



## **Geração de biogás e energia elétrica sustentável a partir do aproveitamento de resíduos da criação suinícola em um município de pequeno porte na Serra Gaúcha**

**Cariston Pinotti<sup>1</sup>, Juliano Rodrigues Gimenez<sup>2</sup>, Mauricio Dagostini Silva<sup>3</sup>, Vania Elisabete Schneider<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidade de Caxias do Sul – UCS.

(cpinotti@ucs.br)

<sup>2</sup> Instituto de Saneamento Ambiental – ISAM; Universidade de Caxias do Sul – UCS

(juliano.gimenez@ucs.br)

<sup>3</sup> Instituto de Saneamento Ambiental – ISAM; Universidade de Caxias do Sul – UCS

(mdsilva2@ucs.br)

<sup>4</sup> Instituto de Saneamento Ambiental – ISAM; Universidade de Caxias do Sul – UCS

(veschnei@ucs.br)

*Resumo: A suinocultura é uma atividade agropecuária com grande potencial poluidor devido ao modelo de criação intensiva caracterizado por grandes rebanhos em espaços reduzidos, concentrando a carga orgânica dos dejetos lançados normalmente em corpos hídricos das proximidades. Este trabalho propõe e avalia as potencialidades de um sistema integrado para a coleta, transporte e tratamento dos efluentes gerados na suinocultura em um município de pequeno porte com intensa atividade suinícola, dando assim um destino ambientalmente adequado para tais resíduos e ainda aproveitando seu potencial energético para a geração de biogás como fonte de energia elétrica, bem como avaliando sua conversão em créditos de carbono, contribuindo para a sustentabilidade da região.*

Palavras-chave: Suinocultura, biogás, créditos de carbono.

### **Área Temática: Planejamento Regional**

#### **1 Introdução**

A importância da água e da qualidade do ar como fator vital para a sobrevivência humana é um fato evidente e já bastante discutido em diversas áreas científicas. O crescimento populacional juntamente com o crescimento industrial são responsáveis pela degradação da qualidade das águas bem como da qualidade do ar. Atividades de criação agropecuária também têm contribuído significativamente para o agravamento deste quadro. A suinocultura é um exemplo de atividade que enquadra-se neste contexto.

A grande produção de efluentes gerados na suinocultura de forma concentrada tanto espacialmente quanto em termos de carga orgânica, por vezes não tem recebido o tratamento e destinação adequados, sendo responsável pela degradação de diversos corpos hídricos, fator este cada vez mais inadmissível, tamanho os problemas ambientais hoje vividos em todo o Planeta.

Este trabalho propõe um sistema de coleta, transporte e tratamento dos efluentes gerados na suinocultura no município de Santa Tereza, estado do Rio Grande do Sul, Brasil, aproveitando o biogás gerado no tratamento anaeróbio proposto para os efluentes, como fonte para geração



de energia elétrica, avaliando ainda a potencialidade econômica em termos de geração de créditos de carbono.

## 2 Caracterização do município de Santa Tereza

Santa Tereza está localizada na encosta superior do nordeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, pertencente a micro região de Caxias do Sul. A cidade possui uma população de aproximadamente dois mil habitantes, sendo que destes 70% localizam-se na área rural do município.

Santa Tereza é um dos 33 municípios que compõem o Conselho Regional de Desenvolvimento da Serra (COREDE–Serra). Os Coredes são uma forma de organização sócio-política do estado do Rio Grande do Sul, agrupando municípios de acordo com suas características e potencialidades regionais em termos de desenvolvimento. Os municípios que compõe o COREDE–Serra são apresentados na Figura 1, bem como a localização de Santa Tereza.

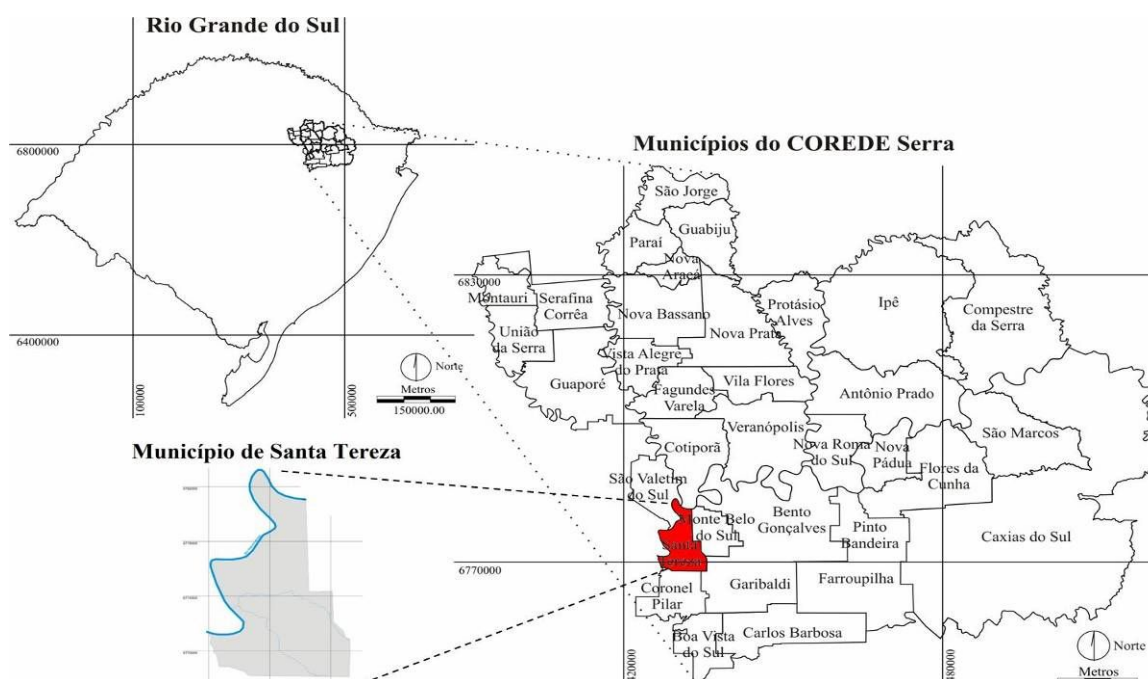


FIGURA 1 – Localização do Município de Santa Tereza no Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: PDRS-Rural Serra (2005).

## 3 A suinocultura no município de Santa Tereza

A atividade de suinocultura de porte comercial no município de Santa Tereza iniciou-se com a Cooperativa Santa Tereza que foi a primeira a introduzir a raça de suínos “Large White”, importados da Holanda e Alemanha no Brasil. Em seguida a raça se espalhou para todo o país. No ano de 1990 instalou-se na localidade a empresa Frangosul com 2.000 matrizes e um total de 8.000 animais. Em 1998 o grupo europeu Doux adquiriu a Frangosul, dando assim origem a sua filial no Brasil, a Doux Frangosul, que atualmente mantém no município um rebanho de aproximadamente 5.800 matrizes e um total de 12.800 animais. O município de Santa Tereza conta atualmente com 7 granjas suinícolas de porte comercial. As propriedades do município são caracterizadas por apresentar grandes capacidades de alojamento de animais e por serem especializadas nas atividades de produção de leitões (UPL), creche e sêmen, não existindo no município as atividades de ciclo completo, terminação e criação de fêmeas para reprodução. Dessas granjas, 4 são de propriedade direta



da Doux Frangosul, e as outras, de produtores integrados a ela. Na Tabela 1 apresentam-se os plantéis, tipo de criação e as coordenadas geográficas de cada propriedade.

TABELA 1 – Características de produção, rebanho e localização das granjas suínícolas do município de Santa Tereza.

Propriedade	Proprietário	Localização (coordenadas utm n/e)	Tipo de criação	Rebanho levantado (cabeças)	Capacidade instalada (cabeças)
P1	Produtor integrado	0428461 / 6774306	Creche	2200	2400
P2	Produtor integrado	0430599 / 6773309	Creche	2500	2500
P3	Doux Frangosul	0430782 / 6775036	Produtora de Sêmen	270	300
P4	Produtor integrado	0430090 / 6775152	Produtora de Sêmen	25	25
P5	Doux Frangosul	0430288 / 6772367	UPL com creche	1260	1533
P6	Doux Frangosul	0428397 / 6773788	UPL com creche	3183	3753
P7	Doux Frangosul	0430468 / 6771952	UPL sem creche	1804	2260
TOTAIS				11242	12771

Fonte: PDRS-Rural Serra (2006).

#### 4 Caracterização dos efluentes

Para a projeção de um sistema de tratamento eficiente para os efluentes gerados na suinocultura é necessário caracterizar estes efluentes, em termos de volume, características e propriedades intervenientes sobre os processos a serem propostos. Como a quantidade de cabeças de suínos por propriedade é conhecida, foi possível estimar esta caracterização quanti e qualitativa para cada uma das propriedades. A Tabela 2 apresenta estas estimativas da geração de efluentes, carga orgânica e principais nutrientes, em cada propriedade já identificada na Tabela 1.

TABELA 2 – Geração potencial de dejetos sólidos e efluentes e suas características nas atividades de suinocultura do município de Santa Tereza.

Propriedade	Número de Cabeças	Volume de efluentes (m3/dia)	Dejetos Sólidos (t/dia)	Carga orgânica (kgDBO/dia)	Nitrogênio (t/ano)	Fósforo (t/ano)	Potássio (t/ano)
P1	2.400	4,8	0,84	141,6	1,68	1,27	0,99
P2	2.500	5	0,88	147,5	1,17	0,89	0,69
P3	300	3	0,9	54,6	2,48	2,03	1,36
P4	25	0,25	0,08	4,55	0,15	0,12	0,08
P5	1.533	28,85	5,34	284,28	11,07	7,15	7,15
P6	3.753	53,43	9,89	569,646	20,76	13,53	13,53
P7	2.260	50,63	9,41	483,368	19,37	12,47	13,22
Totais	12.771	145,96	27,34	1.685.544	56,69	37,46	37,02

#### 5 Identificação de área para a instalação da Estação de Tratamento de Efluentes.

Dentre as 7 granjas existentes no município, identificam-se três delas (P5, P6 e P7) como as de maior potencial gerador de efluentes diários. Para balizar técnica e economicamente o empreendimento de uma Estação de Tratamento de Efluentes – ETE



integrada, é necessário que esta localize-se estrategicamente para facilitar o transporte destes efluentes desde o ponto de geração até o tratamento. Assim, um dos principais critérios para a busca de alternativas para a instalação da ETE, foi a proximidade com estas propriedades.

Inicialmente investigaram-se locais próximos às propriedades P5 e P7, já que essas propriedades são vizinhas próximas uma da outra (Figura 2). Esta alternativa teve de ser descartada, pois ambas as propriedades estão localizadas em Área de Preservação Permanente, ao lado de um rio afluente ao rio Taquari.

Como segunda alternativa buscou-se uma área próxima à propriedade P6. A instalação da ETE próxima a esta propriedade também tornaria o transporte dos efluentes acessível, já que os efluentes advindos das propriedades P1 e P6 poderiam ser transportados por gravidade, via tubulação.

Os efluentes das propriedades 5 e 7 também poderiam ser transportados via caminhões, já que a distância entre estas propriedades e a ETE é relativamente curta e a malha rodoviária apresenta boas condições para este. Nestas propriedades não é possível a condução dos efluentes até a ETE via tubulação devido as características desfavoráveis de relevo da região.

Esta alternativa, então, foi escolhida como a mais adequada, resumindo os critérios adotados de preservação de áreas ambientalmente protegidas, bem como facilidade de acesso dos principais geradores em termos de volumes diários, seja por gravidade via tubulação, seja por transporte rodoviário através de caminhões coletores. A Figura 2 apresenta a localização espacial das propriedades, das principais vias de acesso e dos principais cursos de água da região, indicando ainda a localização proposta para a ETE. A localização da ETE está destacada em amarelo.

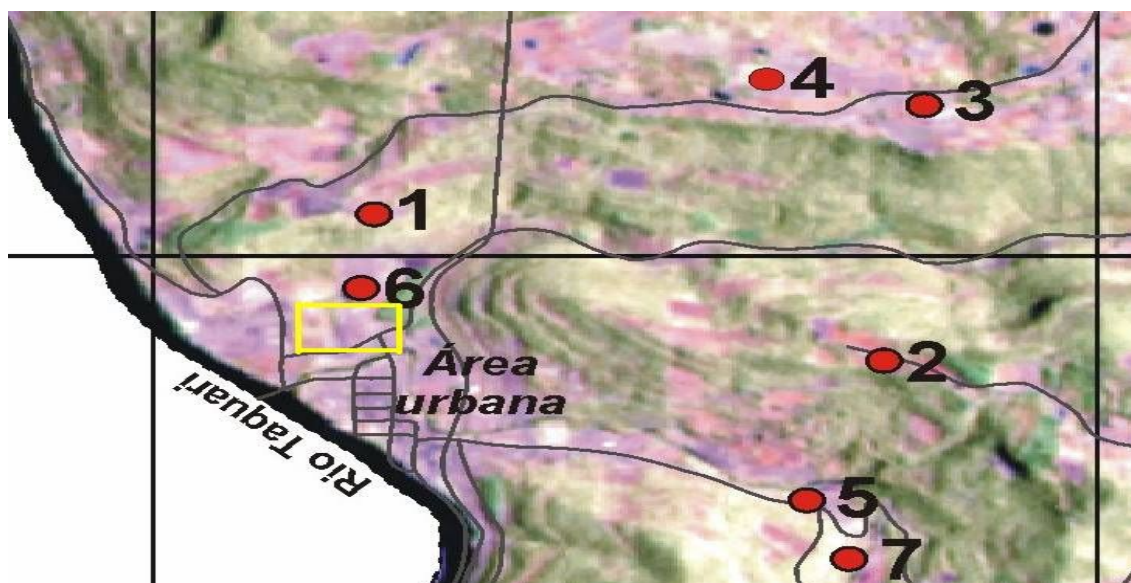


FIGURA 2 – Localização da Estação de Tratamento de efluentes.

## 6 Definição do sistema de coleta e transporte dos efluentes.

Após a avaliação de aspectos como relevo, distância das propriedades até a ETE, avaliação da malha rodoviária, dentre outros, foi definido o sistema de transporte dos efluentes desde as propriedades até a ETE.

Não haverá coleta de efluentes nas propriedades 2, 3 e 4, pelo fato de estas produzirem uma quantidade de efluentes muito baixa e hoje apresentarem um sistema de tratamento considerado eficaz para o volume de efluente gerado. A quantidade de biogás gerado com os efluentes dessas propriedades não compensaria o custo com transporte que seria necessário



para o deslocamento dos efluentes até a estação de tratamento. A Tabela 3 apresenta o sistema de transporte proposto para as demais propriedades.

Tabela 3: Sistemas de transporte utilizados para deslocamento dos efluentes das propriedades até a estação de tratamento.

PROPRIEDADE	SISTEMA DE TRANSPORTE	DISTÂNCIA ATÉ A ETE
1	Via tubulação	600 metros em linha reta
2	Não haverá coleta	-
3	Não haverá coleta	-
4	Não haverá coleta	-
5	Via malha rodoviária	5550 metros
6	Via tubulação	50 metros em linha reta
7	Via malha rodoviária	6775 metros

## 7 Tratamento dos efluentes.

Após avaliação das formas de tratamento possíveis para este tipo de efluente, optou-se pela configuração conforme o fluxograma da Figura 3. Esta proposição apresenta características adequadas para a remoção de matéria orgânica e de nutrientes, bem como características de eficiência e adequabilidade econômica, tanto em termos de implantação, quanto de operação e manutenção do sistema.

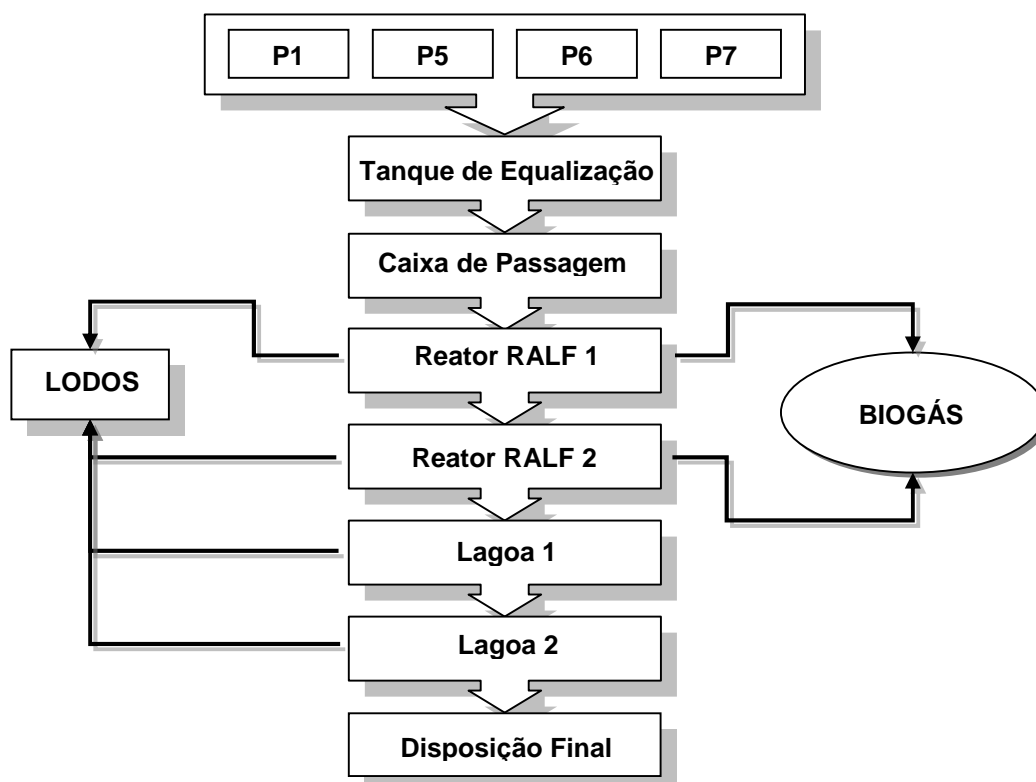


FIGURA 3 – Fluxograma do tratamento de efluentes proposto.

A eficiência de remoção do sistema é bastante satisfatória. A concentração de DBO afluente no sistema é de 10.328,72 mg/L, e ao final de todo o processo de tratamento proposto esta concentração será de apenas 92,95 mg/L, ficando assim dentro dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005. Os custos de implantação e operação do sistema estão descritos separadamente nas Tabelas 4 e 5.





Tabela 4: Orçamento total de instalação do sistema.

Orçamento Total de Instalação		
Item	Descrição	Valor
1	Serviços Preliminares	5.101,76
2	Coleta dos Efluentes nas Instalações	21.438,80
3	Condução dos Efluentes até a Estação de Tratamento	165.579,10
4	Tanque de Equalização	2.503,92
5	Caixa de Passagem	104,50
6	Reatores UASB de Fluxo Ascendente	128.535,06
7	Aproveitamento Energético do Biogás	101.186,44
8	Projeto para registro da atividade para geração de créditos de carbono	150.000,00
9	Lagoas Facultativas	164.124,01
10	Licenciamento Ambiental	13.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>751.573,60</b>

Tabela 5: Orçamento anual de operação e manutenção do sistema.

Orçamento Total de Operação		
Item	Descrição	Valor
10	Operação do Sistema	178.507,50
11	Monitoramento do Sistema	1.860,00
12	Manutenção dos Equipamentos	10.896,00
13	Renovação da Licença de Operação	1.321,50
<b>TOTAL</b>		<b>192.585,00</b>

## 8 Produção de biogás nos reatores anaeróbios e aproveitamento energético.

A produção total de biogás é dada pela soma da produção em cada um dos reatores. Utilizando a metodologia sugerida por Metcalf & Eddy para o cálculo obteve-se uma produção de biogás de 817,22 m<sup>3</sup>/d para o reator 1 e de 245,16 m<sup>3</sup>/d para o reator 2, então o total de biogás gerado será de 1062,38 m<sup>3</sup>/d.

Para se obter o total de energia elétrica produzida para esta quantidade de biogás gerado, deve-se considerar o consumo de biogás no motor que irá acionar o gerador elétrico. Assim, em consulta a catálogos comerciais de geradores disponíveis no mercado, verifica-se que em média, seja consumido cerca de 0,40 m<sup>3</sup> de biogás/HP/hora. Então, para o caso de uma central operar motores de 100 HP, vinte e quatro horas por dia, o consumo de biogás será de 960 m<sup>3</sup>/d.

Segundo Oliveira (1993), 0,62 m<sup>3</sup> de biogás produz 1 kwh de energia elétrica, o que corresponderia a um total de energia elétrica produzida de até 1.548,38 kwh/d. De acordo com Eletrobrás (2000 *apud* Furlanetto, 2001), o consumo médio de energia por residência no Brasil é de 180 kwh/mês e em cada residência habitam em média 5 pessoas. Assim, desconsiderando as perdas de energia dos processos de geração e distribuição, é possível fornecer energia elétrica para aproximadamente 1.290 pessoas, ou seja, é possível fornecer energia elétrica para praticamente toda (cerca de 2/3 do total) a população do município de Santa Tereza.

O biogás não utilizado para geração de energia elétrica será armazenado para posterior utilização.

Considerando dez anos de vida útil do projeto, a demanda financeira para instalação do sistema gerador de energia e também o custo de operação do sistema é demonstrado na Tabela 6 o retorno financeiro esperado com a atividade.



Tabela 6: Tabela resumo com demandas, benefícios financeiros e as receitas acumuladas em valor presente do processo de geração e venda de energia.

Ano	Demanda financeira em R\$	Benefícios em R\$	Receitas acumuladas em VPL em R\$
0	101.186,44	0,00	-101.186,44
1	7.200,00	126.297,59	5.150,69
2	7.560,00	132.612,47	116.804,68
3	7.938,00	139.243,09	234.041,37
4	8.334,90	146.205,25	357.139,90
5	8.751,65	153.515,51	486.393,35
6	9.189,23	161.191,29	622.109,47
7	9.648,69	169.250,85	764.611,40
8	10.131,12	177.713,39	914.238,43
9	10.637,68	186.599,06	1.071.346,81
10	11.169,56	195.929,01	1.236.310,60

## 9 Geração de créditos de carbono.

Devido à utilização do biogás gerado no tratamento anaeróbio dos efluentes para geração de energia elétrica o mesmo está deixando de ser emitido para a atmosfera e com isso é possível a geração de créditos de carbono para posterior comercialização. Um crédito de carbono equivale à redução de emissão de 1 tonelada de CO<sub>2</sub>. Estima-se que o valor de um crédito de carbono possa ser comercializado a 9 Euros (IETA, 2006 apud CARBON NETWORKS, 2006) e a cotação do Euro em R\$ 2,71 (PIONEIRO, 2008). Considerando-se um contrato de 10 anos de atividade do projeto. As estimativas de geração de créditos de carbono em cada propriedade são apresentadas na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7: Estimativa da geração potencial de créditos de carbono nas atividades de suinocultura do município de Santa Tereza.

Propriedade	Créditos de carbono (ano)	Contrato de 10 anos
P1	66,28	662,83
P5	1.995,29	19.952,91
P6	3.720,76	37.207,62
P7	3.460,29	34.602,93
<b>TOTAL</b>	<b>9.242,63</b>	<b>92.426,29</b>

Considerando dez anos de vida útil do projeto, a demanda financeira para regulamentação da atividade e também o custo de operação do sistema gerador de créditos de carbono é demonstrado na Tabela 8 o retorno financeiro esperado com a atividade.

Tabela 8: Tabela resumo com demandas, benefícios financeiros e receitas líquidas acumuladas em valor presente do sistema de geração e venda de créditos de carbono.

Ano	Demanda financeira em R\$	Benefícios em R\$	Receitas acumuladas em VPL em R\$
0	150.000,00	0,00	-150.000,00
1	24.000,00	225.427,74	29.846,20
2	25.200,00	236.699,13	218.684,70
3	26.460,00	248.534,08	416.965,13
4	27.783,00	260.960,79	625.159,59
5	29.172,15	274.008,83	843.763,76
6	30.630,76	287.709,27	1.073.298,15



7	32.162,30	302.094,73	1.314.309,25
8	33.770,41	317.199,47	1.567.370,91
9	35.458,93	333.059,44	1.833.085,65
10	37.231,88	349.712,41	2.112.086,13

### 10 Utilização do lodo estabilizado como fertilizante na agricultura.

Os dejetos de suínos, depois de tratados, estabilizados e utilizados de maneira equilibrada, constituem um fertilizante capaz de substituir parcial ou totalmente a adubação química das culturas. De acordo com pesquisa de mercado realizada em empresas localizadas na região da serra gaúcha constatou-se que o custo em média para a estabilização do lodo por uma empresa terceirizada é de R\$ 30,00 por m<sup>3</sup>. O lodo produzido será comercializado a um preço inicial de R\$ 35,00 por m<sup>3</sup>. O sistema de tratamento produz anualmente um total de 3.801 m<sup>3</sup> de lodo. Considerando dez anos de vida útil do projeto, a demanda financeira para a estabilização do lodo é demonstrado na Tabela 9 o retorno financeiro esperado com a atividade.

Tabela 9: Tabela resumo com demandas, benefícios financeiros e receitas líquidas acumuladas em valor presente do processo de estabilização e venda do lodo

Ano	Demanda financeira em R\$	Benefícios em R\$	Receitas acumuladas em VPL em R\$
0	0,00	0,00	0,00
1	114.030,00	133.035,00	16.968,75
2	119.731,50	139.686,75	34.785,94
3	125.718,08	146.671,09	53.493,98
4	132.003,98	154.004,64	73.137,43
5	138.604,18	161.704,87	93.763,06
6	145.534,39	169.790,12	115.419,96
7	152.811,11	178.279,62	138.159,71
8	160.451,66	187.193,60	162.036,44
9	168.474,24	196.553,28	187.107,01
10	176.897,96	206.380,95	213.431,11

### 11 Viabilidade econômica do projeto.

A análise de viabilidade econômica do projeto foi efetuada utilizando o método do Valor Presente Líquido (VPL) a partir de um fluxo de caixa que abrange a demanda financeira do projeto e também os benefícios financeiros do mesmo durante sua vida útil de 10 anos. Considerou-se para os cálculos uma série crescente sujeita a uma taxa de juros de 12,25% a.a. (SELIC) e uma taxa de aumento de 5% a.a. (IPCA). A taxa SELIC foi utilizada para o cálculo do Fator de Valor Presente (FVP), variável necessária para o cálculo do VPL que foi calculado utilizando a taxa IPCA.

A seguir é apresentado na Tabela 9 um resumo anual com as demandas, os benefícios financeiros e as receitas líquidas acumuladas em valor presente do projeto.

Tabela 9: Tabela resumo com demandas, benefícios financeiros e receita líquida acumulada em valor presente do projeto.

Ano	Demanda financeira em R\$	Benefícios em R\$	Receitas acumuladas em VPL em R\$
0	751.573,60	0,00	-751.573,60
1	192.585,00	484.760,33	-490.702,77
2	202.214,25	508.998,35	-216.788,39
3	212.324,96	534.448,26	70.821,70





4	222.941,21	561.170,68	372.812,29
5	234.088,27	589.229,21	689.902,42
6	245.792,68	618.690,67	1.022.847,05
7	258.082,32	649.625,20	1.372.438,91
8	270.986,43	682.106,47	1.739.510,36
9	284.535,76	716.211,79	2.124.935,39
10	298.762,54	752.022,38	2.529.631,67

As Figuras 4 e 5 apresentam respectivamente o fluxo de caixa da demanda financeira e dos benefícios do projeto e as receitas em Valor Presente Líquido, considerando as diferentes evoluções que ano a ano ocorrerão nos fluxos de entrada e saída financeira, durante a vida útil do projeto.

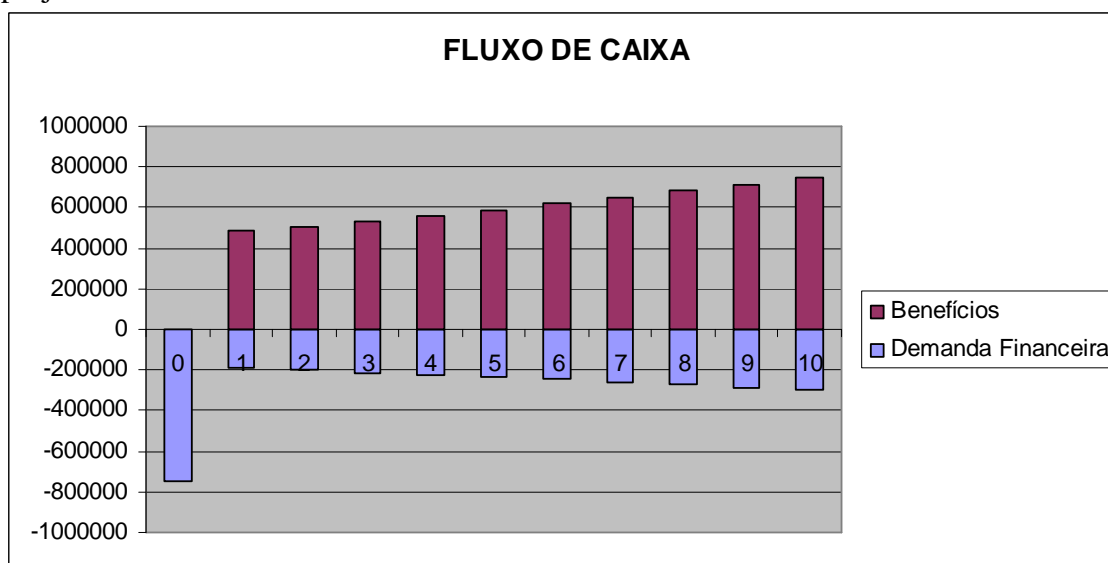
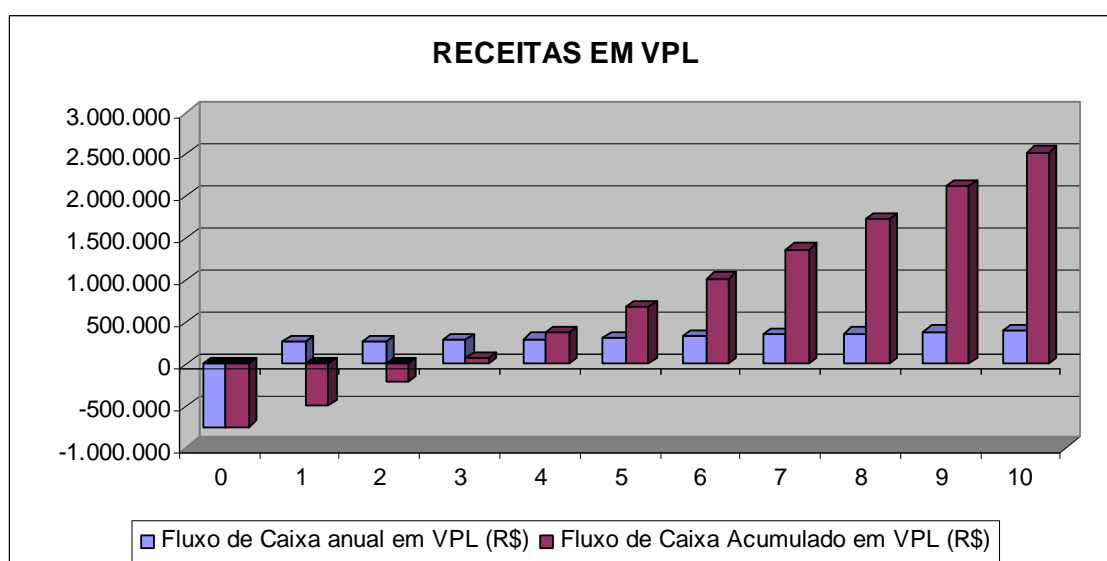


Figura 17: Balanço dos benefícios e da demanda financeira de todo o projeto.



Nota-se que no terceiro ano após a implantação do projeto, o sistema passa a operar com o caixa positivo, ou seja, em três anos é coberto totalmente o investimento inicial



aplicado em todo o sistema de tratamento. Ao final dos dez anos de vida útil do projeto o retorno líquido esperado com o sistema de tratamento e seus benefícios é de R\$ 2.529.631,67.

No entanto, as questões ambientais envolvidas também devem estar presentes na avaliação de viabilidade levando em consideração os custos e benefícios intangíveis, gerados com a implantação do projeto.

## 12 Conclusões

A grande produção de efluentes nas propriedades suinícolas de Santa Tereza está contribuindo significativamente para emissão de gases causadores do aquecimento global bem como estão poluindo os corpos hídricos da região. O município, no entanto, tem um grande potencial para geração de energia elétrica e créditos de carbono e comercialização de lodo como biofertilizante com a utilização desses efluentes. A utilização de um sistema de tratamento único potencializa a geração de biogás e consequentemente a geração de energia elétrica e créditos de carbono, além de destinar adequadamente os efluentes gerados na atividade. Posteriormente esta energia poderá ser comercializada juntamente com os créditos e se tornarem assim uma fonte de renda para os produtores locais e também amortizar os custos de implantação do sistema de tratamento.

## 13 Referências

BLEY JR.C.J.(Org.). **Gestão Ambiental da Suinocultura Manual do Assistente Técnico**. Curitiba, 2003. 162 p. Convênio MMA-PNMAII/SEMA/IAP/FUNPAR

OLIVEIRA, P.A.V.; et al. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**: Documento 27. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993.

OLIVEIRA, P.A.V.; et. Al. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves , 2004.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering – Treatment, Disposal, Reuse**. 3 ed., New Delhi: McGraw-Hill Edition, 1991.

ZANONI, M.T. **Aproveitamento dos resíduos suínos para a produção de energia**. Monografia, 1997.

FURLANETTO, Cesar. Uma contribuição à determinação de perfil do consumo de energia elétrica num ambiente residencial: 2001 j. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2001.

BIPERS. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves; Porto Alegre : EMATER/RS, Maio 2001.

DOUX FRANGOSUL (Monte Negro - RS). **Conheça a Doux**. Disponível em: <<http://www.frangosul.com.br/>>.

PDRS-RURAL SERRA. In: Universidade de Caxias do Sul, **Banco de Dados**. Caxias do Sul 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA TEREZA (Santa Tereza - Rs). **Histórico Completo do Município**. Disponível em: <<http://www.santatereza.rs.gov.br/st/historico.html>>.