



Proposta de formação de *clusters* para tratamento de dejetos suínos e geração de energia nos municípios de Serafina Corrêa e União da Serra

Naubert Zaroni¹, Vania Elisabete Schneider^{2*}, Sofia Helena Zanella Carra³, Renata Cornelli⁴

¹Universidade de Caxias do Sul (naubert@gmail.com)

²Universidade de Caxias do Sul (veschnei@ucs.br)

³Universidade de Caxias do Sul (sofi_carra@hotmail.com)

⁴Universidade de Caxias do Sul (rcornelli@ucs.br)

*Orientador

Resumo

Com o crescimento populacional advém o aumento na demanda por alimentos e, a carne suína é uma das mais importantes fontes de proteína animal utilizada na alimentação humana. Como resposta a essa demanda ocorre o aumento na criação de animais que geram grande quantidade de dejetos concentrados em pequenas áreas. Este trabalho apresenta uma proposta de sistemas coletivos de tratamento de dejetos suínos, também chamados de *clusters*, e consequente geração de energia elétrica a partir do biogás, para o rebanho suíno instalado no ano de 2012 nos municípios de Serafina Corrêa e União da Serra, no Estado do Rio Grande do Sul, através da avaliação de proximidade locacional e da declividade do terreno. A partir da elaboração de mapas de clinografia e hipsometria dos municípios, associado a plotagem da localização do rebanho suíno, foram propostos cinco *clusters*, onde os dejetos de 8.660 animais são conduzidos, na sua totalidade, por gravidade. O biogás gerado no tratamento anaeróbico, se transformado em energia elétrica, poderá abastecer 285 residências cujo consumo médio mensal seja de 200 kWh ou poderá ser inserido na rede interna ou externa da propriedade, corroborando em uma renda extra aos suinocultores e a sustentabilidade da atividade. A partir deste trabalho objetiva-se iniciar uma avaliação técnica com vistas a viabilizar estes sistemas de tratamento coletivos e reduzir os impactos ambientais gerados pela atividade suinícola.

Palavras-chave: suinocultura, dejetos, *clusters*, geração de energia.

Área Temática: Energia e energias renováveis.

Proposal to form clusters for treating pig manure and power generation in the municipalities of Serafina Corrêa and União da Serra

Abstract

With population growth comes the increased demand for food and the pork is one of the most important sources of animal protein used in human food. In response to this demand is the increase in livestock that generate large amounts of waste concentrated in small areas. This paper presents a proposal for collective systems for handling manure, also called clusters, and consequent generation of electricity from biogas, for swine herd installed in 2012 in the municipalities of Serafina Corrêa and União da Serra, State of Rio Grande do Sul by locational proximity of assessment and land slope. From the preparation of maps and hypsometry clinografia municipalities associated with plotting the location of the swine herd,



it was proposed five clusters where the waste of 8,660 animals are conducted entirely by gravity. The biogas generated in the anaerobic treatment, is transformed into electrical energy, could supply 285 homes whose average monthly consumption is 200 kWh or can be inserted into the internal or external network of property, corroborating in extra income to pig farmers and the sustainability of the activity. From this objective job initiate a technical assessment in order to enable these collective treatment systems and reduce the environmental impacts generated by pig activity.

Key words: pig farming, waste, clusters, power generation.

Theme Area: Energy and renewable energy.

1 Introdução

O crescimento populacional demanda uma maior produção de alimentos e consequentemente o incremento na produção de proteína animal, com destaque para a utilização de carne suína, bovina e de frango. Neste contexto o Brasil ocupa atualmente o 4º lugar em produção e exportação de carne suína e, em 2015 deve apresentar um rebanho aproximado de 39,3 milhões de animais, o que dará origem a cerca de 3,4 milhões de toneladas de carcaças (USDA, 2015).

De acordo com Kunz, Higarashi e Oliveira (2005), o clima tropical, a mão de obra de baixo custo, a facilidade de manejo e tratamento dos dejetos, beneficiado pelas grandes dimensões territoriais e a grande produção de grãos, como milho e soja, torna o Brasil um dos países com as melhores condições para aumentar o plantel de suínos. No Rio Grande do Sul, segundo maior criador de suínos no Brasil, a atividade suinícola está presente em praticamente todas as regiões, ainda que mais concentrada no norte e nordeste, integrado a proximidade das indústrias de beneficiamento (SEPLAG, 2013) e associada a pequenas propriedades rurais, onde a atividade pecuária complementa a renda das atividades agrícolas.

O aumento na densidade e população de suínos têm causado sérios problemas ambientais, visto que, de acordo com (VANOTTI; SZOGI; VIVES, 2008; WILLIAMS, 2008), a aplicação de dejetos como fonte de nutrientes agrava as emissões de compostos orgânicos voláteis, materiais particulados, patógenos e mau odor. Além disso, uma das questões mais evidentes é a contaminação da água superficial e subterrânea e do solo quando os resíduos são descartados sem tratamento (PENG, 2014; RIAÑO; GARCÍA-GONZÁLEZ, 2014).

De acordo com Rodriguez-Verde *et al.* (2014), a utilização de biodigestores anaeróbios configura uma das técnicas mais importantes no tratamento dos dejetos suinícolas. Este equipamento é capaz de reduzir o poder contaminante de modo a mitigar o impacto ao solo, água e ar. Como resultado deste processo há a geração de produtos de interesse como o biogás, que pode ser convertido em energia elétrica e/ou térmica, e o efluente do biodigestor, que pode ser utilizado como fertilizante agrícola.

Considerando o exposto, o presente trabalho tem por objetivo propor sistemas coletivos de tratamento dos dejetos suínos, também chamados *clusters*, visando o transporte de dejetos que utilize apenas a gravidade como força motriz, sendo utilizados para geração de energia elétrica a partir do biogás, para o rebanho suíno instalado nos municípios de Serafina Corrêa e União da Serra, na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Desta forma, espera-se iniciar uma avaliação técnica com vistas a viabilizar estes sistemas de tratamento coletivos e reduzir os impactos ambientais gerados pela atividade suinícola.



2 Materiais e Métodos

Definiu-se como ponto de partida uma bacia hidrográfica experimental considerando as características de uso e cobertura do solo, pedologia, hidrografia, hipsometria, clinografia, além da capacidade instalada de suínos.

A bacia experimental é composta parcialmente por quatro municípios: Serafina Corrêa, Montauri, União da Serra e Guaporé, localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé, na região do médio Taquari-Antas, na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Nestes municípios, as informações acerca do rebanho suíno instalado no ano de 2012 foram obtidas junto aos órgãos ambientais municipais.

Os mapas de localização dos suinocultores e de clinografia da bacia experimental foram adaptados de Schneider (2011) e elaborados através do *software* ArcMap 10 a partir das coordenadas geográficas dos suinocultores.

Neste estudo utilizou-se o efetivo de dejetos líquidos gerados pelos animais confinados, utilizando como base a curva de crescimento do animal através do modelo proposto por Gompertz, baseada em dados experimentais de ganho de peso (DE FREITAS; COSTA 1982; FIALHO, 1999; DE FREITAS, 2005). Na quantificação dos dejetos, DBO e nutrientes por animal foram utilizadas as informações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 -Características físicas e químicas dos dejetos suínos produzidos por 1000 kg de peso vivo

Parâmetro	Quantidade
Volume total (L)	84
Urina (L)	39
Massa específica (kg/m ³)	990
Sólidos totais (kg)	11
Sólidos Voláteis (kg)	8,5
DBO ₅ (kg)	3,1
DQO (kg)	8,4
pH	7,5
Nitrogênio Kjeldahl (N _{total}) (kg)	0,52
Nitrogênio Amoniacal (kg)	0,29
Fósforo total (P) (kg)	0,18
Potássio total (K) (kg)	0,29

Fonte: ASAE (2003) *apud* PERDOMO; DE LIMA; NONES (1990;2001)

Para a quantificação dos dejetos, da DBO e dos nutrientes (nitrogênio, potássio e fósforo), utilizou-se a geração média por quilograma de animal vivo, disposto por Perdomo; De Lima; Nones (1990;2001). A partir da geração diária (GD), calculou-se o total produzido por animal desde o nascimento até o abate, considerando um ciclo de 168 dias, período compreendido pela curva de crescimento de Gompertz (DE FREITAS; COSTA 1982; FIALHO, 1999; DE FREITAS, 2005).

A quantificação de cada componente produzido pelo rebanho suíno foi obtida através da utilização do somatório da GD para um animal de acordo com o período de permanência, multiplicado pelo rebanho e pelo número de lotes criados em um ano, obtendo assim a geração anual.



A avaliação do potencial de produção de metano a partir de dejetos suínos teve como referência uma adaptação da metodologia proposta pelo Centro Nacional de Referência da Biomassa – CENBIO (2008) *apud* IPEA (2012). A estimativa de produção de biogás foi convertida em energia elétrica, calculada através de uma adaptação do método descrito por Junior e Domingues (2010).

Considerando os rebanhos suínos instalados nos municípios de União da Serra e Serafina Corrêa e a respectiva carga de dejetos gerada, associada a localização geográfica dos rebanhos plotados no mapa hipsométrico, foram propostos sistemas coletivos de tratamento dos dejetos, também chamados de *clusters*, com geração de energia a partir do biogás.

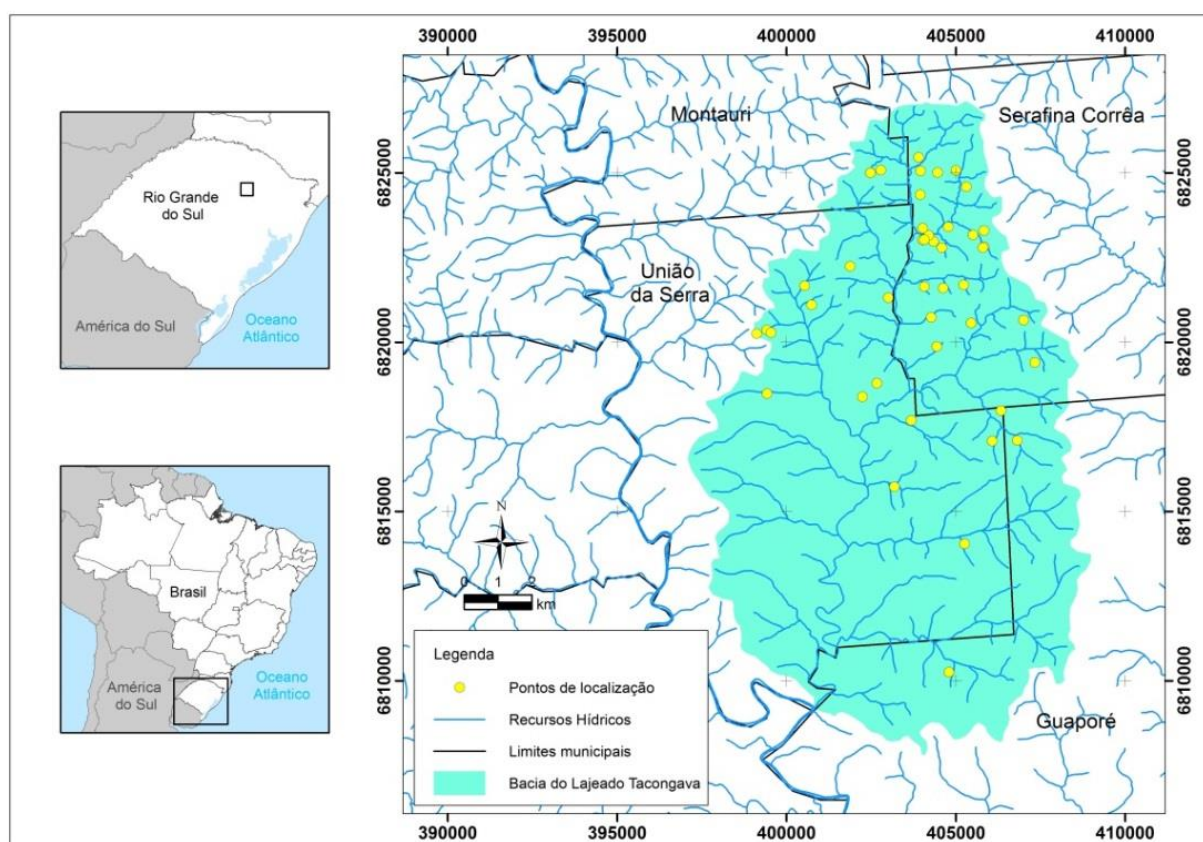
3 Resultados e Discussão

A seguir são apresentados os resultados sobre a potencialidade de formação de sistemas coletivos para tratamento de dejetos suínos, *clusters*, associada à geração de energia a partir do biogás nos municípios de União da Serra e Serafina Corrêa.

3.1 Levantamento do rebanho suíno

A Figura 1 apresenta a delimitação da bacia experimental do Arroio Lajeado Tacongava e seus afluentes bem como a localização dos rebanhos suínos.

Figura 1 - Bacia experimental e pontos de localização dos suinocultores



Elaborado por Geise Macedo dos Santos (2015) adaptado de SCHNEIDER (2011)

Na Figura 1 observa-se que existem 46 propriedades suinícolas instaladas na bacia experimental onde a quase totalidade estão alocadas próximas aos recursos hídricos. Nota-se



que a concentração mais expressiva ocorre nos municípios de União da Serra e Serafina Corrêa, com 15 e 26 unidades de criação suinícola respectivamente, o que justifica a abordagem destes municípios no presente estudo. A Tabela 2 traz a quantidade de animais instalados nos municípios de União da Serra e Serafina Corrêa nas respectivas fases de criação.

Conforme observado na Tabela 2, o município de Serafina Corrêa apresenta um rebanho total de 11.799 animais distribuídos em diferentes fases de criação, onde a fase de terminação é a mais significativa. O município de União da Serra apresenta 6.480 animais instalados, todos em fase de terminação. O plantel suíno considerando os dois municípios é de 18.279 animais.

Tabela 2 - Total de suínos em cada fase de criação.

Fase de criação	Serafina Corrêa	União da Serra
UPL (Unidade Produtora de Leitões)	230	-
Matrizes ciclo completo	50	-
Ciclo completo (creche e terminação)	1.560	-
Creche	369 ¹	-
Terminação	9.590 ²	6.480
Total	11.799	6.480

¹ quantidade referente a um lote. Para obter o total anual deve-se multiplicar por 8,1 lotes.

² quantidade criada em um lote. Para obter a quantidade de animais terminados em um ano, multiplica-se por 3,84 lotes.

Ressalta-se que são adotados diferentes períodos de permanência dos animais nos galpões de criação, podendo ocorrer variações nos períodos de confinamento entre galpões de uma mesma granja e entre as raças dos animais. Schneider *et al.* (2007) diz que o desmame ocorre entre os 14 e 63 dias com peso entre 7 e 10 kg. Após o desmame o leitão encaminhado para o ciclo de creche onde permanece até que atinja entre 20 e 27 kg, o que leva em torno de 30-45 dias. Ao alcançar o peso necessário o animal é encaminhado para o ciclo de terminação permanecendo por aproximadamente 90-100 dias, atingindo o peso entre 100 e 110 kg. Neste trabalho arbitrou-se que o desmame ocorre aos 28 dias, o tempo de permanência para animais em creche de 45 dias, o que equivale a 8,1 lotes por ano e para animais em terminação, considerou-se a permanência de 95 dias, totalizando 3,84 lotes por ano.

A quantidade de lotes por ano foi alcançada dividindo-se o número de dias do ano pelo número de dias que o animal permanece no estabelecimento. Desta forma, para se alcançar o plantel anual é necessário multiplicar o número de animais pela quantidade de lotes da respectiva fase. Para os animais provenientes de matrizes de ciclo completo considera-se o efetivo anual. Todavia, ressalta-se que os períodos de permanência podem variar de acordo com as particularidades de cada integradora ou da propriedade.

3.2 Geração de dejetos, DBO e nutrientes na bacia experimental

A Tabela 3 apresenta a geração de dejetos, DBO e nutrientes de acordo com o município de origem.



Tabela 3 - Dejetos, DBO e nutrientes gerados na bacia experimental no período de um ano.

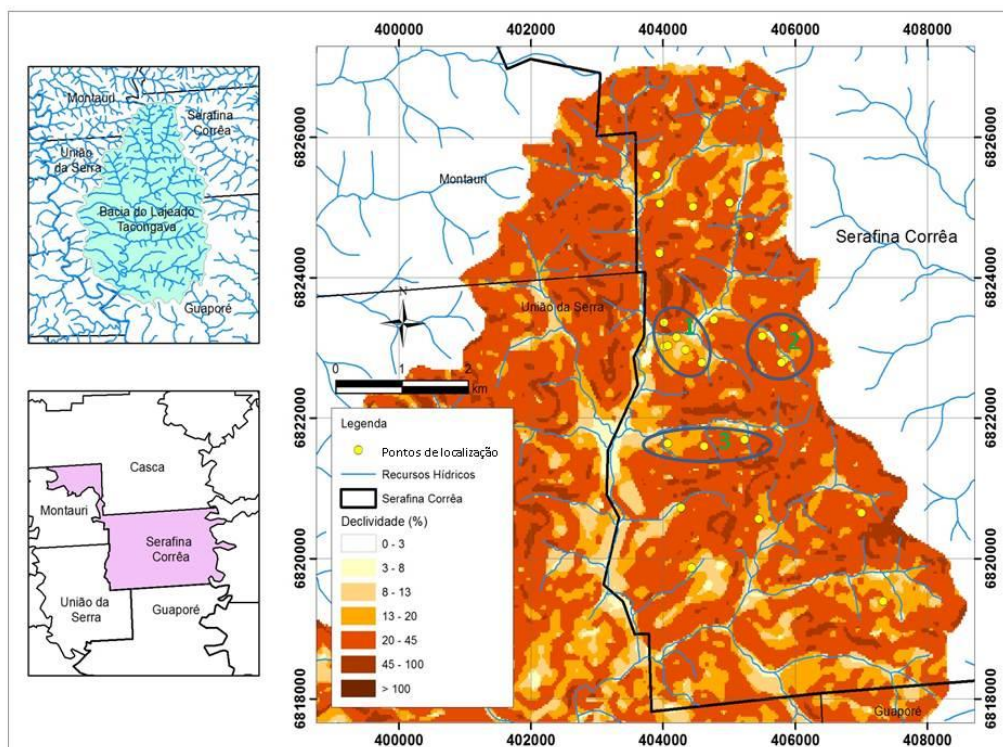
Bacia experimental	Dejetos (kg/ano)	DBO (kg/ano)	Nitrogênio (kg/ano)	Potássio (kg/ano)	Fósforo (kg/ano)
Serafina Corrêa	21.143.213	816.390	136.942	47.402	50.035
União da Serra	13.248.219	488.922	82.012	28.389	29.996
Total	34.391.432	1.305.312	218.954	75.791	80.031

Conforme observado na Tabela 3, o município de Serafina Corrêa é responsável pela geração de 61,5% dos dejetos, resultado do expressivo rebanho suíno instalado no município.

3.3 Proposição de sistemas coletivos de tratamento de dejetos (*clusters*)

Para avaliação da possibilidade de formação de sistemas coletivos de tratamento de dejetos, utilizou-se o mapa de clinografia. A Figura 2 apresenta o mapa de clinografia com a localização dos rebanhos suínos para o município de Serafina Corrêa, onde nota-se que há possibilidade de formação de três agrupamentos de suinocultores. De acordo com a localização dos pontos, observa-se relevo acentuado que favorece o transporte dos dejetos por gravidade, não havendo a necessidade de investimentos em bombas de recalque ou outras tecnologias.

Figura 2– Mapa de declividade e localização dos suinocultores em Serafina Corrêa

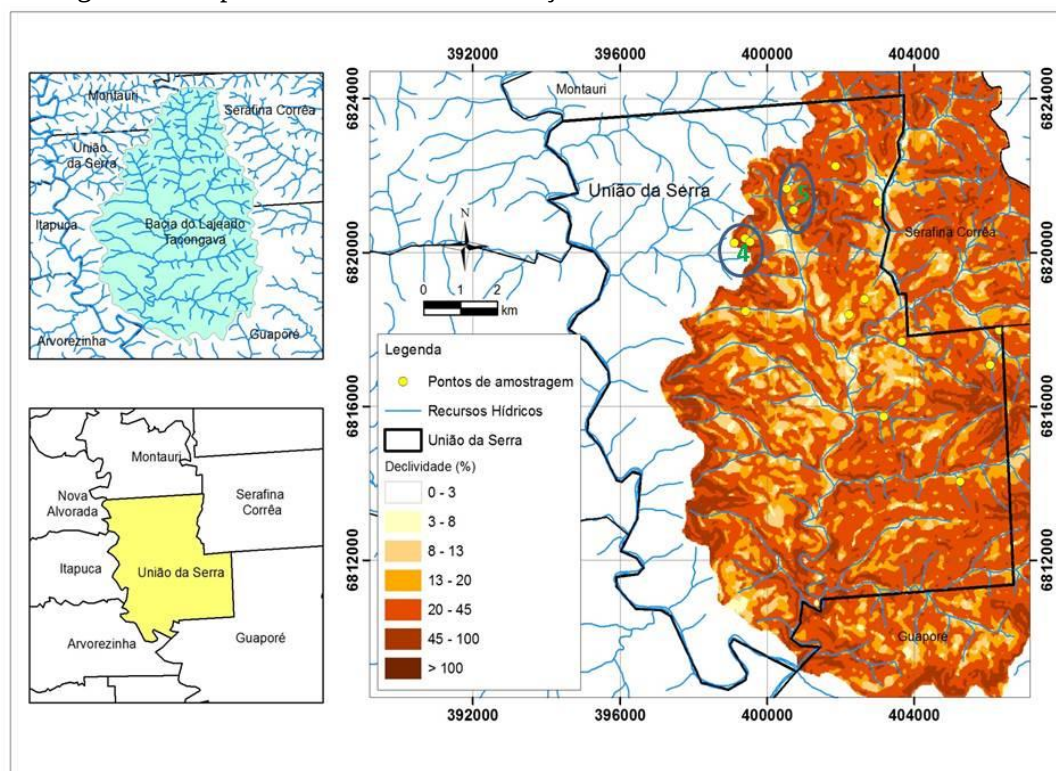


Elaborado por Dos Santos (2015) adaptado de Schneider (2011)

A Figura 3 apresenta o mapa de clinografia com a localização dos rebanhos suínos no município de União da Serra.



Figura 3 – Mapa de declividade e localização dos suinocultores em União da Serra



Elaborado por Dos Santos (2015) adaptado de Schneider (2011)

De acordo com as Figuras 2 e 3, verifica-se a possibilidade de formação de 5 coletivos de suinocultores que além da localização próxima há declividade, o que permite a condução dos dejetos por gravidade para um único sistema de tratamento em cada cluster. Isto favorece a redução de custos de instalação e manutenção dos equipamentos.

A Tabela 4 apresenta os sistemas coletivos de tratamento de dejetos propostos com a respectiva capacidade instalada de suínos.

Tabela 4 - Clusters propostos para os municípios de Serafina Corrêa e União da Serra.

	Terminação	UPL	Ciclo completo	Quantidade de suinocultores	Município
Cluster 1	2.900	250	1.560	7	Serafina Corrêa
Cluster 2	1.030	--	--	4	Serafina Corrêa
Cluster 3	860	--	--	3	Serafina Corrêa
Cluster 4	1120	--	--	3	União da Serra
Cluster 5	940	--	--	2	União da Serra

-- não há animais nesta fase de criação no cluster

De acordo com a Tabela 4, o cluster 1 é o mais significativo e envolve 7 suinocultores, compreendendo um rebanho de 2.900 animais em terminação, 200 matrizes Unidade de Produção de Leitões UPL e 50 matrizes ciclo completo. As matrizes ciclo completo geram 1.560 leitões por ano que permanecem na propriedade até que atinjam a idade/peso de abate. Quanto as matrizes UPL, após o desmame, os leitões são encaminhados a outras propriedades para as fases de creche e terminação.



Para cada *cluster* calculou-se a geração de dejetos, DBO, nutrientes e potencial de geração de biogás para posterior aproveitamento na produção de energia elétrica. Estes resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros analisados nos *clusters*

Parâmetros analisado	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster5	Total
Dejetos (ton/ano)	8.008	2.243	1.758	2.289	1.921	16.219
DBO (kg/ano)	327.806	86.776	64.887	84.505	70.923	634.897
Biogás (m ³ /ano)	368.603	103.279	80.923	105.389	88.451	746.645
Energia elétrica (kWh/ano)	339.156	95.028	74.458	96.969	81.385	686.996
Nitrogênio (kg/ano)	20.086	5.311	10.884	14.175	11.896	62.532
Fósforo (kg/ano)	19.034	5.032	3.767	4.906	4.118	36.857
Potássio (kg/ano)	20.086	5.311	3.976	5.179	4.346	38.898

Conforme apresentado na Tabela 5, são produzidas 16.219 toneladas de dejetos nos *clusters*, contendo 634,8 toneladas de DBO e um total de 138,2 toneladas de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio). Desta forma podem ser gerados, anualmente, 746 mil m³ de biogás que, ao ser transformado em energia elétrica, tem a capacidade de gerar 686 MWh de energia elétrica, o suficiente para abastecer 285 residências cujo consumo médio mensal seja de 200 kWh.

4 Considerações Finais

A partir dos resultados obtidos observou-se a viabilidade da formação de cinco *clusters* com vistas ao tratamento dos dejetos suínos, utilizando apenas a gravidade como força motriz para transporte dos dejetos até o sistema de tratamento. Entre os produtos do tratamento dos dejetos tem-se a geração de biogás que, se convertido em energia elétrica, pode ser inserido na rede de distribuição interna ou externa à propriedade, corroborando em uma renda extra aos suinocultores e a sustentabilidade da atividade. Além da energia elétrica pode ser gerada energia térmica a ser utilizada nas propriedades para manter a temperatura dos pavilhões durante o inverno, no entanto, durante o verão haveria excedente de biogás, optando-se assim pela geração de eletricidade durante o ano todo.

Nestes *clusters*, com a geração de biogás e posterior transformação em energia elétrica, seria possível abastecer 285 residências durante um ano considerando um consumo médio mensal de 200 kWh. Entretanto, há necessidade de estudos de viabilidade econômica com vistas a avaliar o investimento inicial e o tempo de retorno do investimento proposto (*payback*).

Ressalta-se que, para obter uma maior precisão nos resultados, é necessário trabalhar com dados experimentais gerados em laboratório ou em estudo piloto sobre os parâmetros analisados, tendo em vista que há variações de acordo com o clima da região além de pequenas variações na composição dos dejetos, o que afeta diretamente a eficiência do biodigestor. Com relação aos cálculos, reitera-se que não foi considerada a diluição dos dejetos, uma vez que este fator depende de parâmetros adotados em cada propriedade como, por exemplo, o sistema de limpeza das instalações e tipo de bebedouro utilizado.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem Bolsa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial – BDTI, à Universidade de Caxias do Sul (UCS) e ao Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM) e à Geise Macedo dos Santos pela elaboração dos mapas.



Referências

- DE FREITAS, A. R. Curvas de crescimento na produção animal. **R. Bras. Zootec**, v. 34, n. 3, p. 786-795, 2005.
- DE FREITAS, A. R.; COSTA, C. N. **Estimativa do crescimento de suínos machos através de modelo matemático**. Brasília: EMBRAPA-CNPSA, 1982.
- DOS SANTOS, G. M. **Mapas da bacia experimental: arroio Tacongava**. ArcMap 10. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul 2015.
- FIALHO, F. B. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. **Embrapa Suínos e Aves**, p. 1-4, 1999.
- IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) 2012.
- JUNIOR, W. B. G.; DOMINGUES, E. G. **Análise de Viabilidade Econômica do Aproveitamento Energético do Biogás como Energia Renovável em Granjas de Suínos**. Goiânia 2010.
- KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. D. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005. ISSN 0104-1096.
- PENG, J. Environment concerns and waste management strategies of pig production in China. 2014 ADSA-ASAS-CSAS Joint Annual Meeting, 2014. Asas.
- PERDOMO, C. C.; DE LIMA, G. J.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. **Sistema**, v. 1995, p. 2000, 1990.
- _____. **9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura**. Produção de suínos e meio ambiente. Sistema 2001.
- RIAÑO, B.; GARCÍA-GONZÁLEZ, M. Greenhouse gas emissions of an on-farm swine manure treatment plant—comparison with conventional storage in anaerobic tanks. **Journal of Cleaner Production**, 2014. ISSN 0959-6526.
- RODRIGUEZ-VERDE, I. et al. Assessing anaerobic co-digestion of pig manure with agroindustrial wastes: The link between environmental impacts and operational parameters. **Science of The Total Environment**, v. 497, p. 475-483, 2014. ISSN 0048-9697.
- SCHNEIDER, V. E (Coord.). **Avaliação das águas superficiais e subterrâneas em municípios da serra: Relatório final**. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul. 2011
- SCHNEIDER, V. E. et al. Avaliação preliminar do consumo de água pelo rebanho suíno da região do Corede Serra–Rio Grande do Sul. 2007.



SEPLAG. **Atlas socioeconômico Rio Grande do Sul. Suínos.** Secretaria de Planejamento, Gestão e Participação Cidadã. 2013

USDA. **Production and Trade of All Meats to Expand in 2016.** Livestock and Poultry: world markets and trade: United States Department of Agriculture 2015.

VANOTTI, M.; SZOGI, A.; VIVES, C. Greenhouse gas emission reduction and environmental quality improvement from implementation of aerobic waste treatment systems in swine farms. **Waste Management**, v. 28, n. 4, p. 759-766, 2008. ISSN 0956-053X.

WILLIAMS, C. Technologies to mitigate enviromental impact of swine production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPE, p. 253-259, 2008. ISSN 1516-3598.