

GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS DA SUINOCULTURA E GERAÇÃO DE ENERGIA NO MUNICÍPIO DE XAVANTINA – SC

Maria Alessandra Mendes¹; Luciano Fedalto²; Carlo G. Filippin³; Renato G. De Oliveira⁴

RESUMO – A suinocultura em Santa Catarina é uma atividade bastante antiga no Estado, presente na maioria das pequenas propriedades agrícolas, empregando mão-de-obra familiar e constituindo-se importante fonte de renda e de estabilidade social. No município de Xavantina, na comunidade em avaliação (Linha Rio Claro), a suinocultura é representada por aproximadamente 22 mil cabeças de suínos, o que é bastante representativo frente à sua população, que não ultrapassa 4.500 habitantes. No entanto, há sérios problemas em relação ao atendimento da legislação ambiental atual. Apenas a exigência da atividade em áreas de uso estritamente rural é atendida por praticamente 100% das propriedades. A orientação legal é clara no que se refere à implantação de novos empreendimentos desta natureza, exigindo a realização de estudos de viabilidade técnica e ambiental, e impedindo a instalação daqueles em desacordo com os critérios exigidos. Há, entretanto, necessidade de se estudar alternativas para solucionar irregularidades locacionais e operacionais relativas a produtores estabelecidos antes do ano de 1986, quando a legislação ambiental ainda não estava vigente. A falta de recursos ou de alternativas de financiamento gera dificuldades para que critérios legais sejam atendidos. Equacionar estas variáveis (sociais, econômicas e ambientais) foi o principal objetivo deste projeto.

ABSTRACT – The swine farming in Santa Catarina is a very old activity in the state, in the majority of small farms, employing labor-family and becoming an important source of income and social stability. In the city of Xavantina, in the community in evaluation (Linha Rio Claro), the swine farming is represented by approximately 22 thousand heads of swine, which is quite representative of the population front, which does not exceed 4,500 inhabitants. However, there are serious problems in the care of current environmental legislation. Only the requirement of activity in rural areas of use is strictly attended by almost 100% of properties. The law is clear guidance regarding the deployment of new activity, requiring the completion of technical feasibility studies, environmental impact and preventing the installation of those in disagreement with the criteria. There are, however, need to study alternatives to address deficiencies and operational locacionais for producers established before the year 1986, when environmental legislation was not yet in force. The lack of resources or alternative funding creates problems for legal criteria are met. Consider these variables (social, economic and environmental) was the main objective of this project.

Palavras-chave: Gestão ambiental, biogás, resíduos sólidos

XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

Pesquisadora do Lactec – Depto de Recursos Ambientais. E-mail: alessand@lactec.org.br

Pesquisador do Lactec – Depto de Mecânica. E-mail: fedalto@lactec.org.br

Pesquisador do Lactec – Depto de Mecânica. E-mail: filippin@lactec.org.br

Aluno da UFPR – Estagiário Lactec. E-mail: rnt.g.oliveira@gmail.com

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A suinocultura em Santa Catarina é uma atividade presente na maioria das pequenas propriedades agrícolas, empregando basicamente mão-de-obra familiar, constituindo-se importante fonte de renda e de estabilidade social. A suinocultura é uma atividade bastante antiga no Estado, apresentando sérios problemas em relação ao atendimento aos critérios locacionais definidos pela legislação ambiental atual. Neste particular, apenas a exigência à prática da atividade em áreas de uso estritamente rural é atendida por praticamente 100% das propriedades.

O principal ponto de não atendimento às exigências legais ambientais diz respeito aos numerosos casos em que a manutenção de 30 metros de área de preservação permanente não é obedecida. Outra situação problemática refere-se às distâncias entre as habitações e núcleos populacionais que não atendem os 300 metros exigidos pela legislação, bem como as distâncias em relação às estradas, que em muitos casos são inferiores a 50 metros. Alguns casos, também de suma importância sanitária e ambiental, referem-se às propriedades que se encontram à montante de pontos de captação de água para fins de abastecimento público.

A poluição de mananciais hídricos com dejetos de suínos tem causado problemas sérios às populações rurais e urbanas. A presença de microorganismos patogênicos causadores de diarreias e verminoses, ou mesmo, de elementos químicos, como nitratos e/ou metais naqueles resíduos, tem causado surtos de doenças endêmicas em locais onde as águas se encontram contaminadas pelos mesmos.

A orientação legal é clara no que se refere à implantação de novos empreendimentos desta natureza, exigindo a realização de estudos de viabilidade técnica e ambiental, e impedindo a instalação daqueles em desacordo com os critérios exigidos. Há, entretanto, necessidade de se estudar alternativas para solucionar irregularidades locacionais e operacionais relativas a produtores estabelecidos antes do ano de 1986, quando a legislação ambiental ainda não estava vigente. Além dos seus bons índices de produtividade, muitos têm na suinocultura sua principal ou mesmo, única fonte de renda. A falta de recursos ou de alternativas de financiamento gera dificuldades para que critérios legais sejam atendidos.

Em Xavantina, na comunidade em avaliação (Linha Rio Claro), a suinocultura é representada por aproximadamente 22 mil cabeças de suínos, o que é bastante representativo frente à sua população, que não ultrapassa 4.500 habitantes. Considerando-se este número de animais, o volume líquido produzido pelos mesmos e pelo lavado na eliminação dos rejeitos das pocilgas, e seu resíduo sólido, resultam cerca de 154 mil litros de dejetos por dia e de 44 kg de esterco (7,00 litros/cabeça/dia e 2,30 kg/cabeça/dia) [Oliveira (1993)].

Sem o padrão adequado de localização, tratamento e/ou destinação, parte dos dejetos orgânicos depositados nas pocilgas são lixiviados ou lançados diretamente nos mananciais hídricos. Estudos preliminares de qualidade de água no rio Ariranha, [GESTAR (2004)], demonstram a necessidade emergente da adoção de sistema de gerenciamento de resíduos da suinocultura na região em questão.

Outro aspecto a se considerar é que a aplicação da legislação ambiental à suinocultura propiciou o desenvolvimento de sistemas de tratamento e/ou manejo dos dejetos pela iniciativa privada. Entretanto, os mesmos não têm sido devidamente caracterizados e avaliados quanto à sua eficiência por instituições oficiais de pesquisa. Neste sentido, vem sendo dada ênfase a tratamentos de dejetos de suínos através de lagoas de decantação, visando gerar efluentes “não poluentes” a serem despejados nos rios. Contudo, esta pode não ser uma opção econômica e ambientalmente sustentável a médio e longo prazos. Segundo dados de literatura, há casos em que os níveis de nitrogênio e fósforo permanecem elevados na água tratada, que em geral é despejada no manancial hídrico local, podendo estimular o desenvolvimento inconveniente de plantas aquáticas. No que se refere ao biofertilizante, porção líquida do rejeito, é conhecido o benefício da sua aplicação na agricultura. Esta prática, no entanto, tem sido aplicada sem os necessários critérios técnico-científicos, o que não confere credibilidade e sustentabilidade ao processo.

A digestão anaeróbica, entretanto, tem se mostrado o processo mais eficaz e de melhor sustentação, pois promove a formação de biofertilizantes e do gás metano, ambos com retorno econômico para o agricultor.

Todo o sucesso da implantação de um sistema de gerenciamento ambiental está vinculado aos hábitos e às necessidades da população. Dentro dessa abordagem, é importante que se considere a implantação de atividades que propiciem desenvolvimento econômico aliado à preservação dos recursos naturais e ações de recuperação de ambientes degradados. Neste particular, a educação ambiental foi uma etapa de suma importância para que o objetivo da sustentabilidade ambiental fosse atingido.

2. LEVANTAMENTO DE DADOS DA REGIÃO

2.1 O Município de Xavantina

2.1.1 Dados Físicos

- Xavantina, microrregião de Concórdia, oeste do Estado de Santa Catarina;
- Área do Município: 212,39 km²;
- População total: 4.391 habitantes;

- População Urbana: 933 hab;
- População Rural: 3.458 hab;
- Número de Propriedades Rurais: 958;
- Clima: Mesotérmico úmido (Cfa e Cfb);
- Temperatura média: 17,9°C.

2.1.2 Dados Econômicos

Xavantina é o maior produtor de suínos per capita do Brasil – são 25 animais por habitante. O município, localizado na Região Oeste do Estado, possui uma satisfatória infra-estrutura urbana e rural. Tem cerca de 750 propriedades rurais, todas localizadas em terrenos acidentados, o que dificulta a mecanização das lavouras. Os suinocultores trabalham num sistema de integração com as indústrias Ceval, Sadia, Chapecó, Perdigão e Aurora. O leite já é a segunda fonte econômica da cidade, com um rebanho de 15.000 cabeças, sendo 70% de gado leiteiro, com uma produção de 18.500.000 litros de leite anuais.



Figura 1: Foto aérea do município de Xavantina

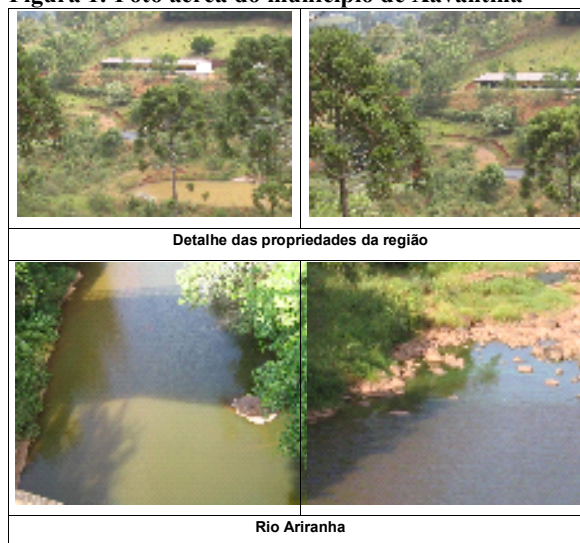


Figura 2: Detalhe das propriedades do município de Xavantina, e do Rio Ariranha

3. DEFINIÇÃO DOS LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO DOS BIODIGESTORES

A escolha dos locais envolveu decisões de ordem técnica, econômica e ambiental, sempre tomando como ponto determinante a relação **custo X benefício** pertinente ao programa sugerido no projeto.

Foi elaborada pela Prefeitura de Xavantina uma planilha das propriedades suinícolas localizadas na comunidade Rio Claro, bacia do Rio Ariranha, descrevendo aspectos de ordem geográfica (coordenadas cartográficas), econômica (número de cabeças e sistema de produção) e ambiental (forma de distribuição de dejetos).

Após o agrupamento das informações levantadas com a visita técnica, planilha de localização das propriedades, adequação de terreno, custos de investimento, processo a ser adotado e, principalmente, a receptividade dos proprietários, decidiu-se pela colocação de dois biodigestores denominados “protótipos” e, posteriormente, outros três adicionais.

3.1 Critérios para escolha das propriedades no município de Xavantina

3.1.1 *Condição fundamental entre 3,5 e 6 m³/dia de dejetos*

Esta condição estabelece um volume mínimo para produção de biogás, considerando-se a utilização de um conjunto moto-gerador com potência de 5 a 7 kVA. O limite superior reflete a dificuldade em se encontrar área disponível para instalação de biodigestores de porte maior que os propostos (8x16).

Critério 1

Na primeira visita do LACTEC ao local de implantação do projeto (município de Xavantina), foi apresentada a área já prevista para o processo, cedida pela Prefeitura em época anterior ao referido projeto, para instalação de um sistema de biodigestão.

Como esta área é de fácil acesso (terreno plano), e estava presente uma propriedade que desfrutava da área com uma lagoa de armazenamento (esterqueira), e com produção gerando volume de dejetos em quantidade interessante para o protótipo que se estava pleiteando (aproximadamente 5m³/dia), a equipe do LACTEC achou conveniente continuar na linha apresentada, instalando o sistema de biodigestão protótipo na propriedade do Sr Gilberto (Valentin) Batistella.

Este protótipo tem as seguintes dimensões:

- Um biodigestor de 256 m³ de volume de dejetos (8x16x2) e uma lagoa com 220 m³ de volume (10x11x2). Ressalta-se que existe, ainda, uma lagoa intermediária de propriedade do produtor, tornando o sistema ainda mais eficiente.

Critério 2

As propriedades em Xavantina operam, em sua grande maioria, ou com animais em terminação ou com matrizes (e seus leitões). Como já se tinha instalado um sistema em uma propriedade com animais em terminação, preferiu-se procurar outra propriedade com característica de “maternidade”, ou seja, matrizes e leitões. A condição de acesso facilitado, existência de terreno (área) para colocação do biodigestor e da lagoa, proximidade da outra propriedade (facilidade de monitoramento em ambas), bem como volume de dejetos interessante levou a escolha da propriedade do Sr Jandir Passarella.

Ressalta-se ainda como fator relevante a receptividade deste produtor à implantação do projeto, condição esta de extrema necessidade para o sucesso.

Critérios 3, 4 e 5

Como o projeto previa a aquisição de três biodigestores, a equipe adquiriu um terceiro sistema com as mesmas dimensões dos outros anteriores (8x16x2).

Além disso, a empresa fabricante dos biodigestores enviou para o município mais dois sistemas, com custo zero para o projeto. Um deles, em tamanho menor (6,5x12x2) que os anteriores, veio equivocado. Como foi um erro de remessa, a empresa achou mais conveniente “doar” este biodigestor, pois o transporte de retorno seria oneroso. O quinto biodigestor foi enviado em substituição ao sistema do Sr Batistella, nas mesmas dimensões (8x16x2). Como não foi necessária a substituição na época, decidiu-se por instalar em outra propriedade.

De posse destas informações (disponibilidade e tamanho dos biodigestores), a escolha destas 3 últimas propriedades favorecidas foi indicação da Prefeitura de Xavantina.

Dessa forma, aplicados os critérios mencionados e as considerações (indicações) da Prefeitura de Xavantina, os 5 biodigestores foram instalados nas seguintes propriedades:

1. Sr Gilberto (Valentim) Batistella (produção em terminação);
2. Sr Jandir Passarella (propriedade em Unidade Produtora de Leitões – UPL);
3. Sr Gilmar Batistella (produção em terminação);
4. Sr Eliseu Mate (propriedade em UPL) e
5. Sr Dodair Paludo (propriedade em UPL).

4. INSTALAÇÃO DO BIODIGESTOR PROTÓTIPO

O biodigestor “protótipo” está instalado na propriedade do Sr Gilberto (Valentim) Batistella, que opera no sistema de produção denominado “Terminação”. O esquema de alimentação e operação deste biodigestor pode ser observado na Figura 3.



Figura 3: Esquema de alimentação da proposta para tratamento de 600 suínos em terminação.

4.1 Características da propriedade 1 – Gilberto (Valentim) Batistella

A propriedade do Sr Batistella, selecionada para receber a primeira unidade piloto conta com um barracão e estruturas auxiliares (moinho e pequena unidade de fabricação de ração), com capacidade de trabalho de até 600 animais na fase de terminação. No entanto, atualmente opera com capacidade em torno 400 animais por ciclo, de aproximadamente 90-120 dias, em sistema de confinamento. Entre os fatores responsáveis pela capacidade ociosa, o produtor aponta a dificuldade de tratamento e gerenciamento dos dejetos.

A produção estimada de dejetos nesta unidade, considerada a população de suínos atual (400 animais) é de aproximadamente 4,0-4,5 m³ diários [Oliveira (1993)]. Considerando a capacidade máxima (600 animais/ciclo) a estrutura produz até 6,0 m³/dia. A medição local para unidades de terminação deve ser cautelosa, uma vez que a geração de dejetos varia e é proporcional ao porte dos animais, aumentando com o crescimento destes.

O sistema de tratamento em uso até então na propriedade constava de duas lagoas com dimensões aproximadas de 12 x 12 x 2,5m (1^a) e 10 x 15 x 2,5m (2^a). As lagoas não seguiam uma rotina de operação e eram carregadas em fluxo contínuo com dejetos. O sistema não contava com nenhuma fase preliminar de tratamento, importante para separação da areia e de resíduos grosseiros (pedaços de madeira, panos, seringas, etc) observados nas lagoas.

4.1.1 Sistema proposto para a propriedade do Sr Batistella

O sistema de tratamento de dejetos proposto é anaeróbio realizado através de biodigestores horizontais, também conhecidos como modelo Canadense, confeccionados em lona de PVC.

Os biodigestores foram dimensionados pela empresa fornecedora, prevendo-se um tempo de retenção dos dejetos entre 25 e 35 dias. Para complementação e polimento dos efluentes do biodigestor a empresa fornece ainda as lagoas, dimensionadas para um tempo de retenção de mais 25 a 35 dias.

Na Tabela 1 estão descritas todas as atividades pertinentes ao processo adotado.

Tabela 1: Descrição resumida do processo de tratamento proposto.

Tratamento	Dispositivo		Função
Preliminar	Caixa de entrada	Grade	• Remoção de sólidos grosseiros (paus, pedras, seringas, panos, etc)
		Desarenador	• Remoção de sólidos sedimentáveis grosseiros (areia de piso, carbonatos e concreções, fragmentos maiores de ração)
Primário avançado	Biodigestor		• Redução de 50 a 70% da carga orgânica (DQO) • Redução de Sól. Sedimentáveis • Redução de coliformes (3 a 4 vezes em escala logarítmica) • Geração de Biogás
Polimento	Lagoa		• Redução de nutrientes • Redução de coliformes
Tratamento complementar	Separador de Fases		• Retenção de sólidos sedimentáveis
	Tratamento no solo		• Evitar lançamento direto em corpos hídricos

O biodigestor é o principal componente do sistema, resultando o dispositivo com maior eficiência e indispensável para geração do biogás, um dos produtos do projeto. Neste foi também testado o acoplamento de um decantador (separador de fases). O dispositivo separador de fases foi proposto com a função de diminuir o teor de sólidos do efluente que sai do biodigestor e adentra as lagoas, ou seja, reduzir a carga de sólidos, melhorando a eficiência da lagoa. A produção de lodo neste dispositivo alcança em torno de 15 a 20% do volume de dejetos em circulação. Porém, a observação dos resultados levou à decisão de retirada do decantador e manutenção do sistema inicial (biodigestor + lagoas).

As lagoas anaeróbias têm a função de reduzir a carga orgânica e facilitar os tratamentos subsequentes (quando implantados). Muito embora as lagoas anaeróbias exijam área superficial pequena, requerem uma profundidade adequada para obter boa eficiência. Na configuração original do sistema adquirido da empresa SANSUY estas lagoas tem objetivo único de armazenar o resíduo para posterior envio a agricultura/pastagens, **não estando previsto o lançamento em corpos hídricos.**

As lagoas anaeróbias promovem a redução progressiva da carga orgânica e parte da carga mineral, embora não tenha essa função especificamente. A redução acontece principalmente em função do elemento químico, das condições climáticas, da especificidade dos microrganismos e do próprio manejo das lagoas, separador de fases e biodigestor. Alterações na dinâmica de qualquer uma das etapas de tratamento, conseqüentemente, promoverão variações à jusante.

Ao final da instalação deste sistema a equipe decidiu pela manutenção também da esterqueira existente antes do projeto. Ela funciona como uma lagoa de polimento adicional, dando maior tratabilidade ambiental ao dejetos. Assim, o sistema final é composto de um biodigestor e duas lagoas de polimento em série.

Em função de acomodação de solo após a terraplenagem realizada, ocorreu um ponto de acúmulo de água em volta do biodigestor. Este acúmulo nada interfere na produção de biogás, bem como no tratamento ambiental do dejetos suíno. Mesmo assim, por decisão do proprietário Sr Gilberto, e assumindo todos os custos advindos, o biodigestor foi substituído para correção do assentamento de solo.

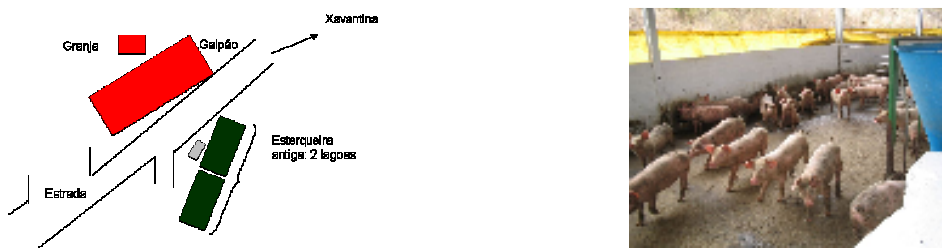


Figura 4: Propriedade do Sr Batistella – suínos em terminação



Figura 5: Lagoa (esterqueira) existente na propriedade antes da instalação do biodigestor



Figura 6: Início da terraplenagem na propriedade para instalação do biodigestor protótipo



Figura 7: Detalhe do acúmulo de água em função do assentamento do solo



Figura 8: Detalhe da caixa de distribuição de dejetos (entrada do biodigestor)



Figura 9: Instalação do decantador (separador de fases). Este dispositivo foi retirado do processo.

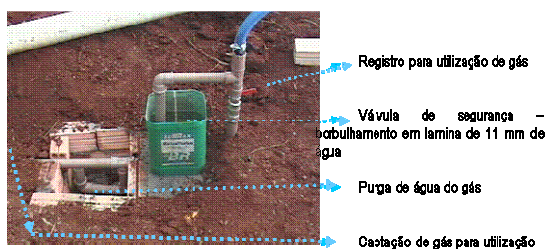


Figura 10: Detalhamento da saída de biogás



Figura 11: Primeiros testes com conjunto moto-gerador na propriedade do Sr Batistella



Figura 12: Testes realizados em dezembro de 2006 (aquecedores e detalhe da bomba (ambos a biogás))

5. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS EM AMOSTRAS DE SOLO E ÁGUA

Foram realizadas coletas de água superficial (Rio Ariranha), água para abastecimento (subterrânea – açude e poço) e solo no dia 15/08/2005, no município de Xavantina.

Os parâmetros ensaiados estão listados na tabela abaixo.

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados em amostras de solo e água

ÁGUA	SOLO
pH	pH
Fósforo Total	Potássio
Nitrogênio Total	Cálcio
Sólidos Totais	Magnésio
DBO	Sódio
DQO	Cobre
Potássio	Zinco
Cálcio	Manganês
Magnésio	Ferro
Sódio	Coliformes Totais e Fecais (termotolerantes)
Cobre	
Zinco	
Manganês	
Ferro	
Coliformes Totais e Fecais (termotolerantes)	

A escolha dos pontos de coleta foi baseada na necessidade de investigação da situação antes de instalação do biodigestor, para ter-se um comparativo de eficiência no saneamento ambiental da região. Os pontos de amostragem ficaram assim definidos:

- Água Superficial

- ⇒ P1 – Rio Ariranha, a montante da área destinada para instalação do biodigestor protótipo;
- ⇒ P2 – Rio Ariranha, na direção da área destinada para instalação do biodigestor protótipo;
- ⇒ P3 – Rio Ariranha (ponte), jusante da área destinada para instalação do biodigestor protótipo.

- Água para Abastecimento

- ⇒ Açude;
- ⇒ Água para consumo (poço artesiano).

- Solo

- ⇒ Montante da área destinada para instalação do biodigestor protótipo (profundidade 0-20 cm);
- ⇒ Montante da área destinada para instalação do biodigestor protótipo (profundidade 20-40 cm);

⇒ Jusante da área destinada para instalação do biodigestor protótipo (profundidade 0-20 cm);

⇒ Jusante da área destinada para instalação do biodigestor protótipo (profundidade 20-40 cm).

Tabela 3: Resultados dos ensaios em amostras de solo

Parâmetros	unidade	MONT 0-20	MONT 20-40	JUS 0-20	JUS 20-40
pH		6,7	6,7	4,2	4,2
Potássio	mg/kg	485	360	470	405
Cálcio	mg/kg	7100	3800	580	690
Magnésio	mg/kg	240	215	230	200
Sódio	mg/kg	65	55	80	65
Cobre	mg/kg	80	105	105	95
Zinco	mg/kg	35	35	30	30
Manganês	mg/kg	3000	2950	2350	2300
Ferro	mg/kg	5,8	7,25	8,65	8,55

Tabela 4: Resultados dos ensaios em amostras de água superficial (Rio Ariranha) e abastecimento (AÇUDE e POÇO)

Parâmetros	unidade	P1	P2	P3	AÇUDE		POÇO	
pH		7,3	7,3	7,4	ÁGUA PARA ABASTECIMENTO	7,0		7,4
Fósforo Total	mg/L	0,17	0,15	0,07		0,04		0,05
Nitrogênio Total	mg/L	4,2	4,1	3,4		1,1		2,8
Sólidos Totais	mg/L	93	91	101		87		156
DBO	mg O ₂ /L	1,9	2,3	2,0		1,5		<1,0
DQO	mg O ₂ /L	4,9	4,7	3,8		5,5		<2,0
Potássio	mg/L	3,0	2,9	2,15		0,4		0,25
Cálcio	mg/L	9,9	9,9	8,8		3,5		23
Magnésio	mg/L	4,0	4,0	3,6		2,0		3,3
Sódio	mg/L	4,2	4,15	4,0		1,6		12,9
Cobre	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03		<0,03		<0,03
Zinco	mg/L	0,05	<0,03	0,05		0,05		0,1
Manganês	mg/L	<0,03	0,05	<0,03		<0,03		<0,03
Ferro	mg/L	0,15	0,15	0,2		0,8		<0,05

6. ENSAIO DE BIOGÁS

O biogás é um dos subprodutos gerados em tratamentos do tipo anaeróbio, consistindo-se de uma mistura gasosa, com bom poder calorífico e combustível. A proporção de cada gás na mistura depende de vários parâmetros, como o tipo de digestor e o substrato a digerir. De qualquer forma, esta mistura é essencialmente constituída por metano (CH₄), que corresponde à parcela energética, e por dióxido de carbono (CO₂). O poder calorífico é diretamente relacionado com a quantidade de

CH₄ existente na mistura gasosa, apresentando ainda quantidades de nitrogênio (N₂), hidrogênio (H₂), gás sulfídrico (H₂S) e vapor de água [Van Haandel e Lettinga (1994)]; [Metcalf e Eddy (1991)]; [Azevedo Neto, (1961)]. O gás metano é o combustível por excelência do biogás. Desta forma, mais puro será o biogás quanto maior for seu teor de metano.

Tabela 5: Composição média de biogás.

Componente	Faixa de concentração
Metano (CH ₄)	50 a 75 %
Dióxido de Carbono (CO ₂)	25 a 40 %
Hidrogênio (H ₂)	1 a 3 %
Nitrogênio (N ₂)	0,5 a 2,5 %
Oxigênio (O ₂)	0,1 a 1 %
Sulfureto de Hidrogênio (H ₂ S)	0,1 a 0,5 %
Amônio (NH ₃)	0,1 a 0,5 %
Monóxido de Carbono (CO)	0 a 0,1 %
Água (H ₂ O)	Variável

FONTE: PIRES, N.J. Biogás – O aproveitamento dos resíduos orgânicos.

Na Figura 13 são apresentados os resultados de qualidade e concentração dos principais gases componentes para o biogás gerado na propriedade do Sr. Gilberto Batistella, e uma concentração para referência. De acordo com as análises, o teor de metano (65,1%), que é o gás de maior interesse, apresenta-se em bastante satisfatório (>50%), comparativamente a média de composição geralmente encontrada na maioria dos biogases. A presença de oxigênio no biogás coletado em Castro é, possivelmente, contaminação de coleta, já que o processo de biodigestão é anaeróbio.

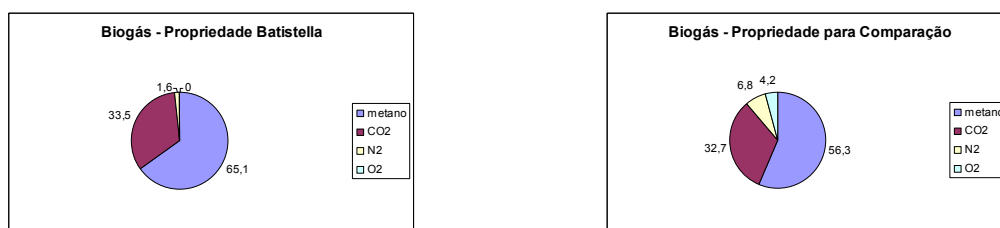


Figura 13: Composição média do biogás em Xavantina e propriedade para comparação (Castro – PR)

7. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE – BIOFERTILIZANTE

Para a avaliação da eficiência do sistema de tratamento são necessários monitoramentos periódicos e em longo prazo, pelo período mínimo de 01 ano, para que se possa avaliar adequadamente e com maior propriedade a influência das variações climáticas sobre a eficiência dos processos de redução da carga orgânica.

7.1 Metodologia de Trabalho

Foram avaliados os seguintes parâmetros: Alumínio (Al), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Ferro (Fe), pH, Fósforo

(P), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais voláteis (STV), Sólidos Totais fixos (STF), Sólidos Totais suspensos (STS), Sólidos Totais dissolvidos (STD), Óleos e Graxas (O&G), DQO, DBO. Os pontos de amostragem selecionados foram:

- i) Entrada do biodigestor;
- ii) Saída do biodigestor;
- iii) Saída do separador de fases (no sistema em que este mecanismo foi instalado);
- iv) Saída da lagoa 1.

7.2 Ensaios físico-químicos e microbiológicos no efluente (biofertilizante)

Foram realizadas 03 campanhas de amostragem na propriedade Batistella e 02 campanhas na propriedade Passarella, conforme descrito na Tabela 6.

As amostras foram coletadas pela equipe da Empresa Vitta. As campanhas de amostragem 1, 2 e 3 para a propriedade Batistella foram analisadas pelo Laboratório do LACTEC. Já as campanhas 1 e 2 da propriedade Passarella foram realizadas pelo Laboratório de Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC.

Foram utilizadas as metodologias analíticas descritas no [S.M.E.W.W. (1998)].

Tabela 6: Amostragens realizadas no decorrer do projeto

DATA	PROPRIEDADE	PONTOS DE AMOSTRAGEM	NÚMERO DE AMOSTRAS	PARÂMETROS ANALÍTICOS
Novembro 2005	BATISTELLA	Entrada biodigestor	1	Al, Cu, Pb, K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Fe, pH, P, ST, O&G
		Saída biodigestor	1	
Março 2006	BATISTELLA	biodigestor – interno (perfilamento da coluna)	04	Al, Cu, Pb, K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Fe, pH, P, ST, O&G
Maio 2006	BATISTELLA	Entrada biodigestor	1	Al, Cu, Pb, K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Fe, pH, P, ST, O&G
		Saída biodigestor	1	
		Saída Separador de Fases	1	
		Saída Lagoa	1	
Agosto 2006	PASSARELLA	Entrada biodigestor	1	DQO; P total; e Biogás
		Saída biodigestor	1	
		Saída Lagoa	1	
Agosto 2006	PASSARELLA	Entrada biodigestor	5	DBO; DQO; Ptotal; Ntotal; ST; STV; STF; STS; STD
		Saída Biodigestor	5	

8. RESULTADOS

8.1 Avaliações preliminares

Os valores observados para os teores dos metais demonstram um acréscimo nos teores de praticamente todos, exceto K. Isto indica que os elementos que deveriam estar permanecendo na massa sólida sedimentada no fundo do biodigestor estão saindo com o efluente. Acredita-se que esta situação ocorreu devido ao mecanismo de saída do efluente do biodigestor, ou seja, após análise dos dispositivos instalados verificou-se que a tubulação de saída estava instalada de forma incorreta (ao fundo do biodigestor), fazendo com que o material de fundo saísse no efluente. Para resolução do problema, este aspecto foi discutido junto à empresa fabricante do biodigestor. Percebe-se que esta característica persistiu ainda na segunda campanha, o que pode ser comprovado também pelas análises subseqüentes (Tabela 7). Os valores observados para o ponto BIOD-saída, confirmam o acréscimo nos teores da maioria dos metais, fósforo e óleos e graxas. Apenas K e Na, elementos extremamente solúveis, apresentam teores análogos entre entrada e saída do biodigestor.

Tabela 7: Caracterização físico-química (em mg/l) do efluente de entrada do biodigestor até entrada na Lagoa 1- propriedade Batistella – maio/2006 (com 01 mês de funcionamento do pós-tratamento).

PARÂMETROS	BIOD entrada	BIOD saída	SEP FASES sup	SEP FASES fundo	LAGOA 1 entrada	Índice de Remoção (%)
Al	6,75	22,20	19,00	55,00	5,15	23,70
Cu	5,10	13,50	13,50	44,00	3,05	40,20
K	96,50	96,70	97,50	100,00	96,20	0,31
Ca	230,00	540,00	435,00	2280,00	162,00	29,57
Mg	145,00	252,00	185,00	1070,00	27,50	81,03
Na	190,00	192,00	192,00	195,00	190,00	0,00
Zn	7,10	16,70	15,80	50,00	5,40	23,94
Mn	3,50	7,95	6,80	31,20	2,00	42,86
Fe	16,30	41,80	37,50	115,00	10,80	33,74
pH	8,10	7,60	7,70	7,50	7,70	4,94
P total	250,00	610,00	370,00	873,00	455,00	-82,00
ST	24236,00	24742,00	23203,00	50470,00	20795,00	14,20
O&G	62,00	108,00	105,00	149,00	78,00	-25,81
Pb	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	-

NOTA: Índice de remoção: comparação entre entrada no biodigestor e entrada da lagoa 1.

A Tabela 8 a seguir apresenta de forma detalhada os resultados da avaliação do processo.

Tabela 8: Resumo dos resultados de eficiência do biodigestor na remoção dos parâmetros analíticos.

Parâmetro	Média de eficiência	Justificativa
DBO	0,53	Remoção da fração biodegradável do dejetos
DQO	0,39	Remoção de matéria orgânica total, biodegradável (microrganismos) e não biodegradável e particulada por decantação.
DQO/DBO	- 0,30	Resultado da remoção da maior da fração biodegradável do dejetos, resultando na produção de gás
P total	0,41	Houve remoção significativa
N total	- 0,58	Houve aumento (solubilização) de N para a fase líquida
ST	0,09	Variável, não foi eficiente como esperado. Pode ser devido principalmente a gorduras que ficam em superfície e saem, explicando as DQO e DBOs elevadas do efluente
STF	- 0,16	Permaneceu mais ou menos semelhante, esperado por não ser biologicamente degradada, refletindo a maior estabilidade demonstrada pela relação SF/ST
STV	0,24	Redução por ação microbiológica (degradação e geração de gás) e sedimentação
STF/ST	- 0,27	Aumentou indicando que o efluente está mais estabilizado. Que a parte biodegradável (STV) foi reduzida e transformada em gás.
STdissolvidos	(0,00)	Na média estável, em função da hidrólise e arraste.
SS	0,16	Redução por decantação

8.2 Carga Orgânica

Os parâmetros DBO e DQO são os principais indicadores utilizados para quantificação da carga orgânica poluidora presentes em dejetos e resíduos. A DBO reflete essencialmente a concentração de compostos orgânicos de alta biodegradabilidade nos dejetos e efluentes. A DQO representa a demanda total de oxigênio necessária para oxidar toda a matéria orgânica presente nos dejetos, incluindo os compostos biodegradáveis (DBO) e aqueles passíveis de degradação apenas por agentes fortemente oxidantes. Em geral, dejetos suínos apresentam grande carga orgânica, com concentrações de DQO na faixa de 10.000 a 20.000 mg de O₂/L, variando principalmente com a quantidade de água utilizada na granja e com a idade dos animais.

Comparando-se as concentrações de dejetos brutos (entrada) e após o tratamento no biodigestor (saída), há uma redução média para DBO e DQO de 53% e 39%, respectivamente. Em

geral, a eficiência esperada para tratamentos anaeróbios em biodigestores convencionais situa-se na faixa de 50% (redução de DQO). Esta parcela de carga orgânica removida (DQO e DBO) foi transformada em biogás e células bacterianas. A eficiência do biodigestor pode ser medida, ainda, pela relação DQO/DBO, parâmetro que indica a biodegradabilidade do dejetos. Em média, a relação DQO/DBO de entrada (dejetos bruto) foi de 1,61, indicando média biodegradabilidade do dejetos. Em geral considera-se um efluente de alta biodegradabilidade quando a DQO/DBO está entre 2,5 e 3,0 (von SPERLING, 2001). Após o tratamento, na saída, a relação DQO/DBO do efluente do biodigestor aumentou para 2,08 indicando que parte da fração biodegradável foi decomposta, gerando biogás.

8.3 Estudos sobre geração de energia a partir do biogás

A produção teórica de biogás desejada é de 1 m³ de biogás/m³ de dejetos tratado, resultando uma produção de metano de 0,6 m³ de CH₄/m³ de dejetos tratado. Conforme esperado, os sistemas piloto atingiram cerca de 40% desta previsão. No entanto, o biogás surpreendeu na qualidade, atingindo 65% de teor de metano. Foram propostas 3 (três) utilizações para o biogás:

- Geração de energia elétrica com um conjunto moto-gerador de 5 kVA (sistema de terminação);
- Geração de energia elétrica num conjunto moto-bomba para lançamento de biofertilizante com alcance de 50 metros (sistema de terminação);
- Geração térmica (uso de aquecedores) para leitões em creche (sistema UPL).

AGRADECIMENTOS

A equipe agradece a contribuição dos consultores Eduardo Pegorini e Charles Carneiro que não se negaram, em nenhum momento, a ceder informações e considerações sobre o projeto.

BIBLIOGRAFIA

a) Livro

METCALF & EDDY. *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. 3ed. New York: McGraw-Hill, 1334 p. 1991.

S.M.E.W.W. – *Standard Methods for the Examination of Water em Wastewater*, 20º edition, 1998

b) Boletim informativo e manual

GESTAR – Ministério de Meio Ambiente. *Gestão Ambiental Rural*, 2004

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

c) Artigo em revista

AZEVEDO NETTO, J. M. (1961), *Aproveitamento do Gás de Esgotos*, Revista DAE, ano XXII, nº 41, p. 15-44, jun, e nº 42, p. 11-40, set.

von SPERLING, M.; *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, **2001**, 6, 149.

d) Artigo em anais de congresso ou simpósio

VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos*. Campina Grande: Epgraf, 1994.