>.
- Estufa modelo Oilidex cz, fabricado por Indústria e Comércio de Aparelhos Hospitalares. Ltda, utilizada para determinação dos sólidos totais.
- Banho maria.
- Destilador Biomatic modelo 2101, fabricado por BIOMATIC Aparelhos científicos Ltda, utilizado para destilar água.
- Chapa de aquecimento, com capacidade para 6 balões, modelo 25008, fabricado por Quimis Aparelhos, utilizada na determinação da DQO (demanda química de oxigênio).
- Capelas.