



RA

AVALIAÇÃO DE OPÇÕES
PARA O TRATAMENTO
DE EFLUENTES DA
PRODUÇÃO DE BIOGÁS



RA

**AVALIAÇÃO DE OPÇÕES
PARA O TRATAMENTO
DE EFLUENTES DA
PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

Coletânea de publicações do PROBIOGÁS
Série Aproveitamento Energético de Biogás
de Resíduos Sólidos Urbanos

1ª Edição
Ministério das Cidades
Brasília, 2015

República Federativa do Brasil

Presidenta da República

Dilma Vana Rousseff

Ministro das Cidades

Gilberto Kassab

Secretário Executivo do Ministério das Cidades

Elton Santa Fé Zacarias

Secretário Nacional de Saneamento Ambiental

Paulo Ferreira

Chefe de Gabinete

Gustavo Zarif Frayha

Diretor de Articulação Institucional

Ernani Ciríaco de Miranda

Diretor de Desenvolvimento e Cooperação Técnica

Manoel Renato Machado Filho

Diretor de Águas e Esgotos

Johnny Ferreira dos Santos

Apoio Técnico

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ).

Diretor Nacional: Wolf Michael Dio

Coordenador do Projeto: Wolfgang Roller

Informações legais

As idéias e opiniões expressas neste livro são dos autores e não refletem necessariamente a posição do Ministério das Cidades, da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental ou da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

A duplicação ou reprodução de todo ou partes (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que o projeto PROBIOGÁS seja citado como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento por escrito do Ministério das Cidades e da GIZ.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação [CIP]

Bibliotecário Responsável: Illy Guimarães B. Batista [CRB/DF 2498]

Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás.

Avaliação de opções para o tratamento de efluentes da produção de biogás / Probiogás ; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH [GIZ] ; autores, Beatriz Arnold Berns, Heinz-Peter Schnicke, Patrícia Bombonatti. – Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2015.

91 p. : il. – [Aproveitamento energético do biogás de resíduos agrosilvopastoris; 3]

ISBN 978-85-7958-055-0

Usina de biogás – tratamento de efluentes – Concórdia [SC]. 2. Fertilizantes – produção e utilização – Concórdia [SC]. 3. Resíduos agrosilvopastoris. 4. Energia – fontes alternativas. I. Ministério das Cidades. II. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH [GIZ]. III. Berns, Beatriz Arnold. IV. Schnicke, Heinz-Peter. V. Bombonatti, Patrícia. VI. Título. VII. Série.

CDD 665.776

CDU 662.767.2



Projeto Brasil – Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil

www.cidades.gov.br/probiogas

O Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil – PROBIOGÁS – é um projeto inovador, fruto da cooperação técnica entre o Governo Brasileiro, por meio da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, e o Governo Alemão, por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Com o objetivo de contribuir para a ampliação do uso energético eficiente do biogás e, por conseguinte, para a redução de emissões de gases indutores do efeito estufa, o projeto conta com uma rede de parcerias nas esferas governamental, acadêmica e empresarial e possui vigência entre os anos de 2013 e 2017.

Para alcançar tais objetivos, o PROBIOGÁS desenvolve atividades em três linhas: (1) *condições-quadro*, atuando junto a órgãos governamentais em prol da melhoria das condições regulatórias relacionadas à produção de energia a partir do biogás; (2) *cooperação científica*, aproximando instituições de ensino e de pesquisa brasileiras entre si e das alemãs; e, (3) *cadeia de valor*, com o intuito de fomentar a indústria brasileira para produção nacional de tecnologia e de aproximar empresas brasileiras e alemãs para o intercâmbio de conhecimento. Além dessas atividades, o PROBIOGÁS busca capacitar profissionais brasileiros em diversos níveis, contemplando os atores que integram a cadeia de biogás e objetivando fortalecer o mercado de biogás no Brasil.

A realização da parceria Brasil-Alemanha possibilita a transferência do conhecimento e da experiência alemã sobre o aproveitamento do biogás gerado a partir do tratamento de efluentes e de resíduos, cuja expertise é reconhecida mundialmente. Neste contexto, o PROBIOGÁS assume papel relevante, indutor do desenvolvimento de tecnologias nacionais para o aproveitamento do biogás, possibilitando um retorno positivo para o setor saneamento básico no Brasil, em função do potencial de incremento na viabilidade técnica e econômica das plantas e instalações de tratamento de esgotos e de resíduos sólidos, a partir da geração de energia proveniente dos processos de biodegradação da fração orgânica.

Para melhor inserir o Projeto nas políticas nacionais foi criado um Comitê Gestor interministerial com a função de assegurar a integração entre as diversas áreas do Governo Federal com atuação no tema. O Comitê é formado pelos seguintes órgãos: Ministérios das Cidades, do Meio Ambiente, da Ciência, Tecnologia e Inovação, das Minas e Energia, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, assim como a GIZ.

Gilberto Kassab
Ministro das Cidades



Partners of **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das Cidades



Coordenação do projeto PROBIOGÁS

Ernani Ciríaco de Miranda (Ministério das Cidades) e Wolfgang Roller (GIZ)

Publicado por

Projeto Brasil–Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil – PROBIOGÁS (Projeto de Cooperação Técnica Bilateral entre a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades – SNSA/MCidades e a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável – GIZ)

Contatos

SNSA/MCidades

Setor de Autarquias Sul, Quadra 01, Lote 01/06, Bloco H, Ed. Telemundi II
CEP: 70070-010, Brasília – DF, Brasil. Telefone: +55 (61) 2108-1000
www.cidades.gov.br

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

SCN Quadra 1 Bloco C Sala 1501 – 15º andar Ed. Brasília Trade Center,
CEP: 70711-902, Brasília-DF, Brasil. Telefone: +55 (61) 2101-2170
www.giz.de/brasil

Expediente

Autores

Beatriz Arnold Berns
Heinz-Peter Schnicke
Patrícia Bombonatti

Revisão

Hélinah Cardoso Moreira (GIZ), Luis Costa Jr. (GIZ), Roberta Knopki (GIZ)

Capa, projeto gráfico e diagramação

Estúdio Marujo

PREFÁCIO

A Lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico – Lei 11.445/2007 – estabelece que a prestação dos serviços terá a sustentabilidade econômico-financeira assegurada e, sob os aspectos técnicos, atenderá a requisitos que garantam a qualidade adequada. Por sua vez, a Lei que institui a política nacional de resíduos sólidos – Lei 12.305/2010 – estabelece a obrigatoriedade da coleta seletiva e determina que apenas os rejeitos devem ser encaminhados a aterros sanitários (regra que ficou conhecida no país como o “fim dos lixões”). Tais elementos reforçam o grande desafio, enfrentado pelo Brasil, de ampliar os níveis de tratamento dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos urbanos.

O Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab –, aprovado em dezembro de 2013, com um horizonte de 20 anos, destaca que um dos princípios fundamentais da política de saneamento diz respeito à matriz tecnológica que orienta o planejamento e a política setorial. Segundo o Plansab, planejar o saneamento básico no país, com um olhar de longo prazo, necessariamente envolve a prospecção dos rumos tecnológicos que o setor pode e deve trilhar. Cabe à política de saneamento básico identificar tendências, nacionais e internacionais, segundo as quais a matriz tecnológica do saneamento vem se moldando, o que supõe também procurar enxergar novos conceitos, ainda que sejam antigas formulações em novas roupagens, ou novos desafios que pressionam no sentido de mudanças paradigmáticas. Neste sentido, temas como a sustentabilidade, a gestão integrada das águas urbanas, o saneamento ecológico e o combate às mudanças climáticas globais podem ser evocados como exemplos.

Neste contexto, o PROBIOGÁS é um instrumento de grande importância para a implementação do Plansab. O aproveitamento energético do biogás nos processos de tratamento dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos urbanos, consagrado em diversos países, representa um pequeno esforço de modernização das instalações dos sistemas brasileiros com impactos altamente positivos na sustentabilidade econômico-financeira, na qualidade dos processos de tratamento e na melhoria do meio ambiente, contribuindo de forma efetiva para a redução dos gases de efeito estufa.

Espera-se que os resultados do PROBIOGÁS possibilitem a inserção do aproveitamento energético do biogás na pauta dos governos e prestadores de serviços de saneamento, de modo a fazer com que esta fonte renovável de energia seja utilizada em toda a sua potencialidade, dentro da realidade brasileira, contribuindo também para a geração distribuída de energia e a maior diversificação da matriz energética nacional.

Paulo Ferreira
**Secretário Nacional de
Saneamento Ambiental**

Wolfgang Roller
Coordenador PROBIOGÁS

APRESENTAÇÃO DA COLETÂNEA

A Coletânea de Publicações do PROBIOGÁS é uma relevante contribuição governamental aos profissionais brasileiros que atuam em diferentes setores da infraestrutura, energia renovável, inovação tecnológica e, em especial, no setor de saneamento. Essa coletânea é composta por cadernos técnicos que tratam do biogás como tema central.

A coletânea é dividida em quatro séries, cada uma agrupando um conjunto de publicações que contribuem para uma determinada área do conhecimento e/ou de atuação no tema.

BIOGÁS

A primeira série é intitulada **Desenvolvimento do Mercado de Biogás**, abreviada como **BIOGÁS**, composta por publicações que tratam de aspectos tecnológicos da geração e utilização do biogás, do processo de licenciamento ambiental de plantas e instalações, da comercialização de co-produtos de plantas de biogás, entre outros tópicos pertinentes à estruturação da cadeia produtiva e à consolidação de um mercado nacional.

RSU

A segunda série aborda a utilização energética do biogás gerado a partir da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, questão extremamente atual no contexto técnico e institucional do saneamento ambiental brasileiro. Denominada **Aproveitamento Energético do Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos** e abreviada simplesmente como **RSU**, esta série abordará, entre outros tópicos, a metodologia e tecnologia da metanização seca e estudos de viabilidade técnica e econômica.

ETE

A terceira série é chamada **Aproveitamento Energético de Biogás em Estações de Tratamento de Esgoto**, simbolizada pela sigla **ETE**, composta por publicações que tratam de aspectos técnicos, desde o projeto à operação, de estudos de viabilidade técnica e econômica, e de orientações para a licitação de sistemas de tratamento que contemplem o biogás.

RA

Finalmente, a quarta série abordará a utilização do biogás oriundo dos resíduos das atividades agrícolas, pecuárias e da agroindústria, que possuem um elevado potencial de aproveitamento no país. Intitulada **Aproveitamento Energético do Biogás de Resíduos Agrosilvopastoris**, abreviada simplesmente como **RA**, as publicações versarão sobre os resíduos da suinocultura, comercialização de biofertilizante, entre outros tópicos.

Por oportuno, informamos que todas as Publicações da Coletânea estão disponíveis para download na página do Projeto PROBIOGÁS, hospedado no site da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades: www.cidades.gov.br/probiogas

SUMÁRIO

13 1 INTRODUÇÃO

13 1.1. Situação atual

14 2 SELEÇÃO E ANÁLISE DOS SUBSTRATOS

14 2.1. Situação atual

16 2.2. Seleção dos substratos

18 2.3. Coleta dos substratos

22 2.4. Análises dos substratos

24 3 RESULTADOS DAS ANÁLISES

28 4 LEVANTAMENTO DE DADOS PARA DESENVOLVIMENTO

DE CENÁRIOS DE TRATAMENTO E APLICAÇÃO DO EFLUENTE

28 4.1. Características da pecuária

30 4.2. Características da agricultura

36 4.3. Concórdia

37 4.4. Utilização de fertilizantes

41 4.5. Fertilizantes orgânicos

42 4.6. Adubação do solo

45 5 CENÁRIOS PARA O TRATAMENTO E/OU APLICAÇÃO DO EFLUENTE DA USINA DE BIOGÁS

46 5.1. Condições para o processo de digestão anaeróbica

47 5.2. Processo de eliminação de NH_x

50 5.3. Sistema de tratamento do material digerido

54 5.4. Utilização da fração líquida do material digerido como fertilizante

54 5.5. Geração de sulfato de amônio

55 5.6. Biofertilizante líquido

58 5.7. Estação de tratamento para a fração líquida do digestado.

59 5.8. Tratamento e uso da fração sólida do material digerido.

62 6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

64 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

67 APÊNDICES

73 ANEXO I

93 ANEXO II

LISTA DE FIGURAS

- 14 **1:** Lagoas de digestão cobertas.
- 15 **2:** Esterqueiras.
- 16 **3:** Exemplo de lodo do tratamento da linha “verde”.
- 16 **4:** Porcentagem das granjas visitadas por empresa integradora.
- 17 **5:** Quantidades de suínos visitados e total cadastrados.
- 19 **6:** Mapa com a indicação das granjas onde foram coletadas amostras de dejetos da suinocultura.
- 20 **7:** Coleta das amostras de dejetos de suínos.
- 20 **8:** Amostras de dejetos de suínos.
- 21 **9:** Coleta de amostra de cama aviária.
- 21 **10:** Amostras do setor industrial: a) amostra do incubatório de aves, b) amostra do lodo do tratamento da linha “verde”, c) amostra do lodo do tratamento físico-químico da linha “vermelha”, d) amostra triturada de suínos mortos na fase de criação.
- 28 **11:** Principais rebanhos da região Sul do Brasil em 2011.
- 29 **12:** Maiores produtores de carne suína do Brasil em 2011.
- 29 **13:** Maiores produtores de frango do Brasil em 2011.
- 30 **14:** Principais rebanhos da região oeste de Santa Catarina.
- 31 **15:** Participação na produção nacional de cereais, leguminosas e oleoginosas, segundo as Regiões e Estados do Brasil.
- 32 **16:** Principais culturas, em relação à área plantada, de lavoura permanente nos estados da região sul do Brasil.
- 32 **17:** Principais culturas, em relação à área plantada, de lavoura temporária nos estados da região sul do Brasil.
- 34 **18:** Principais culturas, em relação à área plantada, de lavoura permanente no oeste de SC.
- 34 **19:** Principais culturas, em relação à área plantada, de lavoura temporária no oeste de SC.
- 38 **20:** Consumo e dependência de nutrientes no Brasil em 2007.
- 39 **21:** Sistema Brasileiro de Produção Agrícola.
- 39 **22:** Consumo de fertilizante por cultura em 2010.
- 40 **23:** Consumo de fertilizante por regiões do Brasil [2010].
- 41 **24:** Fertilidade do solo no Brasil.
- 45 **25:** Fluxograma básico relativo à entrada de substratos até a saída do material digerido.

- 48 **26:** Diagrama do processo com a opção de eliminação de NH_x sem diluição.
- 49 **27:** Diagrama do processo de eliminação de NH_x por evaporação a vácuo.
- 49 **28:** Exemplo dos equipamentos para evaporação a vácuo – Metzger.
- 50 **29:** Diagrama do processo de retirada do NH_x por Stripping.
- 51 **30:** Processo de separação do material digerido.
- 51 **31:** Centrífuga vertical conectada ao sistema de saída do material digerido.
- 52 **32:** Sistema de uma centrífuga decanter.
- 52 **33:** Peneira estática combinada com prensa para separação de dejetos suínos – UTEC.
- 53 **34:** Equipamento Screw Press.
- 58 **35:** Fluxograma da estação de tratamento biológico aerado.
- 59 **36:** Fluxograma do sistema de secagem do composto.
- 60 **37:** Exemplo de máquina de revolvimento - Backus.
- 60 **38:** Exemplo de uma planta de peletização [Dorset].
- 61 **39:** Pellet proveniente de material digerido de Usina de Biogás enriquecido com cianobactérias – Fraunhofer, 2012.
- 61 **40:** Pellet utilizado como combustível.

LISTA DE TABELAS

- 17 **1:** Caracterização físico-química dos dejetos de suínos, médias com 15 semanas de alojamento.
- 23 **2:** Resultados preliminares.
- 28 **3:** Principais rebanhos da região Sul do Brasil.
- 31 **4:** Principais culturas das lavouras permanentes e temporárias da região Sul do Brasil.
- 33 **5:** Áreas de utilização das terras na região Sul do Brasil.
- 36 **6:** Áreas de utilização das terras na região oeste de Santa Catarina.
- 38 **7:** Produção, importação e oferta de fertilizantes intermediários e finais (mil toneladas) no Brasil - 2008.
- 43 **8:** Valores de adubação de manutenção de fósforo e de potássio das culturas de grãos para os rendimentos especificados e quantidades a serem adicionadas por tonelada de grãos produzidos acima do rendimento de referência.
- 44 **9:** Nutrientes necessários para cultivo de milho e pastagem.
- 46 **10:** Substratos disponíveis para simulação do processo de obtenção do material digerido.
- 46 **11:** Premissas para o desenvolvimento da simulação da usina de biogás.
- 47 **12:** Definição dos substratos, com a condição de $\text{NH}_x = 4.000 \text{ mg/l}$, para processos de eliminação de NH_x com e sem diluição.
- 53 **13:** Dados estimados de um processo de separação para o modelo em estudo.
- 54 **14:** Quantitativos de biofertilizantes após processo de separação do material digerido.
- 54 **15:** Estimativa de composição do biofertilizante líquido.
- 56 **16:** Composição estimada do digestado sem tratamento.
- 57 **17:** Necessidade de hectares de cultivo de milho para destinação do material digerido sem tratamento.
- 57 **18:** Composição estimada do biofertilizante líquido.
- 57 **19:** Necessidade de hectares de cultivo de milho para destinação da fração líquida do material digerido após tratamento.
- 58 **20:** Relação de biofertilizante por hectare para atender as necessidades dos nutrientes, considerando o cultivo de milho.
- 59 **21:** Composição estimada do biofertilizante sólido.

1

APRESENTAÇÃO

A geração de resíduos provindos da suinocultura, da avicultura, de frigoríficos e indústrias de processamento de alimentos na região oeste de Santa Catarina, em específico no município de Concórdia, torna-se cada vez mais um grande problema ambiental. O resíduo da suinocultura – dejetos de suínos, o qual está presente em grande quantidade na região, é utilizado como fertilizante, mas na maioria dos casos de forma incorreta, com excessos que acabam saturando o solo, poluindo a água e o ar. Diante desse fato, buscaram-se alternativas para o tratamento destes resíduos e uma opção sustentável que inclui a geração de fontes de energias (biogás, energia elétrica e térmica, biometano e biofertilizante) é uma Usina de Biogás de alta eficiência, a qual tem capacidade para absorver grande parte destes resíduos dando-lhes um tratamento adequado.

Uma Usina de Biogás em Santa Catarina seria um tipo de Projeto Modelo para o Estado e para o Brasil com características e estrutura para ser replicado, pois é inovador e eficiente quanto à geração de energias e promove a sustentabilidade não só na suinocultura, mas em outras áreas de toda a região com a melhoria das condições sanitárias de forma geral e contribuição para a redução da emissão dos gases do efeito estufa.

No entanto, uma planta de biogás também gera efluente líquido que é o produto que sai do digestor, também chamado de material digerido. Este precisa ser considerado e deve ser realizada uma avaliação detalhada da sua composição, pois somente dessa forma é possível definir uma solução mais adequada para o seu gerenciamento, tratamento e possível uso como fertilizante. No município de Concórdia, por exemplo, em algumas localidades não existe grandes áreas de agricultura onde possa ser aplicado este material digerido como fertilizante; assim, são necessárias soluções alternativas de tratamento ou destinação deste efluente, em conjunto com o equilíbrio financeiro do negócio.

Os resultados obtidos neste trabalho poderão ser utilizados em futuras plantas de biogás que utilizem substratos semelhantes ou servir de base para o desenvolvimento de outros projetos.

1.1. Objetivos

Determinação da composição estimada do material digerido de uma planta de biogás a partir da simulação de substratos disponíveis na região de Concórdia no estado de Santa Catarina e, conseqüentemente, desenvolver conceitos para o tratamento e/ou aplicação destes efluentes como fertilizante.

2

SELEÇÃO E ANÁLISE DOS SUBSTRATOS

A Etapa 1 deste trabalho corresponde a seleção, coleta e análise físico-química dos substratos disponíveis no município de Concórdia que poderão ser absorvidos pela Usina de Biogás. A usina foi projetada para gerar biogás através do sistema de reator com agitação contínua (CSTR - Continuous Stirred Tank Reactor), frequentemente utilizados na Alemanha e completamente diferentes dos métodos utilizados no Brasil, como as tradicionais lagoas de digestão cobertas, exemplificada na Figura 01

Um estudo de campo prévio a este trabalho foi realizado para o levantamento dos dados em relação aos substratos

Figura 1: Lagoa de digestão coberta



Fonte: Biogastec.

2.1. Situação atual

A geração de resíduos na suinocultura é um sério problema ambiental no município de Concórdia/SC e as tecnologias existentes para processamento e tratamentos destes resíduos ainda são precárias e ineficientes. Das granjas visitadas, durante o levantamento prévio, 83,5% possuem apenas esterqueiras (Figuras 02); a maioria sem cobertura, onde o dejetos permanece por um período determinado de tempo (emitindo gases de efeito estufa) e depois é encaminhado para ser utilizado como fertilizante; 14% possuem biodigestores – lagoas de digestão cobertas, mas 82% deles não estavam funcionando; e 2,5% possuem sistema de compostagem, o que demanda alto custo de investimento e manutenção por parte do produtor.

Todos os produtores entrevistados utilizam ou destinam os dejetos dos suínos, após esterqueira ou biodigestor, para aplicação em plantações próprias ou de terceiros, os denominados cedentes.

Figura 2: Esterqueiras



Fonte: Biogastec.

Os produtores do setor avícola, por sua vez, não encontram problemas para a destinação dos dejetos da produção, pois a cama aviária, quando saturada, é facilmente vendida para uso como fertilizante. Outra questão abordada no levantamento de dados foi sobre a quantidade de biofertilizante, provindo no futuro do processo da usina, que deverá retornar ao produtor com a finalidade de atender apenas as áreas cultivadas em sua propriedade, sem a necessidade de “cedentes”. Com os dados processados sobre esse questionamento, foi obtido um valor médio de 51,2% de retorno de biofertilizante ao produtor em relação ao volume de dejetos produzidos, de acordo com as respostas dos produtores.

Também foram avaliados alguns resíduos industriais locais, dentre os quais os gerados em frigoríficos. Nessas indústrias, os efluentes são separados inicialmente em duas linhas principais: linha “verde”, que recebe principalmente os efluentes gerados na recepção dos animais, nos currais/pocilgas, na condução para o abate, nas áreas de lavagem dos caminhões, na bucharia e na triparia, como pode ser observado na Figura 03; e linha “vermelha”, cujos contribuintes principais são os efluentes gerados no abate, no processamento da carne e das vísceras, incluídas as operações de desossa/cortes e de graxaria, caso ocorram na unidade industrial. A linha vermelha possui uma carga orgânica mais elevada devido a maior quantidade de sangue e de gordura presentes.

No frigorífico considerado, os resíduos gerados no tratamento das linhas “vermelha” e “verde” e da ETE Biológico (tratamento secundário dos efluentes líquidos) são enviados para aterro ou para um processo de compostagem, sendo que o lodo da linha “vermelha” é ainda centrifugado.

Figura 3: Exemplo de lodo do tratamento da linha “verde”



Fonte: Biogastec.

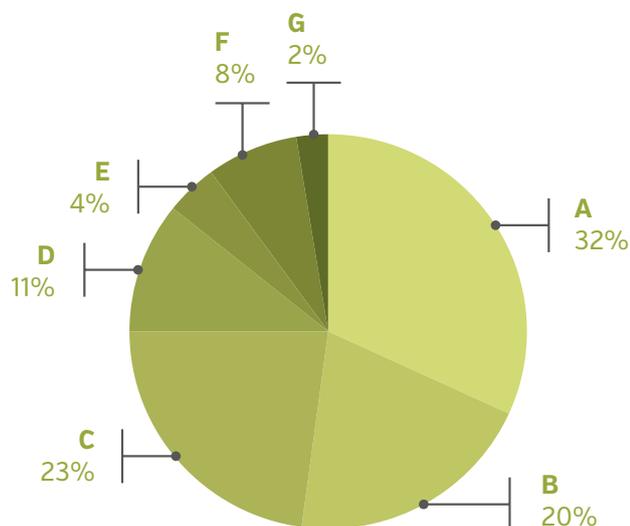
Com relação ao incubatório de aves local, o resíduo gerado é constituído basicamente de cascas de ovos, ovos não eclodidos, ovos inférteis, pintinhos mortos e pintinhos com má formação, este tipo de resíduo também é enviado para aterro.

2.2. Seleção dos substratos

Foi realizado um levantamento das granjas da região, incluindo as pertencentes às empresas integradoras e produtores independentes. Todas essas empresas apresentam um total de 376 granjas cadastradas em um raio de 20 km a partir do centro da cidade. A figura 04 apresenta a porcentagem de granjas visitadas em relação a cada empresa integradora.

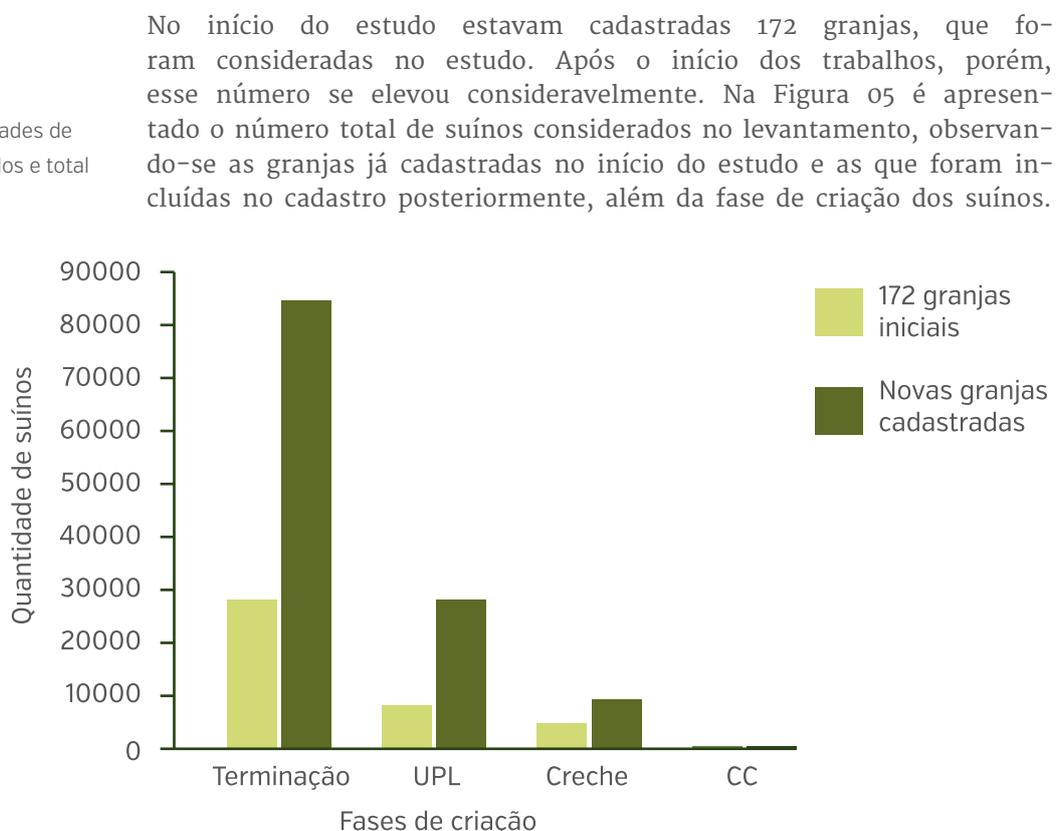
Neste estudo de campo as seguintes áreas foram visitadas: Santo Antônio, Aparecida, Barra Bonita, Pinhal, Caravaggio, Suruvi, Linha Aurora Arabutã, Cachimbo, Fragosos, Engenho Velho, Sede Brum, Kennedy, Tiradentes, Linha São Paulo e Tamanduá.

Figura 4: Porcentagem das granjas visitadas por empresa integradora.



Fonte: Biogastec.

Figura 5: Quantidades de suínos considerados e total cadastrados.



Fonte: Biogastec.

Considerando as granjas e o número de suínos contabilizados nas visitas, calculou-se o volume de dejetos de suínos gerados diariamente de acordo com sua fase de criação e estudos acadêmicos. Segundo Tavares, 2012, a média de geração de um suíno em fase de terminação é de $4,6 \text{ L} \cdot \text{suíno}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Oliveira, 2004, considera uma média de geração de suínos em UPL de $19,5 \text{ L} \cdot \text{suíno}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (matrizes) para suínos em UPL, $1,4 \text{ L} \cdot \text{suíno}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ para creche e $45 \text{ L} \cdot \text{suíno}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ para o ciclo completo. No total, foram contabilizados uma geração de $405,96 \text{ m}^3/\text{d}$ de dejetos de suínos. Extrapolando esse cálculo para as granjas cadastradas posteriormente ao início dos trabalhos, tem-se uma geração estimada de $1320 \text{ m}^3/\text{d}$ (cerca de 151.500 suínos divididos em várias fases de criação). A figura 06 apresenta a caracterização físico-química dos dejetos de suínos da região de Concórdia, conforme Tavares, 2012, valores médios com o tempo de alojamento de 15 semanas.

Tabela 1: Caracterização físico-química dos dejetos de suínos, médias com 15 semanas de alojamento.

Fonte: Adaptado de Tavares, 2008.

PARÂMETROS	VALORES	PARÂMETROS	VALORES
pH	7,80	N_T	5,69 g/l
ST	60,52 g/l	P_T	1,19 g/l
SV	45,73 g/l	Cu	29,93 mg/l
DQO	79,60 g O ₂ /l	Zn	56,77 mg/l

Em relação ao posicionamento geográfico das granjas, existe uma maior concentração de granjas no lado direito em relação ao centro de Concórdia (região de Pinhal, Cachimbo e Caravaggio).

De forma geral, em uma avaliação prévia, 95% das granjas visitadas apresentavam as condições necessárias para a criação de suínos, com instalações adequadas, equipamentos de dessedentação animal do tipo ecológico ou “chupeta”, canaletas para escoamento dos dejetos, entre outros fatores.

Sobre o resíduo industrial, o frigorífico selecionado de acordo com o levantamento de dados em campo tem uma geração de lodo do tratamento físico-químico de 45,55 t/d que é enviado para aterro. O lodo do tratamento da linha “verde” é gerado em uma quantidade de 3,22 t/d e enviado para compostagem; e a geração do lodo da ETE Biológico é de 10,38 t/d que também é enviado para compostagem.

Em relação aos resíduos do incubatório foi considerada a geração de 15 t/d, das quais 46% são cascas de ovos, resultando em, aproximadamente, 8 t/d de resíduos orgânico.

Existe grande disponibilidade de cama aviária no município de Concórdia, com mais de 200 criadores e uma média de 12.000 aves por criador. Esses resíduos não se caracterizam como um problema, visto que são comercializados pelos produtores. Dessa forma, posteriormente, no estudo de efluente, será determinado se a cama aviária será considerada nesse levantamento.

Todos os produtores visitados possuem sistema de composteira para os animais mortos, no entanto, muitos dos produtores doam estas carcaças para empresas que produzem alimentação animal; essa solução não cumpre todas as normas sanitárias e os animais mortos ficam expostos, algumas vezes em locais inapropriados. Muitos animais morrem de infarto e as matrizes geralmente morrem em decorrência do parto. O percentual de morte dos suínos é em torno de 3% por lote.

Todos os resíduos foram selecionados baseados no levantamento de dados prévio, de acordo com a disponibilidade e quantidade significativa dos mesmos no município de Concórdia e com a finalidade de serem utilizados como substratos na Usina de Biogás. Dessa forma, os substratos inicialmente considerados neste trabalho, foram: dejetos de suínos, resíduo de incubatório de aves, lodo do tratamento da linha “verde”, lodo do tratamento físico-químico da linha “vermelha”, lodo da ETE Biológico, cama aviária e suínos mortos, durante a fase de criação.

2.3. Coleta dos substratos

As coletas das amostras foram realizadas pela equipe da BGT, acompanhada por pesquisadores da Embrapa, seguindo as orientações passadas por esta última.

Dois dias antes da data da coleta, a equipe da BGT visitou especialmente, os produtores de suínos selecionados para amostragem com a finalidade de repassar algumas instruções com relação ao manejo das instalações nos dias precedentes à coleta, sendo o foco a não utilização de água de limpeza das instalações e o fornecimento de amostras frescas.

As coletas de dejetos de suínos foram realizadas em diferentes regiões, conforme indicado no mapa da Figura 06, buscando uma maior representatividade. As regiões das coletas foram nos bairros Santo Antônio, Barra Fria,

Pinhal e Caravaggio, que apresentam a maior concentração de granjas de suínos do município de Concórdia.

Figura 6: Mapa com a indicação das granjas onde foram coletadas amostras de dejetos da suinocultura



Fonte: Google Earth.

As amostras dos dejetos provenientes da suinocultura e de cama aviária de frango de corte foram realizadas no dia 05 de agosto.

O critério de escolha das granjas de suínos foi estabelecido a partir dos dados levantados em campo onde determinam as fases de terminação e UPL (unidade produtora de leitões) como sendo predominantes no município.

A granja selecionada no bairro do Santo Antônio é uma unidade produtora de leitões com cerca de 3.600 matrizes e produção estimada de 70,4m³ de dejetos por dia. No bairro Barra Fria, a granja selecionada produz leitões em fase de terminação, com 1.580 leitões e expectativa de geração de 7,4m³ de dejetos por dia. Já na área entre o município de Concórdia e Presidente Castelo Branco (região direita do mapa – Figura 07) as granjas selecionadas foram, no bairro Pinhal, uma unidade de terminação com cerca de 3.450 animais e geração estimada em 16,5m³ de dejetos por dia e no bairro Caravaggio, unidade de terminação com cerca de 2.000 animais e geração estimada em 9,4m³ de dejetos por dia. As granjas pertencem a integradoras diferentes e a coleta foi baseada na logística que será aplicada caso essas granjas destinem seus dejetos para a Usina de Biogás.

Em relação à coleta dos dejetos de suínos, o resíduo acumulado na canaleta foi homogeneizado e coletado em vários pontos para posterior nova homogeneização, esse processo está ilustrado na Figura 07.

Figura 7a e 7b: Coleta das amostras de dejetos de suínos.



Fonte: Biogastec/ Embrapa.

No total, foram coletadas quatro amostras de dejetos suínos que foram acondicionadas em uma caixa apropriada para conservação. Posteriormente, essas amostras foram agrupadas e homogeneizadas no laboratório para a realização das análises. Na Figura 08 estão apresentadas as amostras.

Figura 8: Amostras de dejetos de suínos.



Fonte: Biogastec/ Embrapa.

Em relação à amostra de cama aviária de uma criação de frangos de corte, uma quantidade de aproximadamente 5 quilos foi recolhida pelo produtor em diferentes pontos dentro do galpão com cerca de 16.000 aves. Na sequência essa amostra foi misturada e foi coletada uma fração para envio para o laboratório, conforme pode ser observado na Figura 9.

Figura 9: Coleta de amostra de cama aviária.



Fonte: Biogastec/ Embrapa.

As amostras do setor industrial foram coletadas diretamente por profissionais de cada empresa. Devido a questões de sanidade animal e outras normas internas, a equipe da BGT não pode entrar nas indústrias para realizar a coleta, no entanto as instruções foram passadas pela Embrapa e seguidas. As amostras estão apresentadas na Figura 10.

Figura 10: Amostras do setor industrial: a) amostra do incubatório de aves, b) amostra do lodo do tratamento da linha “verde”, c) amostra do lodo do tratamento físico-químico da linha “vermelha”, d) amostra triturada de suínos mortos na fase de criação



Fonte: Biogastec/ Embrapa.

2.4. Análises dos substratos

As análises físico-químicas realizadas foram selecionadas a partir de pesquisa em bibliografias especializadas, para fins de caracterização e investigação do potencial energético e agrônômico. Essas informações serão utilizadas para determinação da composição estimada do substrato da planta de biogás no município de Concórdia.

As análises foram executadas sob responsabilidade da equipe da Embrapa, por pesquisadores treinados no DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum), instituto alemão, especializado em pesquisa na área de biogás. O processamento é efetuado por meio de procedimentos de moagem, homogeneização e pré-secagem conforme a necessidade de cada amostra.

As análises físico-químicas realizadas nos substratos são: pH, densidade, pré-matéria seca, sólidos totais (ou matéria seca), sólidos voláteis, sólidos fixos (ou cinzas), relação C/N, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, gorduras totais (ou extrato etéreo), fósforo total, potássio total, DBO, DQO, zinco, cobre e determinação do potencial metanogênico (PME).

Para o teste de potencial metanogênico específico, faz-se necessária a aclimatação do inóculo anaeróbio através da inserção dos microrganismos nos mesmos substratos que serão utilizados na análise por um certo período de tempo. Dois substratos foram analisados quanto ao PME, o lodo do tratamento físico-químico da linha “vermelha” e o resíduo de incubatório, devido à quantidade significativa e a escassez de dados, respectivamente.

As metodologias analíticas utilizadas podem ser encontradas no Anexo I, e estão especificadas pela necessidade de cada tipo de amostra.

3

RESULTADOS DAS ANÁLISES

Os resultados das análises físico-químicas realizadas pela equipe da Embrapa nos substratos selecionados estão apresentados na Tabela 02 separados por tipo de substrato; maiores detalhes dos procedimentos utilizados podem ser verificados no Anexo I.

Tabela 2: Resultados preliminares

DEJETO DE SUÍNO (AMOSTRA COMPOSTA)	
Parâmetros	Resultados
pH	7,18 ± 0,02
Densidade [aparente]	1,021 g/mL
Densidade [específica]	1,080 g/mL
Sólidos totais	80,1 ± 1,4 g/L ou 8,0% (m/v)
Sólidos fixos	18,4 ± 0,2 g/L ou 1,8% (m/v)
Sólidos voláteis	61,7 ± 1,2 g/L ou 6,2% (m/v)
DQO	86.300 ± 6647 mg/L de O ₂ /L
DBO ₅ ²⁰	37.100 ± 2987 mg/L de O ₂ /L
NTK	5.866 ± 89 mg/L de N/L
N-NH ₃	3.024 ± 106 mg/L de N/L
P total	1.090 ± 71 mg de P/L
K total	2.263 ± 29 mg de K/L
Cu total	72,4 ± 0,6 mg de Cu/L
Zn total	51,8 ± 1,1 mg de Zn/L

SUÍNOS MORTOS	
Parâmetros	Resultados
pH	6,35 ± 0,01
Densidade [específica]	1,145 g/mL
Matéria seca liofilizada	38,7%
Sólidos totais	262,4 ± 4,1 g/kg
Sólidos fixos	24,9 ± 0,3 g/kg
Sólidos voláteis	237,5 ± 3,9 g/kg
NTK	31.780 ± 1306 mg de N/kg
N-NH ₃	1.029 ± 204 mg de N/kg
Extrato etéreo	7,62 ± 0,07 %
Relação C/N	4,1:1
P total	2.201 ± 80 mg de P/kg

RESÍDUO DE INCUBATÓRIO DE AVES	
Parâmetros	Resultados
pH	6,68 ± 0,01
Densidade [específica]	1,120 g/mL
Matéria seca liofilizada	20,1%
Sólidos totais	209,3 ± 8,5 g/kg
Sólidos fixos	17,0 ± 0,5 g/kg
Sólidos voláteis	192,3 ± 8,1 g/kg
NTK	15.228 ± 436 mg de N/kg
N-NH ₃	731 ± 85 mg de N/kg
Extrato etéreo	6,66 ± 0,01 %
Relação C/N	7:01
P total	1.657 ± 11 mg de P/kg
PME ¹	682 ± 37 mLN de biogás/g SV

¹Concentração de CH₄ = 73%. Taxa máxima de produção = 242 mL_N de biogás/d. Tempo de máxima produção entre 2º e 3º dia. Teste finalizado em 31 dias [dV/dt < 1% V_{acumulado}]

LODO "LINHA VERDE"	
Parâmetros	Resultados
pH	6,62 ± 0,01
Densidade [específica]	1,174 g/mL
Matéria pré-seca	34,7%
Sólidos totais	325,4 ± 2,6 g/kg
Sólidos fixos	110,9 ± 2,1 g/kg
Sólidos voláteis	214,45 ± 4,7 g/kg
NTK	6.633 ± 590 mg de N/kg
N-NH ₃	587 ± 15 mg de N/kg
Extrato etéreo	0,85 ± 0,14 %
Relação C/N	18:01
P total	3.422 ± 209 mg de P/kg

LODO "BIOLÓGICO"	
Parâmetros	Resultados
pH	7,78 ± 0,02
Densidade [específica]	1,230 g/mL
Matéria pré-seca	42,12%
Sólidos totais	412,4 ± 3,1 g/kg
Sólidos fixos	56,8 ± 0,6 g/kg
Sólidos voláteis	355,6 ± 0,4 g/kg
NTK	22.098 ± 467 mg de N/kg
N-NH ₃	947 ± 78 mg de N/kg
Extrato etéreo	17,73 ± 0,23 %
Relação C/N	8,9:1
P total	5.101 ± 20 mg de P/kg

LODO "LINHA VERMELHA"	
Parâmetros	Resultados
pH	5,90 ± 0,01
Densidade [específica]	1,203 g/mL
Matéria pré-seca	39,5%
Sólidos totais	391,2 ± 1,1 g/kg
Sólidos fixos	41,8 ± 0,4 g/kg
Sólidos voláteis	349,4 ± 1,6 g/kg
NTK	25.960 ± 119 mg de N/kg
N-NH ₃	1199 ± 11 mg de N/kg
Extrato etéreo	12,41 ± 0,07 %
Relação C/N	7,5:1
P total	4.657 ± 20 mg de P/kg
K total	211 ± 0,6 mg de K/kg
Cu total	44,4 ± 2,0 mg de Cu/kg
Zn total	85,3 ± 0,2 mg de Zn/kg
PME ²	927 ± 32 mLN de biogás/g SV

² Concentração de CH₄ = 69%. Taxa máxima de produção = 186 mL_N de biogás/d. Tempo de máxima produção entre 2º e 3º dia. Teste finalizado em 24 dias [dV/dt < 1% V_{acumulado}]

CAMA DE AVIÁRIO (12º CICLO)	
Parâmetros	Resultados
pH	8,93 ± 0,02
Densidade [específica]	0,790 g/mL
Matéria pré-seca	77,4%
Sólidos totais	745,4 ± 1,5 g/kg
Sólidos fixos	140,7 ± 1,9 g/kg
Sólidos voláteis	604,7 ± 0,4 g/kg
NTK	24.305 ± 287 mg de N/kg
N-NH ₃	3707 ± 175 mg de N/kg
Relação C/N	13,8:1
P total	10.069 ± 133 mg de P/kg

Em relação à amostra composta de dejetos de suínos, os resultados obtidos, especificamente nos parâmetros de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), apresentaram valores maiores e, conseqüentemente, mais positivos para a geração de biogás. O trabalho de Tavares, 2012, apresenta valores de ST e SV de 60,52 g/l e 45,73 g/l, respectivamente e, no presente trabalho, os resultados obtidos foram de 80,1 ± 1,4 g/l para ST e 61,7 ± 1,2 g/L para SV. O resultado da demanda química de oxigênio (DQO) obtido foi de 86,3 ± 6,6 g/L, valor superior ao obtido por Tavares, 2012, de 79,60 g/L.

As variações dos resultados podem ser justificadas, principalmente, pela utilização de técnicas de manejo diferenciadas, entre outros fatores, como o tempo de alojamento dos animais. Para a coleta da amostra composta foi realizado um trabalho prévio para o manejo correto das instalações visando à finalidade específica da produção de biogás, bem como seguindo as futuras condições logísticas do processo.

Em relação às amostras de suínos mortos e dos lodos – linha vermelha, linha verde e biológico – do frigorífico, não foi possível uma comparação com outros resultados em condições semelhantes, mas de forma geral, os resultados também foram positivos e em relação aos ST e SV que são alguns dos fatores determinantes para uma produção eficiente de biogás.

As amostras de suínos mortos, lodo da linha vermelha e cama de aviário, foram avaliadas com mais critério em relação ao elevado teor de nitrogênio, pois este fator pode comprometer a biologia do processo e conseqüentemente, a produção de biogás.

Através dos resultados obtidos e da disponibilidade de cada substrato, o estudo de efluentes provenientes da Usina de Biogás será baseado, inicialmente, no seguinte quantitativo diário: 1.300m³ de dejetos de suínos, 5 toneladas de suínos mortos, 2,3 toneladas de lodo proveniente da linha verde, 8 toneladas de resíduos de incubatório, 7,4 toneladas de lodo biológico e 32,4 toneladas de lodo da linha vermelha.

4

LEVANTAMENTO DE DADOS PARA DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS DE TRATAMENTO E APLICAÇÃO DO EFLUENTE

A elaboração de cenários referente às opções de tratamento e aplicação do efluente (material digerido) da usina de biogás em estudo, foi desenvolvida considerando parâmetros técnicos e econômicos da região de Concórdia, sendo que o modelo poderá ser replicado em outras regiões do estado de Santa Catarina e do Sul do país. Esse capítulo apresenta dados sobre a agricultura e pecuária locais necessários para o embasamento conceitual dos cenários.

4.1. Características da pecuária

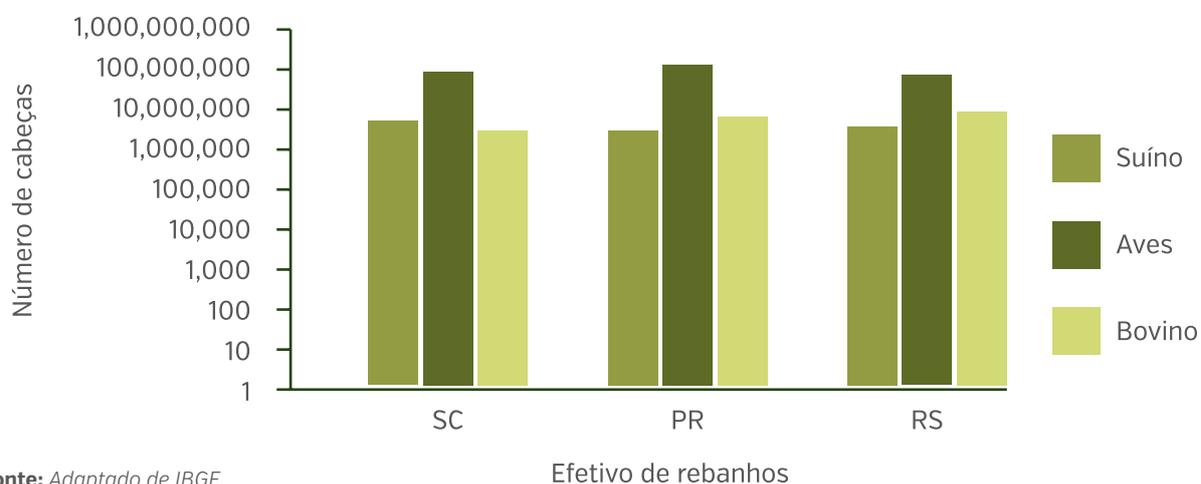
De acordo com os dados da Pecuária de 2011 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, os principais rebanhos existentes no sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) são de suínos, aves e bovinos. A Tabela 04 apresenta os números por estado e a Figura 11 a comparação entre eles.

Tabela 3: Principais rebanhos da região Sul do Brasil.

ESTADOS	ANIMAIS	CABEÇAS
SC	Suínos	7.968.116
	Aves	175.262.969
	Bovinos	5.060.822
PR	Suínos	5.448.964
	Aves	260.682.737
	Bovinos	11.064.314
RS	Suínos	5.677.515
	Aves	149.334.973
	Bovinos	16.008.326

Fonte: Adaptado de IBGE.

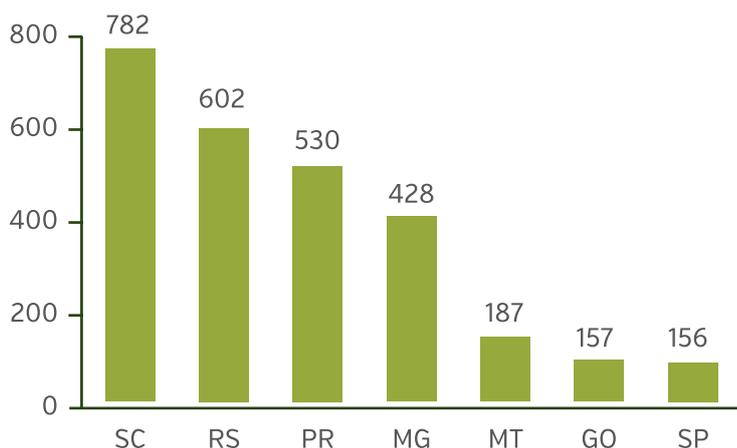
Figura 11: Principais rebanhos da região Sul do Brasil em 2011.



Fonte: Adaptado de IBGE.

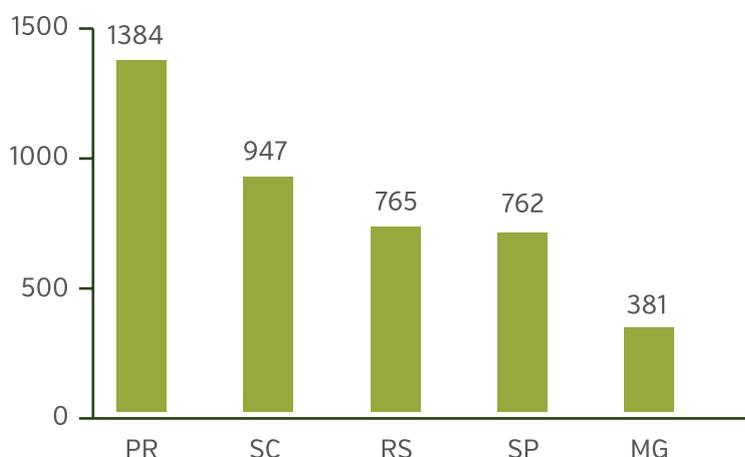
No primeiro trimestre de 2013, a Região Sul foi responsável por 65,8% do abate nacional de suínos e 60,2% do total nacional de abate de frangos. O estado de Santa Catarina é o maior produtor de carne suína e um dos maiores produtores de frango do país, conforme demonstram as Figura 12 e 13, de acordo com os dados da FIESC, 2012.

Figura 12: Maiores produtores de carne suína do Brasil em 2011 (em milhões de toneladas).



Fonte: IBGE.

Figura 13: Maiores produtores de frango do Brasil em 2011 (em milhões de toneladas).



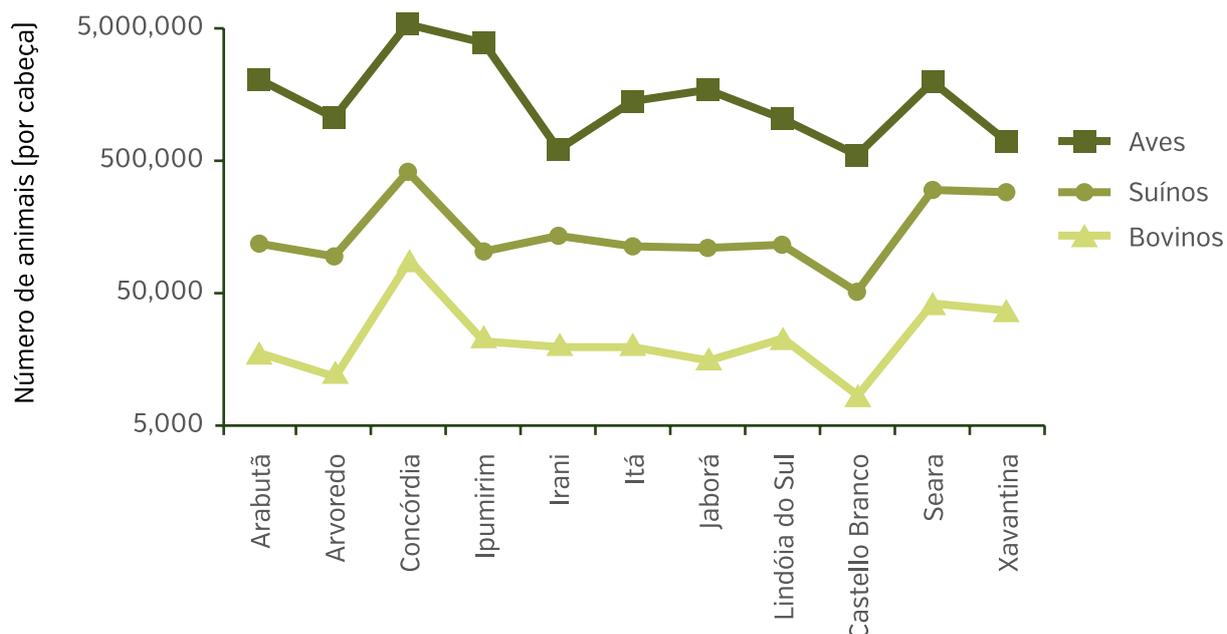
Fonte: IBGE.

A região deste estudo refere-se ao município de Concórdia no Oeste do estado de Santa Catarina. A mesorregião do oeste catarinense é formada por 118 municípios agrupados em cinco microrregiões: Chapecó (Oeste), Concórdia (Oeste), Joaçaba (Meio-Oeste), São Miguel do Oeste (Extremo-Oeste) e Xanxerê (Oeste). A microrregião de Concórdia, ou também denominada Alto Uruguai, é dividida em quinze municípios. Sua população em 2010 segundo IBGE era de 141.990 habitantes e possui uma área total de 3.058,720 km². Os municípios pertencentes a microrregião de Concórdia são: Alto Bela Vista, Arabutã, Arvoredo, Concórdia, Ipira, Ipumirim, Irani, Itá, Lindóia do Sul, Paial, Peritiba, Piratuba, Presidente Castelo Branco, Seara, Xavantina.

Alguns municípios, pertencentes à microrregião de Concórdia, foram selecionados para representar o Oeste de Santa Catarina, são eles: Arabutã,

Figura 14: Principais rebanhos da região oeste de Santa Catarina.

Arvoredo, Concórdia, Ipumirim, Irani, Itá, Jaborá, Lindóia do Sul, Presidente Castello Branco, Seara e Xavantina. O critério para a seleção foi o rebanho de suínos, pois a problemática dos dejetos da suinocultura é intensa nesta região. Todos os municípios selecionados possuem rebanhos com mais de 50.000 cabeças de suínos. A Figura 14 apresenta os principais rebanhos, além do de suínos, destes municípios do Oeste.



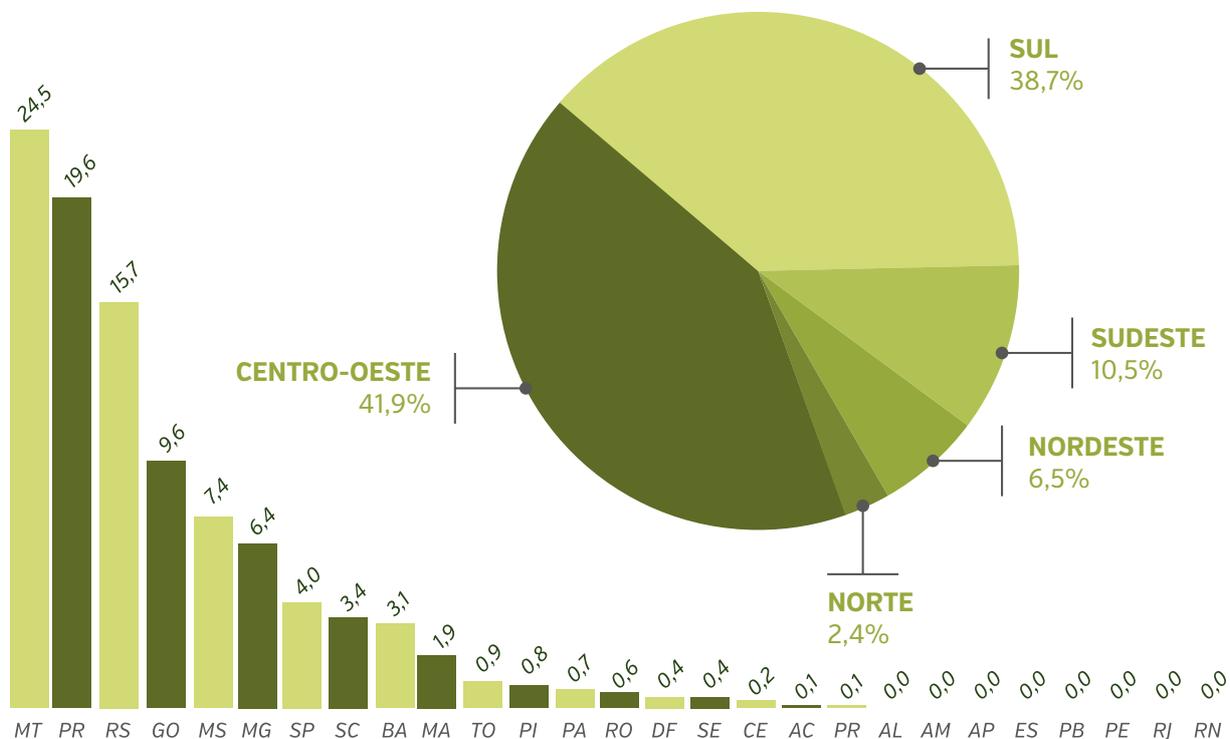
Fonte: IBGE - Dados sobre Pecuária. 2011.

De acordo com o trabalho da FIESC - Santa Catarina em Dados (2012), a região do oeste catarinense é destaque pelo setor industrial alimentício. Em 2010, essa região possuía 3.419 indústrias com 96,8 mil trabalhadores, sendo que esse setor de alimentos representava 16% do valor da transformação industrial de SC e 42,6% das exportações do estado, US\$ 3,8 bilhões (dado de 2011).

4.2. Características da agricultura

O Brasil é um país que possui uma área territorial extensa, sendo o quinto maior do mundo neste quesito; devido a esta característica, apresenta uma diversidade agrícola muito grande e com uma distribuição desigual entre suas grandes regiões e seus estados, conforme pode ser observado na Figura 15.

Figura 15: Participação na produção nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas, segundo as Regiões e Estados do Brasil.



Fonte: IBGE - Dados sobre Pecuária. 2011.

A agricultura da região sul do Brasil é bastante diversificada. De acordo com os dados do Censo Agropecuário de 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e os dados sobre as lavouras permanentes e temporárias de 2011, a Tabela 04 e as Figuras 16 e 17 destacam as principais culturas por estado e em relação às áreas destinadas a essas plantações, bem como o rendimento médio destas.

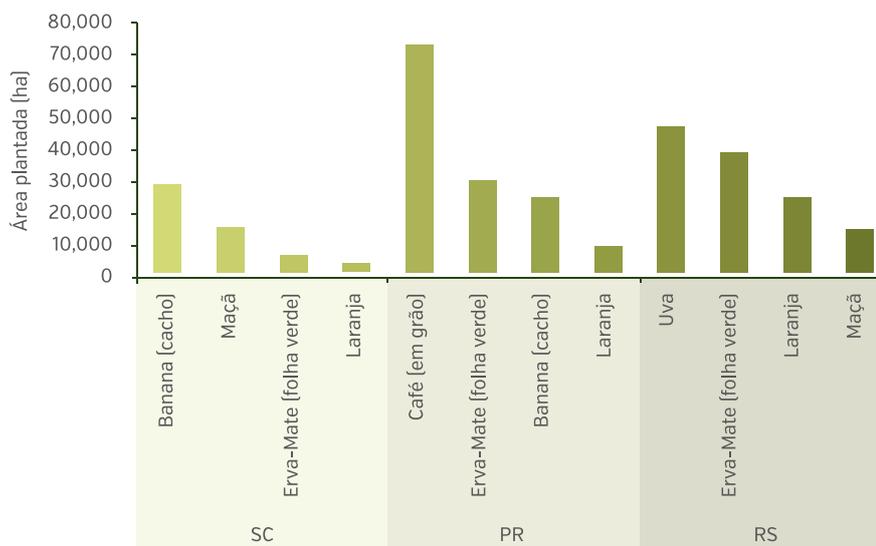
Tabela 3: Principais culturas das lavouras permanentes e temporárias da região Sul do Brasil.

ESTADOS	CULTURA	ÁREA PLANTADA (ha)	RENDIMENTO MÉDIO (kg/ha)
SC	Banana (cacho)	30.427	21.379
	Maçã	18.785	34.105
	Erva-mate (folha verde)	8.406	5.426
PR	Laranja	5.273	15.404
	Café (em grão)	74.854	1.479
	Erva-mate (folha verde)	31.779	3.846
RS	Laranja	27.143	28.904
	Banana (cacho)	10.684	22.799
	Uva	49.198	16.876
	Maçã	17.124	37.049

ESTADOS	CULTURA	ÁREA PLANTADA (ha)	RENDIMENTO MÉDIO (kg/ha)
SC	Milho (em grão)	542.42	6.734
	Soja (em grão)	457.422	3.258
	Arroz (em casca)	151.13	6.539
	Fumo (em folha)	134.248	1.949
PR	Soja (em grão)	4.555.312	3.393
	Milho (em grão)	2.470.174	5.178
	Trigo (em grão)	1.062.543	2.378
	Cana-de-açúcar	641.765	69.975
RS	Soja (em grão)	4.075.389	2.875
	Arroz (em casca)	1.169.849	7.648
	Milho (em grão)	1.100.309	5.249
	Trigo (em grão)	932.39	2.944

Lavoura Temporária

Figura 16: Principais culturas, em relação à área plantada, de lavoura permanente nos estados da região sul do Brasil.



Fonte: Indicadores do IBGE. Estatística da produção agrícola. Agosto 2013.

Figura 17: Principais culturas, em relação à área plantada, de lavoura temporária nos estados da região sul do Brasil.



Fonte: Indicadores do IBGE. Estatística da produção agrícola. Agosto 2013.

Tabela 5: Áreas de utilização das terras na região Sul do Brasil.

Os dados completos das culturas de cada tipo de lavoura dos três estados encontram-se no Apêndice A. A relação das áreas totais dos estabelecimentos agropecuários por tipo de lavoura de cada estado e as áreas destinadas a pastagem estão apresentadas na Tabela 05.

UTILIZAÇÃO DE TERRAS	ÁREAS (HA) DOS ESTADOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL		
	SC	PR	RS
Lavouras permanentes	219.965	983.854	294.383
Lavouras temporárias	1.448.685	5.414.528	6.398.530
Forrageiras para corte	52.853	111.998	260.356
Pastagens plantadas degradadas	63.317	293.053	95.759
Pastagens plantadas em boas condições	385.236	3.124.615	881.064

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário de 2006.

Em relação à região oeste do estado de Santa Catarina, as lavouras permanentes são compostas basicamente pelas culturas de erva-mate, laranja e uva, com áreas plantadas de 1.291, 735 e 294 hectares respectivamente, como pode ser observado na Figura 18. As principais lavouras temporárias são de milho, com 38.800 ha, soja com 1.800 ha, feijão com 668 ha e cana-de-açúcar com 632 ha. Os detalhes podem ser visualizados na Figura 19.

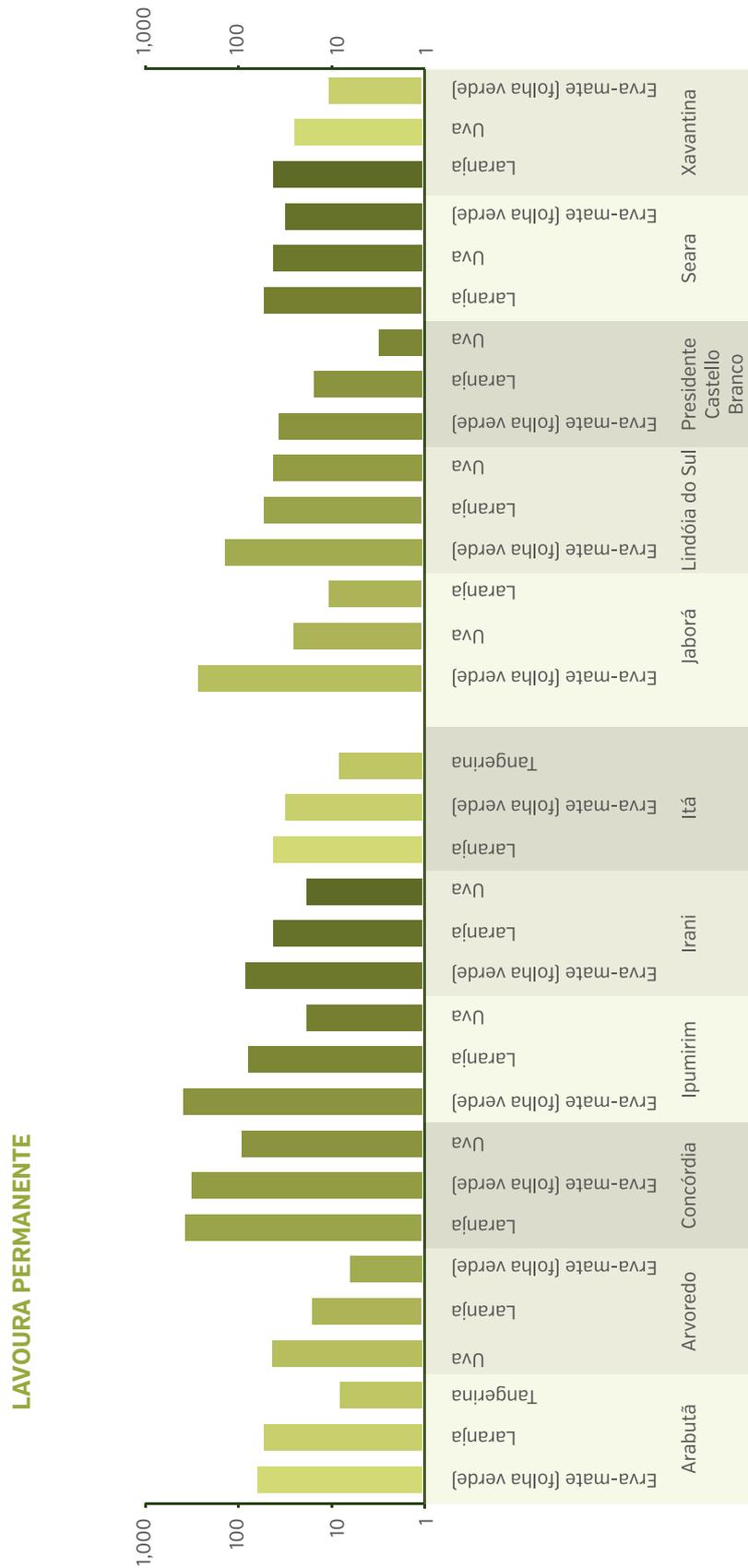


Figura 18: Principais culturas, em relação à área plantada, de lavoura permanente no oeste de SC.

Fonte: Biogastec.

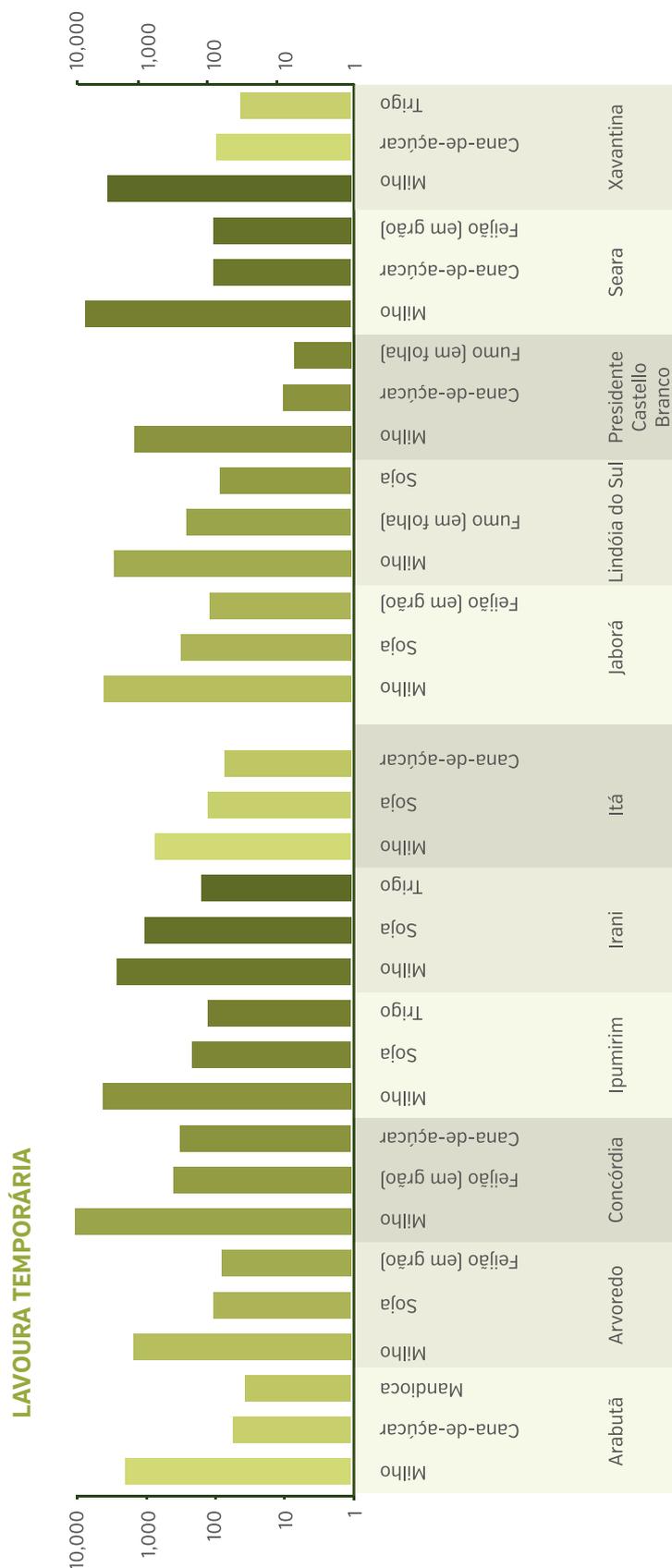


Figura 19: Principais culturas, em relação à área plantada, de lavoura temporária no oeste de SC.

Fonte: Biogastec.

Tabela 6: Áreas de utilização das terras na região oeste de Santa Catarina.

A Tabela 06 apresenta as áreas totais dos estabelecimentos agropecuários na região oeste de Santa Catarina, representada pelos municípios selecionados. As áreas são indicadas por tipo de lavoura e pela destinação a pastagens.

UTILIZAÇÃO DE TERRAS EM (HA)	LAVOURAS PERMANENTES	LAVOURAS TEMPORÁRIAS	FORRAGEIRAS PARA CORTE	PASTAGENS PLANTADAS DEGRADADAS	PASTAGENS PLANTADAS EM BOAS CONDIÇÕES
Arabutã	418	3.263	168	89	1.04
Arvoredo	119	2.078	108	58	1.624
Concórdia	3.518	16.472	576	250	3.17
Ipumirim	1.303	4.743	48	720	1.462
Irani	1.992	5.204	44	444	2.289
Itá	464	2.735	121	694	2.593
Jaborá	425	3.702	27	16	1.01
Lindóia do Sul	706	4.068	94	61	2.121
Pres. Castello Branco	499	1.764	71	Não disponível	0:00
Seara	999	6.828	225	1.559	2.017
Xavantina	272	4.664	135	690	6.797

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário de 2006.

4.3. Concórdia

O município de Concórdia possui uma área territorial de 799.879 km² com uma população de 69.048 habitantes. Limita-se ao norte pelos municípios de Lindóia do Sul, Ipumirim, Arabutã e Irani; ao sul, pelo Estado do Rio Grande do Sul, o município de Alto Bela Vista e Peritiba; a leste, pelos municípios de Jaborá, Presidente Castello Branco, Ipira e a oeste, pelo município de Itá.

A sua hidrografia é constituída pelo Rio Uruguai, Rio Jacutinga, Rio Rancho Grande, Rio Suruvi, Rio dos Queimados, Rio do Peixe, destacando-se ainda o Rio dos Fragosos e o Pinhal.

O clima é superúmido e mesotérmico do tipo temperado. A temperatura média anual é baixa, em torno de 17°C, com grande amplitude térmica, cerca de 10°C em média. O verão é um pouco quente e a temperatura média oscila em torno de 22°C, porém é comum a ocorrência de forte calor, tendo sido registradas máximas em torno de 30°C a 31°C. O inverno é frio com temperatura média em torno de 13°C e a média dos mínimos entre 6 e 9°C. Situado em latitude média, esse município está sujeito, durante todo o ano, a constantes invasões de frentes de origem polar, implicando em bruscas mudanças de temperatura e muito sujeito a geadas. Os totais anuais de chuvas são elevados, geralmente em torno de 2.000 mm bem distribuídos ao longo do ano. O município normalmente não apresenta estação seca e sim grandes excedentes hídricos (Concórdia, 2013).

Em relação ao solo, predominam solos minerais pouco profundos suscetíveis de erosão moderadamente drenados, ácidos com elevados teores de mineral primários, fonte de nutrientes para as plantas. Esses aparecem associados a solos também minerais pouco desenvolvidos, raros, bastante suscetíveis à erosão, geralmente bem drenados e com restrições ao uso agrícola, devido à pouca profundidade. Ocorrem também, solos profundos suscetíveis à erosão, bem drenados, ácidos, com elevados teores de alumínio e apresentando problemas de fertilidade devido à pobreza de elementos nutritivos. Finalmente, encontramos em associação, solos pouco profundos, suscetíveis à erosão, moderadamente drenados, de fertilidade natural variando de baixa a alta de acordo com sua reserva nutricional (Concórdia, 2013).

Concórdia possui os maiores rebanhos da região oeste catarinense composto de 420.580 cabeças de suínos, 5.553.268 cabeças de aves e 88.645 cabeças de bovinos. E, em relação às lavouras, também possui as maiores área de lavouras permanentes de laranja, erva-mate e uva com, respectivamente, 350, 300 e 87 hectares, e de lavouras temporárias de milho com 10.000 ha, feijão com 380 ha e cana-de-açúcar com 312 ha.

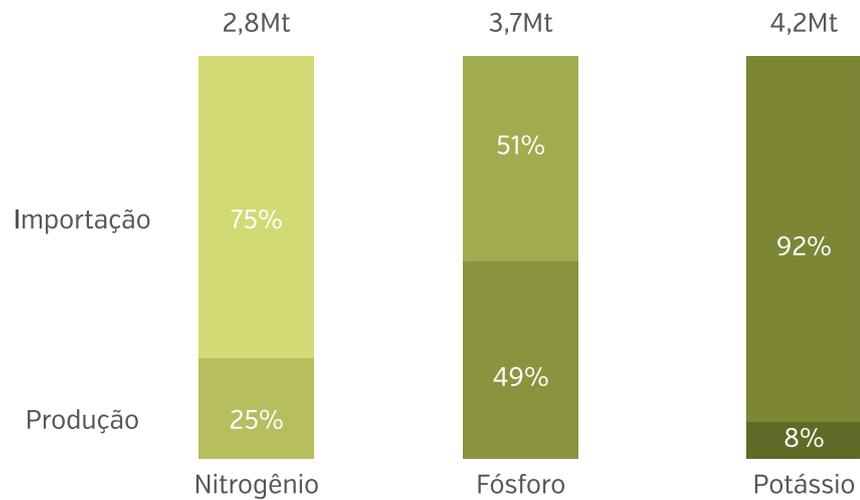
4.4. Utilização de fertilizantes

Os fertilizantes podem ser classificados em três tipos:

- >> Fertilizante mineral: produto de natureza mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes para as plantas.
- >> Fertilizante orgânico: produto de natureza orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, com base em matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais.
- >> Fertilizante organomineral: produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos.

De acordo com Dias, 2006, a cadeia de fertilizantes minerais é constituída, principalmente, pelos compostos de nitrogênio, fósforo e potássio, e apresenta situações diferenciadas no Brasil. O fosfato, retirado da rocha fosfática, apresenta boas condições competitivas. Em relação aos fertilizantes nitrogenados, a volatilidade de preços e a insuficiente disponibilidade de gás natural no país, exerce grande impacto sobre a cadeia produtiva (amônia/ureia). O cloreto de potássio é o item com maior porcentagem de importação. O Brasil importa grande parte dos fertilizantes (NPK) consumidos internamente, como pode ser observado na Figura 20 e confirmado com os dados da Tabela 07.

Figura 20: Consumo e dependência de nutrientes no Brasil em 2007.



Fonte: "Oficina sobre fertilizante no Brasil" apud Ministério da Fazenda, 2013

Tabela 7: Produção, importação e oferta de fertilizantes intermediários e finais (mil toneladas) no Brasil - 2008

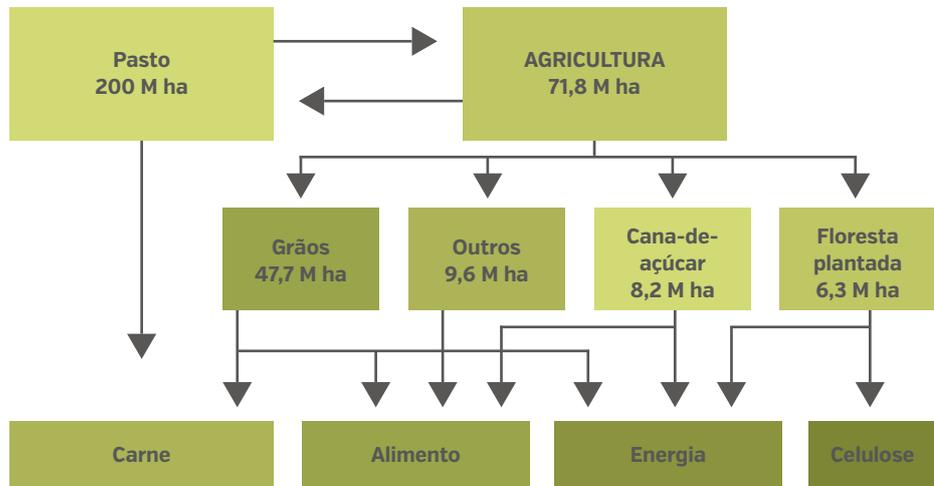
INTERMEDIÁRIO	PRODUÇÃO NACIONAL (A)	IMPORTAÇÃO (B)	TOTAL (A+B) = C	(A/C) PRODUÇÃO/OFFERTA TOTAL
Sulfato de Amônio	217.958	1.411.201	1.629.159	13,38%
Ureia	792.898	2.112.694	2.905.59	27,29%
Super Simples	4.707.201	300.753	5.007.954	93,99%
Super Triplo	759.813	1.011.100	1.770.913	42,91%
DAP	0	493.631	493.631	0,00%
MAP	113.097	1.053.958	1.167.055	9,69%
Nitrato de Amônio	283.664	714.253	997.917	28,43%
Cloreto de Potássio	671	6.656.000	7.327.000	9,16%
Total Intermediários	7.545.631	13.753.590	21.299.221	35,43%
NPK	22.429.232	270.162	22.699.394	98,81%

Fonte: Associação dos Misturadores de Adubos - AMA apud Ministério da Fazenda, 2013 apud Ministério da Fazenda, 2013.

No Brasil, os custos de produção dos fertilizantes são elevados devido às dificuldades logísticas, insuficiente infraestrutura portuária e pelos preços dos fretes, que sobrecarregam o custo da matéria-prima importada.

A Figura 21 apresenta a situação do sistema de produção agrícola no Brasil, sendo possível observar a necessidade dos fertilizantes não apenas para a agricultura, mas grande parte para a pecuária também para aplicação na pastagem para a produção de carne.

Figura 21: Sistema brasileiro de produção agrícola.

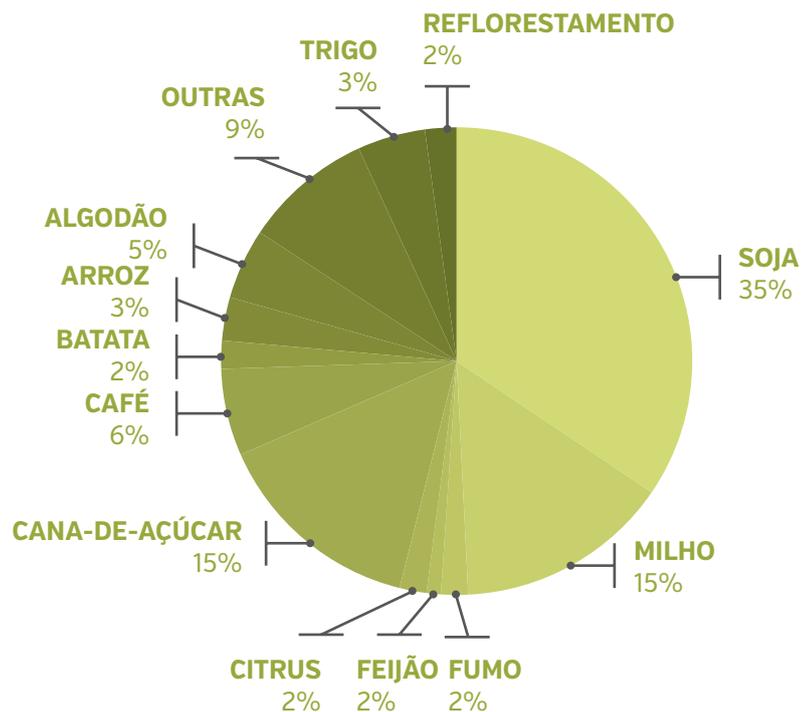


Fonte: Biogastec.

De acordo com Nassar, 2011 apud Tavares, 2013, se a participação do Brasil como fornecedor mundial continuar aumentando, comparando a produção atual com a estimada para 2030, nosso crescimento será de 49% na carne bovina, 48% na carne suína, 77% na carne de frango, 65% no açúcar, 16% no arroz, 83% no milho e 98% na soja. Estes dados indicam que a demanda de fertilizante só tende a aumentar para atender essa necessidade de crescimento.

De acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA, 2013, o mercado nacional de fertilizantes movimentou, em 2010, cerca de 24,5 milhões de toneladas. A cultura que mais consome fertilizantes no Brasil é a soja, atingindo 35% do total entregue no País. Outras culturas, como milho, cana-de-açúcar, café e algodão totalizam 77% das vendas de fertilizantes no mercado brasileiro, estes números podem ser observados na Figura 22.

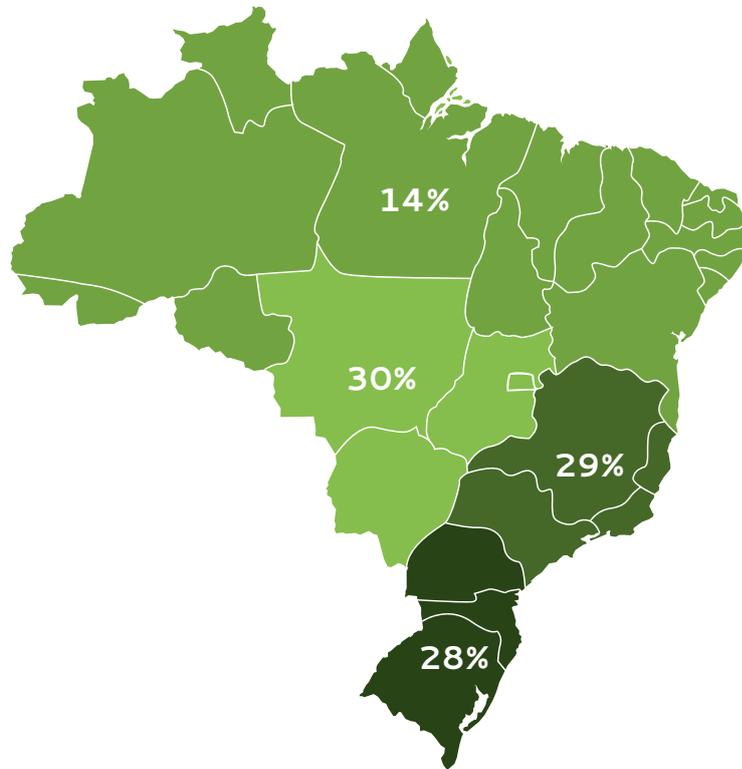
Figura 22: Consumo de fertilizante por cultura em 2010.



Fonte: Gestão de Informação de Marketing - Bunge Fertilizantes, 2011 apud Tavares, 2013.

A Figura 23 apresenta o consumo de fertilizante nos Brasil por região, onde os maiores consumidores o Centro-Oeste, o Sudeste e o Sul, na sequência.

Figura 23: Consumo de fertilizante por cultura em 2010.



Fonte: Tavares, 2013

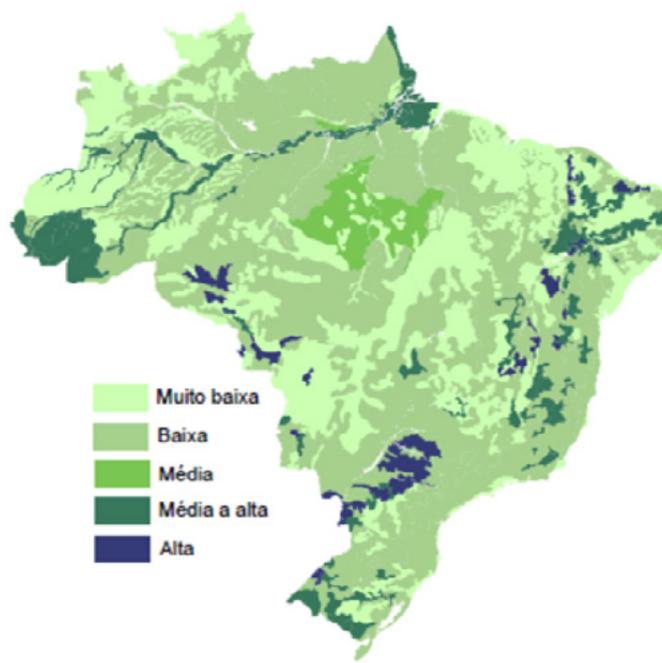
De acordo com Tavares, 2013, as formulações básica dos fertilizantes (NPK) são compostas basicamente de acordo com a cultura a ser aplicada, tipo e origem do solo, condições físico-químicas da terra, região geográfica e a produtividade desejada. Além dos macronutrientes (NPK), os fertilizantes podem ser formulados conforme as condições de solo, região e produtividade com macronutrientes secundários, como enxofre, magnésio e cálcio e micronutrientes como ferro, manganês, zinco, cobre, cobalto, molibdênio, boro, cloro e silício.

No Brasil, de forma geral, os solos são pobres em relação a nutrientes, existindo a necessidade de construir a fertilidade dos solos, deixando o país dependente dos fertilizantes. A Figura 24 ilustra a situação da baixa fertilidade do solo em todo território brasileiro.

No primeiro semestre de 2013, Santa Catarina apresentou um aumento de 18,6% na entrega de fertilizantes ao consumidor final, quando comparada com igual período do ano anterior.

A soja, principal cultura que emprega fertilizantes no Brasil, segundo estimativas da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), em 2012, apresentou incremento nas entregas de 12,1% em relação ao ano anterior. No referido período, ocorreu acréscimo nas entregas para importantes culturas, como sorgo (15,0%), reflorestamento (11,9%), milho (6,1%), pastagens (3,2%), arroz (2,0%), feijão (1,8%) e cana-de-açúcar (0,1%). Em contrapartida, registrou-se retração nas entregas para diversas culturas, como algodão herbáceo (-28,9%), laranja (-13,1%), fumo (-7,6%), tomate (-7,5%), banana (-2,7%), café (-0,8%), trigo e batata (-0,5%), segundo dados apresentados pelo Instituto de Economia Agrícola em 2013.

Figura 24: Sistema brasileiro de produção agrícola.



Fonte: IBGE 2002 ELAB. MB AGRO.

4.5. Fertilizantes orgânicos

Os adubos classificados como orgânicos, de forma simplificada, são aqueles originados de plantas e animais, como por exemplo dejetos de bovinos e suínos, camas de aviários, torta de usina de cana-de-açúcar, torta de mamoná, farinha de ossos, vermicomposto e outros tipos de resíduos orgânicos industriais. Eles podem ser misturados entre si ou compostos com o enriquecimento de nutrientes minerais.

Na região oeste de Santa Catarina, devido à intensa produção de suínos e aves, os dejetos desses animais são frequentemente utilizados como fertilizantes orgânicos, como já foi descrito no item 2.1 deste caderno.

De acordo com a Embrapa (DIESEL, 2002) o esterco líquido dos suínos contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais. Assim, o esterco de suínos como fertilizante e quando utilizado

de forma equilibrada pode ser capaz de substituir, com vantagens, parte ou, em determinadas situações, totalmente a adubação química das culturas. No caso do oeste de Santa Catarina, geralmente é utilizado um fertilizante mineral nitrogenado para complementação, como a ureia ou sulfato de amônio.

A recomendação técnica, até o momento, para o manejo destes resíduos líquidos (dejetos de suínos) é o armazenamento e tratamento em esterqueiras ou lagoas, para posterior uso em lavouras como fertilizante. No entanto, essa estratégia de armazenagem e distribuição não permite que esse processo apresente-se como uma forma de controle da poluição, além de revelar um distanciamento da realidade, necessidade e interesse dos produtores (OLIVEIRA, 2013).

4.6. Adubação do solo

Conforme a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004, o sistema de recomendação de adubação, tem por objetivo, elevar o teor dos nutrientes no solo a níveis considerados adequados para as culturas expressarem seu potencial de rendimento. Este sistema deve seguir as seguintes etapas: amostragem representativa do solo e do tecido vegetal, análise em laboratório, interpretação dos resultados e recomendação de corretivos e fertilizantes.

A recomendação de adubação é calculada para cada tipo de cultura, considerado um rendimento de referência (rendimento mínimo), o valor de adubação de manutenção e as quantidades a serem adicionadas por tonelada de grãos produzidos acima do rendimento de referência, como pode ser observado na Tabela 08 (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

No caso dos adubos orgânicos, devido à menor concentração de nutrientes, é necessária a aplicação de um volume maior em comparação com os fertilizantes minerais, para suprir a mesma demanda de nutrientes. Além do fornecimento de nutrientes, os resíduos orgânicos podem contribuir para a agregação do solo, melhorando a estrutura, a aeração, a drenagem e a capacidade de armazenamento de água.

A Tabela 08 apresenta as necessidades de nitrogênio e fósforo, nutrientes mais exigidos para a cultura de milho e para áreas destinadas a pastagem, seguindo as regras do Manual de Adubação de Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004). Estes valores foram ajustados às práticas e condições locais e são apresentados com diferentes possibilidades de rendimento.

Os materiais orgânicos devem ser aplicados ao solo imediatamente antes da semeadura ou plantio para possibilitar melhor aproveitamento dos nutrientes, minimizando as perdas por escoamento superficial e por lixiviação de nitrato. A maior perda de amônia ocorre durante o transporte e aplicação do produto. Para diminuir as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia, os estercos devem ser aplicados em dias com temperatura baixa ou antes de uma chuva ou irrigação.

Tabela 8: Valores de adubação de manutenção de fósforo e de potássio das culturas de grãos para os rendimentos especificados e quantidades a serem adicionadas por tonelada de grãos produzidos acima do rendimento de referência.

CULTURA	RENDIMENTO REFERÊNCIA	VALORES DE MANUTENÇÃO (M) PARA O RENDIMENTO REFERENCIAL(1)		QUANTIDADE A ACRESCENTAR POR TONELADA ADICIONAL DE GRÃOS A SEREM PRODUZIDOS	
	t/ha	kg DE P ₂ O ₅ /ha	kg DE K ₂ O/ha	kg DE P ₂ O ₅ /ha	kg DE K ₂ O/ha
Amendoim	2	30	40	15	20
Arroz irrigado	4	20	20	10	10
Arroz sequeiro	2	20	20	10	10
Aveia branca	2	30	20	15	10
Aveia preta	2	30	20	15	10
Canola	1,5	30	25	20	15
Centeio	2	30	20	15	10
Cevada	2	30	20	15	10
Ervilha seca e Ervilha forrageira	1,5	30	40	15	20
Ervilhaca	1	20	30	20	25
Feijão	1,5	25	30	15	20
Girassol	2	30	30	15	15
Linho	1,5	30	40	15	15
Milho	4	45	30	15	10
Milho pipoca	3	25	25	15	10
Nabo forrageiro	2	30	40	15	20
Painço	1,5	20	15	15	10
Soja	2	30	45	15	25
Sorgo	3	35	25	15	10
Tremoço	2	25	45	15	25
Trigo	2	30	20	15	10
Triticale	2	30	20	15	10

(1) Os valores de manutenção (M) podem ser diferentes do resultado da multiplicação do rendimento referência (coluna 2) pelos valores das colunas 5 e 6, pois os valores destas colunas foram ajustados para se enquadrarem em meia ou na dezena inteira.

Tabela 9: Nutrientes necessários para cultivo de milho e pastagem.

CULTIVO DE MILHO			
Produção anual	Alta 10 t/ha	Média 7 t/ha	Baixa 4 t/ha
N (kg/ha)	160	115	70.00
P (kg P ₂ O ₅ /ha)	165	120	75

CULTIVO DE PASTAGEM (AVEIA)			
Produção anual	Alta 9 t/ha	Média 7 t/ha	Baixa 5 t/ha
N (kg/ha)	170	120	70.00
P (kg P ₂ O ₅ /ha)	110	90	70

Segundo Oliveira, 2013, os dejetos de suínos podem ser usados na fertilização das lavouras, trazendo benefícios ao produtor rural sem comprometer a qualidade do solo e do meio ambiente. Para tanto, é fundamental a elaboração de um plano técnico de manejo e adubação, considerando a composição química dos dejetos, a área a ser utilizada, a fertilidade e tipo de solo e as exigências da cultura a ser cultivada.

No entanto, a aplicação dos dejetos no solo, muitas vezes, ocorre de forma errônea, não respeitando o período de armazenamento legal e os volumes pré-estabelecidos pela legislação segundo as Instruções Normativas (IN) da FATMA: IN – 11 (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE, 2009^a) e IN – 41 Termo de Ajustamento de Conduta (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE, 2009b), as quais estabelecem que a aplicação de dejetos no solo deve ser feita após um período de armazenamento de 120 dias no seu sistema de armazenamento/tratamento e o volume máximo para aplicação é de 50 m³/ha/ano, respeitando sempre as recomendações de adubação indicadas em laudo técnico e baseadas em análises de solo (TAVARES, 2012).

A aplicação de quantidade excessiva de fertilizantes orgânicos ou minerais no solo podem causar impactos ambientais como os citados pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004:

- >> acúmulo de nitrato em águas superficiais e/ou subterrâneas;
- >> aumento do teor de fósforo em águas superficiais, provocando eutrofização;
- >> aumento da carga orgânica e da demanda biológica de oxigênio (DBO) nos corpos d'água, com prejuízo para a fauna aquática;
- >> alteração do pH do solo, por exemplo o aumento do pH devido à aplicação de resíduo alcalino e;
- >> acúmulo de metais pesados no solo, tornando-o impróprio à produção de alimentos para consumo humano.

5

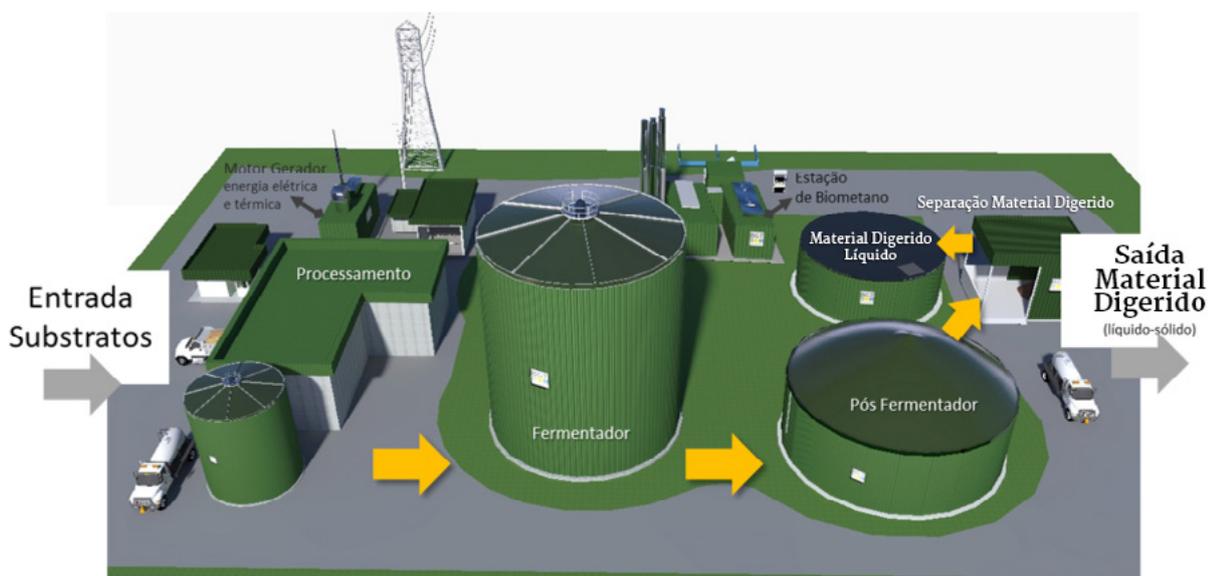
CENÁRIOS PARA O TRATAMENTO E/OU APLICAÇÃO DO EFLUENTE DA USINA DE BIOGÁS

Para a obtenção de dados suficientes para elaboração de cenários de aplicação do efluente, resultado da fermentação anaeróbica em reator com agitação contínua (CSTR), é preciso simular o processo de uma usina de biogás visando o fluxo do material digerido, de acordo com a Figura 25, considerando os resíduos que serão utilizados como substratos, as devidas quantidades e os resultados das análises laboratoriais. Com o processamento de todos esses dados é possível determinar a produção de biogás, as características do input e, conseqüentemente, as características do material digerido.

Os cenários foram elaborados pela equipe da BGT Energie e contou com a participação do engenheiro Christoph Zimmermann da UTEC, Bremen e o Dr. Walter Stinner do DBFZ, Leipzig, ambos alemães e com vasta experiência no assunto.

A Tabela 10 apresenta os dados referentes aos substratos disponíveis para este processo, considerando as análises físico-químicas realizadas. As amostras de cama de aviário e suínos mortos não foram consideradas no processo. Após a simulação dos cálculos, constatou-se que o elevado teor de nitrogênio presente nesses substratos é capaz de comprometer a biologia do processo, colocando em risco a produção constante de biogás. Outras questões, como logística e mercado, também foram consideradas.

Figura 25: Fluxograma básico relativo à entrada de substratos até a saída do material digerido.



Fonte: Biogastec.

Tabela 10: Substratos disponíveis para simulação do processo de obtenção do material digerido.

SUBSTRATO	INPUT t MF/d	ST %	SV % DE ST	DEGRADAB. % DE SV	REND. BIOGÁS nm ³ /t MF	BIOGÁS Nm ³ /d	CH ₄ %	CH ₄ nm ³ /d
Dejeto Suínos	1.3	7,0	77,5	63	27	35.159	58	20.551
Lodo FQ	32	39,0	89,3	84	324	9.023	66	5.922
Lodo Biológico	7	41	90,0	87	92	1.195	64	803
Lodo LV	2	32,5	65,8	92	161	322	60	192
Leite	2	12,5	95,0	57	74	148	69	102
Res. Incubatório	8	20,9	91,9	85	131	1048	70	736
Total	1.351	7,9%	79,1%	66%	34	46.895	60	28.306

Fonte: Adaptado de Zimmermann, 2013.

5.1. Condições para o processo de digestão anaeróbica

Considerando a utilização de reatores do tipo CSTR para o processo de digestão anaeróbica, este é mantido estável com uma carga orgânica em torno de 3,0 [kg/m³ x d], sendo o tempo mínimo de retenção deste sistema de 14 dias. No entanto, para os substratos indicados, o tempo de retenção deve ser de 20 dias para a degradação eficiente e geração de biogás. A temperatura para a digestão deve ser entre 33 – 35°C para manter o balanço de NH₃ e NH₄ e o teor de sólidos no interior do reator deve ser inferior a 12% garantindo uma boa agitação do sistema.

As premissas para o desenvolvimento da simulação deste modelo de usina de biogás estão apresentadas na Tabela 11, garantindo assim a existência de uma boa condição de degradação dos sólidos voláteis de todos dos substratos.

Tabela 11: Premissas para o desenvolvimento da simulação da usina de biogás.

Tempo mínimo de retenção	20d
Máxima produção de biogas específico [SV]	3,0 m ³ /m ³ /d
Máxima concentração de NH _x -N no fermentador	4.000 mg N/l
Input máximo de ST	15%
Valor máximo de ST no fermentador	10%
% de degradação [SV] em ambiente anaeróbico	8%

Fonte: Zimmermann, 2013

A concentração de nitrogênio nos substratos é um dos fatores determinantes para o ambiente biológico e consequentemente para a produção de biogás. Dessa forma o teor de NH_x não deve ser superior a 4.000mg/l. Para minimizar esse excesso de NH_x é preciso diluir o conteúdo do fermentador com água ou líquido recirculado, usando equipamentos de stripping ou sistema de evaporação. Outra forma para reduzir o teor de NH_x é a eliminação

por stripping sem água de diluição, mas com a implantação de um sistema mais complexo de captação.

O modelo simulado tem como objetivo a produção aproximada de 25.000 Nm³/dia de biometano. Diante disso é necessária uma avaliação sobre a possibilidade de integrar ou não todos os substratos disponíveis e até mesmo reduzir algumas quantidades de inserção na usina, procurando uma otimização técnica, juntamente com redução de investimento.

Considerando a concentração de nitrogênio dos substratos e o volume de biometano desejado, dois modelos são possíveis: (1) aplicação de água para diluição e conseqüente aumento do volume do reator, resultando em aumento nos custos de investimento e operação ou (2) aplicação de método de extração de NH_x sem adição de líquido.

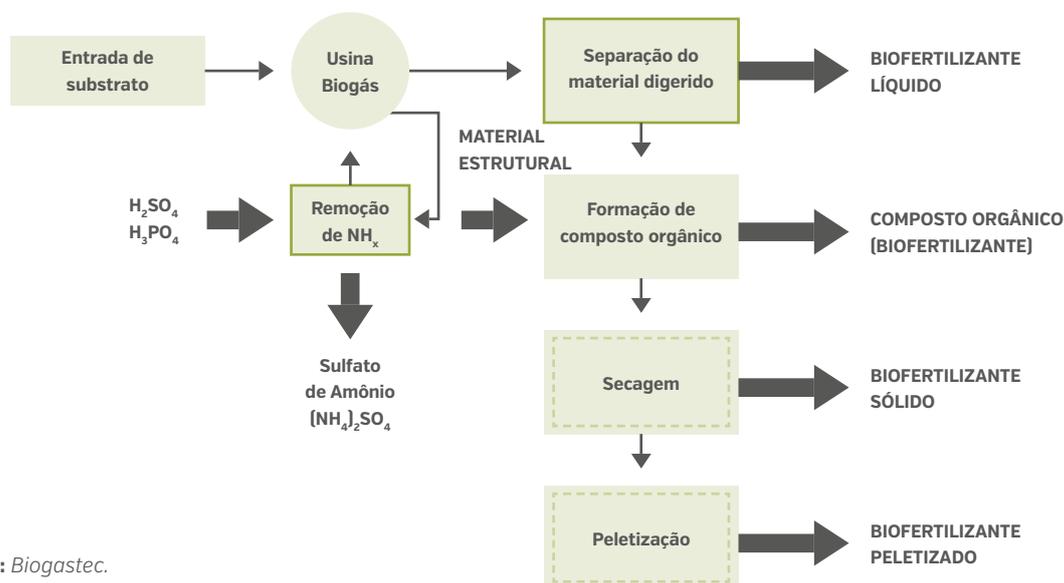
Na Tabela 12 é possível verificar o volume de input dos dois modelos para retirada de NH_x do sistema, com diluição e sem diluição. Também é possível verificar que, atendendo a condicionante do projeto de produção de 25.000 Nm³/dia de biometano é possível reduzir o input de dejetos de suínos para 1.150 t/d.

Na opção de eliminação de NH_x sem adição de água ou recirculado, o processo de geração de biogás ocorre conforme apresentado na Figura 26.

Tabela 12: Definição dos substratos, com a condição de NH_x= 4.000 mg/l, para processos de eliminação de NH_x com e sem diluição.

SUBSTRATO	INPUT T MF/D	ST %	SV % DE ST	DEGRADAB. % DE SV	REND. BIOGÁS nm ³ /t MF	BIOGAS NM ³ /D	CH ₄ %	CH ₄ nm ³ /d
Dejetos de Suínos	1.15	7,0	77,5	63	27	31.102	58	18.18
Lodo FQ	32	39,0	89,3	84	324	9.023	66	5.922
Lodo Biológico	700%	41	90,0	87	92	1.195	64	803
Lodo LV	200%	32,5	65,8	92	161	322	60	192
Leite	200%	12,5	95,0	57	74	148	69	102
Res. Incubatório	8	20,9	91,9	85	116	931	70	655
Água - Diluição	396	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Total	1.597	6,0%	79%	66%	26	42.721	60	25.632
Total sem diluição - baixo teor NH _x	1.201	8,0%	79%	66%	35	42.721	60	25.632

Figura 26: Diagrama do processo de eliminação de NH_x sem diluição.



Fonte: Biogastec.

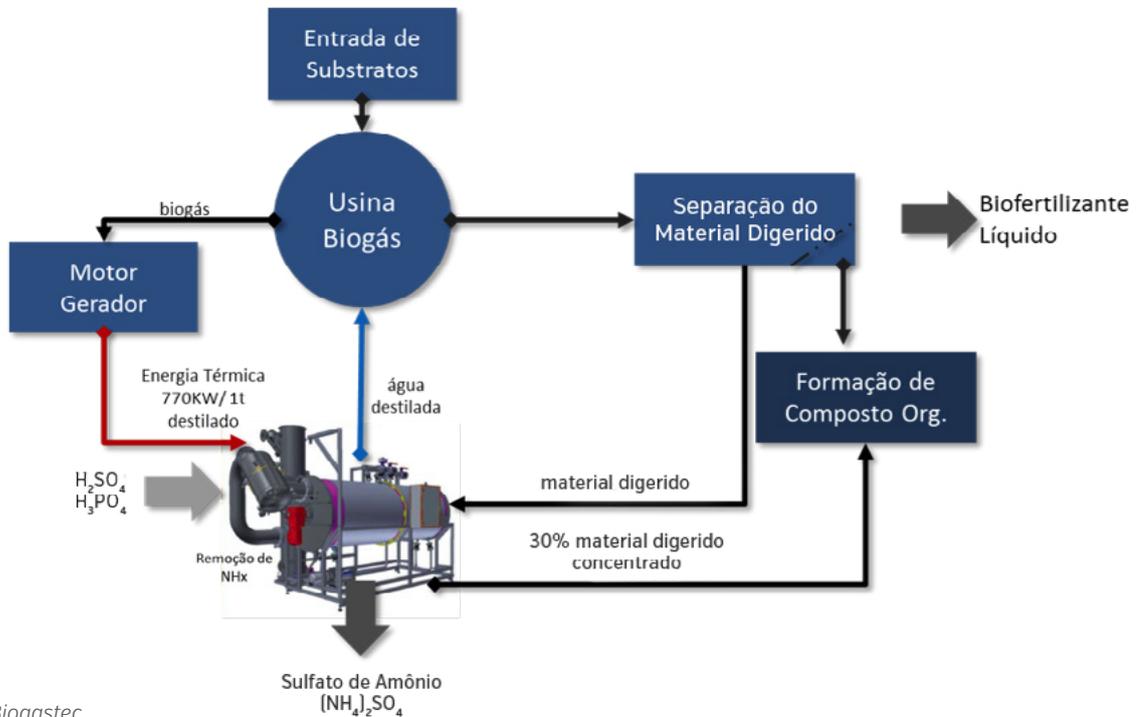
5.2. Processo de eliminação de NH_x

Existem várias soluções para minizar o NH_x do conteúdo do fermentador no processo anaeróbio. Para essa simulação serão avaliados dois modelos:

- >> Evaporação a Vácuo
- >> Processo de Stripping

Para seu funcionamento, o processo de evaporação a vácuo necessita de uma parte do material digerido líquido (pós-separação) e grande quantidade de energia térmica. O processo da evaporação destila o recirculado, eliminando o NH_x , e a parte condensada volta como água para o fermentador. Esse processo não influencia no aumento do volume do tanque digestor. As Figuras 27 e 28 demonstram o diagrama do processo de eliminação de NH_x por evaporação a vácuo e um exemplo dos equipamentos para evaporação a vácuo (Metzger), respectivamente. Para o modelo em estudo, a necessidade de calor seria de aproximadamente 8MW, quantidade não alcançada pelo motor gerador e nem pelo sistema de purificação que estão previstos no estudo. Logo, para o processo ser eficiente, faz-se necessária a implantação de uma caldeira, cujo custo é de aproximadamente três milhões de euros, valor que inviabilizaria o projeto atualmente.

Figura 27: Diagrama do processo de eliminação de NH_x por evaporação a vácuo.



Fonte: Biogastec.

Figura 28: Exemplo dos equipamentos para evaporação a vácuo – Metzger.



Fonte: Biogastec.

Esse equipamento a vácuo, apesar de seu alto custo, também é indicado para projetos onde se deseja realizar a ultrafiltração do material digerido até a obtenção de água de reuso.

O processo de eliminação de NH_x por Stripping atua diretamente no fermentador, com aquecimento dos substratos no pós fermentador e subsequente direcionamento do biogás, com grande concentração de NH_x , para um tanque de absorção onde ele reage com H_2SO_4 produzindo o sulfato de amônio.

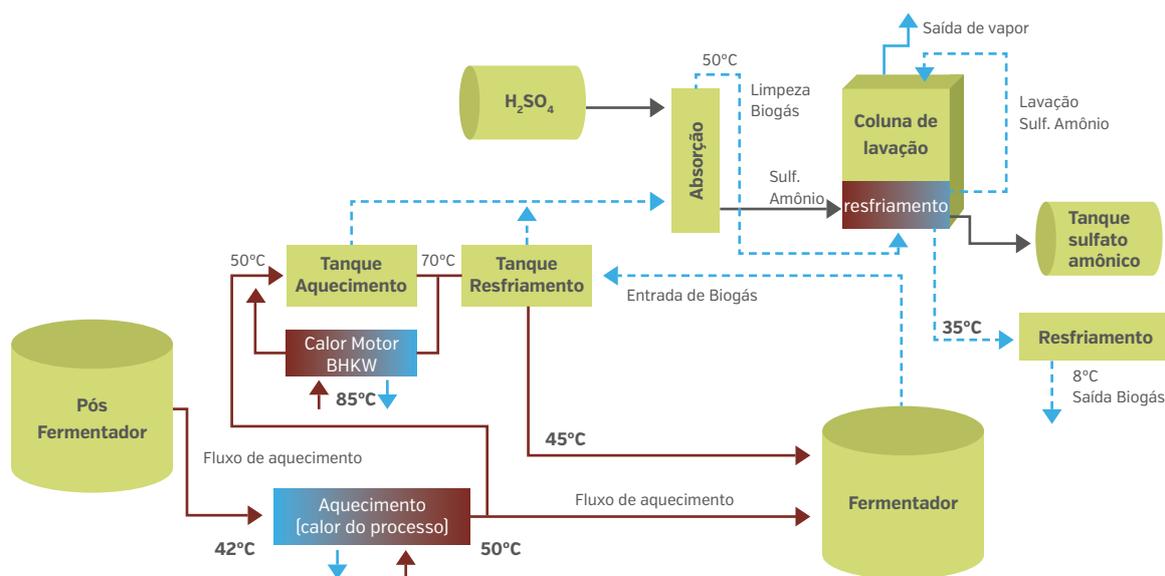
O sulfato de amônio, após passar por um processo de lavagem, é armazenado em um tanque e pode ser comercializado como líquido ou cristal. O biogás, após resfriado, segue para o sistema de purificação e para o motor gerador.

A Figura 29 demonstra o diagrama do processo de retirada de NH_x pelo processo de Stripping. Nesse processo a energia consumida provém do sistema de calor do motor gerador da planta de biogás ou do aquecimento da planta de purificação de biogás, quando existente. O seu consumo de calor é compatível com o potencial de energia térmica da maioria das plantas de biogás.

O valor de aquisição do NH_x -Stripping é de aproximadamente 400.000 euros. Também deve ser considerado o consumo diário de H_2SO_4 , usado no processo de acidificação. Este ácido está disponível no mercado brasileiro a um custo estimado de R\$1.500,00/t.

Com a implantação de um sistema de eliminação de NH_x é possível reduzir o volume do fermentador em até 25%. Esse processo também contribui para o aumento de matéria seca do material digerido, o que influi diretamente nas características do biofertilizante.

Figura 29: Diagrama do processo de retirada do NH_x por Stripping



Fonte: Biogastec.

5.3. Sistema de tratamento do material digerido

Nos conceitos de usinas de biogás para o Brasil, entende-se que a utilização do processo de separação da fração sólida e líquida do material digerido será frequentemente adotada. Esse processo será utilizado justamente para o aproveitamento da parte sólida como receita ou até mesmo para minimizar custos de transporte.

Em algumas situações, a utilização local da fração líquida como biofertilizante se encaixa perfeitamente ao conceito, devido a disponibilidade de cultura local e a possibilidade de substituir o fertilizante químico por um produto orgânico. No entanto, alguns projetos deverão ser concebidos levando em consideração o não aproveitamento local da parte líquida do material digerido e, partindo destes cenários, serão apresentadas algumas soluções para a destinação desse material.

Figura 30: Processo de separação do material digerido.



Fonte: Biogastec.

No caso desse estudo, com utilização de predominantemente dejetos de suínos, com pouco material fibroso, como substrato, para o processo de separação pode-se utilizar centrífuga, centrífuga decanter, peneira estática e screw press.

Pelo sistema de centrifugação, vide Figura 31, a separação do líquido e do sólido ocorre pela diferença de densidade, desde que o sólido tenha uma densidade entre 5 a 8%. O sistema pode ter seu cilindro de rotação horizontal ou vertical, onde a alta velocidade movimenta a parte sólida para as laterais que, com o formato cônico, permite o escoamento do líquido. Centrífugas de alta rotação com a relação entre seu comprimento e diâmetro maior que 2 são utilizadas para separar sólidos altamente dispersos e em baixa concentração. Centrífugas de média rotação com essa relação menor que 2, são empregadas para separar líquidos com alta concentração de sólidos.

Figura 31: Centrífuga vertical conectada ao sistema de saída do material digerido.

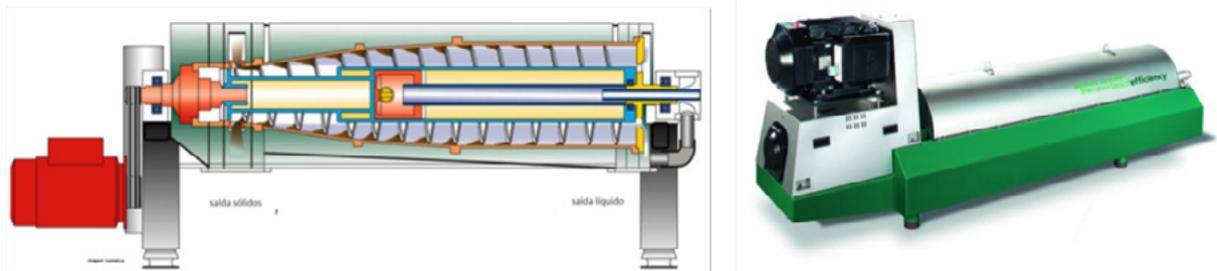


Fonte: Biogastec.

No mesmo sistema a centrífuga decanter ainda possui um sistema de rosca sem fim (Figura 32), que, em velocidade diferente da parte cilíndrica exterior, transporta as partículas sólidas que vão se sedimentando nas laterais do equipamento para uma saída de formato cônico. A parte líquida sai por outra extremidade, sem que haja contato com a parte sólida. A velocidade da rosca pode ser ajustada conforme as características do material digerido.

As centrífugas decanters são equipamentos estáveis e com eficiência relativamente elevada na capacidade de concentração de matéria seca, fósforo e nitrogênio. A fração líquida permanece com baixo teor de sólidos, o que pode resultar em um bom fertilizante líquido.

Figura 32: Sistema de uma centrífuga decanter.



Fonte: *Biogastec*.

O processo de peneiramento – peneira estática – é uma separação física através da passagem da parte líquida por sua malha de separação que pode ser dimensionada melhorando a sua eficiência. Neste processo a parte líquida flui desde a parte superior descendo para a área inclinada que retém partículas sólidas em sua malha. Essa própria movimentação do líquido é responsável também pela saída da fração sólida do corpo da peneira, de modo a não mais entrar em contato com a fração líquida.

Este sistema é utilizado no Brasil como uma opção para separação de sólidos dos dejetos suínos e também é indicada para alguns processos de separação de material digerido com baixo teor de sólidos, principalmente trabalhando em conjunto com outro sistema de separação, conforme a Figura 33.

Figura 33: Peneira estática combinada com prensa para separação de dejetos suínos – UTEC.



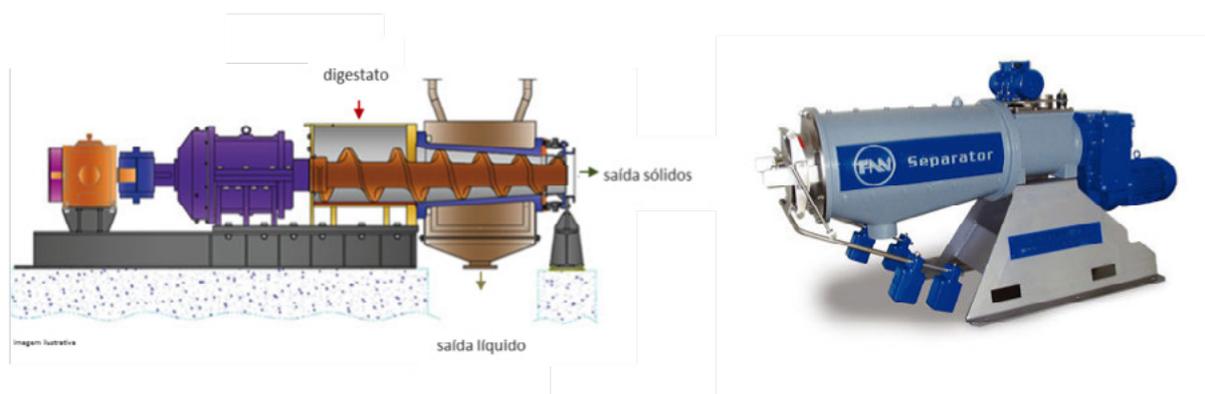
Fonte: *Biogastec*.

O equipamento Screw Press é largamente utilizado em plantas de biogás e também serve, em alguns casos, como uma alternativa para o uso da centrífuga decanter, principalmente quando o material digerido apresenta teor de matéria seca acima de 7%.

Sua tecnologia de separação é simples: o sistema de parafuso, em um corpo cilíndrico com uma das extremidades cônicas, encaminha o material digerido para a parte mais estreita onde uma prensa compacta e pressiona, expelindo a parte sólida enquanto a fração líquida sai pela área inferior da máquina, conforme Figura 34. O teor de matéria seca da parte sólida pode ser regulado através da prensa contida na extremidade cônica.

Esse equipamento também pode ser utilizado na pré-separação de substratos, antes da entrada no sistema de digestão da usina.

Figura 34: Equipamento Screw Press.



Fonte: Biogastec.

O screw press não é indicado para separação de material digerido com as características desse estudo, devido ao baixo teor de matéria seca.

O ideal é definir o processo de separação quando o processo de digestão já estiver operando na usina, pois dessa forma, é possível analisar algumas amostras do material digerido e, a partir desses resultados, optar pelo equipamento mais adequado às suas características. A Tabela 13 apresenta os dados estimados para um processo de separação eficiente para a simulação em estudo, considerando que a fração sólida seja representada por uma quantidade de 90 – 95% com um teor de massa seca entre 20 e 22%; e a fração líquida seja representada por uma quantidade de 5 – 10% com um teor de massa seca entre 2 e 3%.

Tabela 13: Dados estimados de um processo de separação para o modelo em estudo.

	SUBSTRATO		MS	MASSA
	t/d	%	t/d	%
Input	1.15	4,0%	46	100%
Fração Sólida	88	22,0%	19	8%
Fração Líquida	1.062	2,5%	27	92%

A parte líquida poderá ser usada como biofertilizante na irrigação de culturas locais. A parte sólida poderá ser secada com sistema de secagem aberta ou com secador rotatório até alcançar o teor de 15% de umidade, possibilitando ser peletizado.

5.4. Utilização da fração líquida do material digerido como fertilizante.

A fração do material digerido, nos conceitos de usinas de biogás, está pronta para ser utilizada como fertilizante e deverá ser armazenada, mesmo que temporariamente, em algum reservatório, podendo ser um tanque ou um reservatório tipo lagoa devidamente revestido para evitar infiltrações no solo. Recomenda-se que em ambos os casos estes reservatórios sejam cobertos.

O interesse em estudar o material digerido líquido como fertilizante vem da necessidade econômica e ambiental de destinar corretamente este resíduo da usina. Esta finalidade também contribui para a redução do consumo de fertilizantes químicos e colabora para um bom planejamento de utilização do solo, que, juntamente com boas práticas, contribui para a diminuição do risco de excessos de nutrientes com conseqüente contaminação do solo.

O processo de digestão com alta eficiência de uma usina de biogás é suficiente para resolver alguns problemas com relação ao tratamento desses dejetos. A implantação de um equipamento para a redução de NH_x , além de extrair estes gases do fermentador e pós-fermentador, possibilita a criação de um fertilizante muito utilizado, inclusive na própria região, que é o sulfato de amônio. Utilizando o processo de separação de fases (sólido e líquido) no final do processo de digestão, tem-se dois tipos de fertilizantes: (1) a fração sólida que pode ser utilizada como composto ou ser peletizada e (2) líquido, que pode ser aplicado no solo local.

Na Tabela 14 estão descritos os valores quantitativos dos biofertilizantes gerados de acordo com o modelo em estudo (considerando o processo de eliminação de NH_x).

Tabela 14: Quantitativos de biofertilizantes após processo de separação do material digerido.

INPUT	MATERIAL DIGERIDO			APÓS O PROCESSO DE SEPARAÇÃO	
	Entrada de substratos	Após processo digestão	Fração Líquida	Fração Sólida	
1.201 m ³ /d	1,150m ³ /d	1.057m ³ /d	91,9m ³ /d		
439.60 m ³ /a	420.000m ³ /a	385.964 m ³ /a	33.562m ³ /a		

De acordo com as análises dos substratos, efetuadas no início desse estudo, e posterior simulação da digestão dos mesmos, cujo balanço é apresentado no Anexo II, foi possível estimar os valores de N, P e K para a fração líquida, conforme Tabela 15.

Tabela 15: Estimativa de composição do biofertilizante líquido.

N (kg N/m ³) ¹	P (kg P/m ³)	P ₂ O ₅ (kg P ₂ O ₅ /m ³)	K (kg K/m ³)	K ₂ O (kg K ₂ O/m ³)
2,52	0,49	1,11	1,73	2,09
Valores anuais				
972.362 kg/a		429.746 kg/a		807.943 kg/a

[1] Valor sem considerar as perdas de processo ou aplicação.

5.5. Geração de sulfato de amônio

Devido ao alto teor de nitrogênio nos substratos, para não comprometer o processo biológico e a estabilidade de geração de biogás, optou-se por reduzir o teor de nitrogênio como amônia. Para tanto, foi inserido no projeto de

um equipamento de stripping que, através de acidificação com H_2SO_4 , reduzirá o N como amônia, originando sulfato de amônio, que pode ser líquido ou cristalizado e comercializado, inclusive no mercado local.

Nesse estudo, foi considerada uma redução de 30% de amônia via o processo de stripping. No entanto, esta redução pode chegar a 60% se aumentado o aquecimento através de motor gerador ou caldeira. Essa modificação no projeto acarreta em um aumento na geração de sulfato e no consumo de H_2SO_4 para a acidificação.

Em um cenário posterior a implantação do projeto, com o mercado de sulfato de amônio desenvolvido, pode existir a possibilidade de aumento de receita sendo necessária a realização de um estudo de upgrading da planta de stripping. Este upgrading também é positivo em relação a possibilidade de inserção de mais substratos na planta de biogás, para garantir o equilíbrio da quantidade de amônia no reator, sem prejudicar o processo biológico. Deve-se ressaltar que, à medida que há uma redução de amônia para a geração de sulfato de amônio, a concentração de nitrogênio no material digerido diminui.

O sistema de NH_x stripping produz sulfato de amônio, $(NH_4)_2SO_4$, com 21% de N e 24% de S, o qual pode passar por um processo de cristalização, facilitando a logística de transporte do produto. A produção estimada para essa simulação é de 4,9 t/d de sulfato de amônio.

O sulfato de amônio é amplamente utilizado nas culturas brasileiras, inclusive na região oeste de Santa Catarina. Conforme dados da Tabela 6, a produção nacional de sulfato de amônio representa somente 13% do valor consumido pelas lavouras e sua importação representa 9% do total de adubos importados pelo Brasil (ANDA, 2013), o que justifica o alto custo do produto no mercado. Este fertilizante é utilizado como cobertura nitrogenada, sendo aplicado geralmente em duas etapas. Em alguns casos ele é substituído pela ureia, que apresenta desvantagens, como necessidade de mais mão de obra para aplicação e maior perda por volatilização e lixiviação.

Na região de Concórdia, o dejetos de suíno é utilizado largamente como a maior fonte de nutrientes para o solo local. No entanto os agricultores utilizam com frequência no período de plantação, principalmente de milho, o adubo com NPK 9:33:12 combinado com o sulfato de amônio ou ureia. De acordo com produtores locais o custo expendido para aplicação de sulfato de amônio (ou ureia) é em torno de R\$ 300,00 por hectare de plantação. A decisão entre sulfato de amônio e ureia é feita com relação ao custo/benefício do produto e a umidade do solo, pois a ureia tem um custo um pouco maior, porém apresenta maior concentração de N. Em período de aplicação de nitrogênio, o excesso de umidade no solo provoca maior perda por volatilização e lixiviação, o que torna a ureia um fertilizante não muito vantajoso.

Com relação a custos locais, o saco com 25 kg de sulfato de amônio na forma cristalizada está sendo comercializado por R\$100,00 em lojas do varejo. Na forma líquida, é encontrado por R\$11,00 o litro. Em grandes quantidades, consegue-se o preço de R\$980,00/t (IEA-SP, 2013).

5.6. Biofertilizante líquido

De acordo com o estudo de campo efetuado em Concórdia e abordado no início desse trabalho, 51,2% do dejetos de suíno, utilizado como substrato da usina de biogás, deverá retornar como biofertilizante líquido. Esse vo-

lume equivale aproximadamente a 530 m³ de biofertilizante que deverá ser encaminhado diariamente às propriedades. Pode-se também destinar parte desses resíduos a produtores não fornecedores ou tratá-lo para obtenção de água de reuso ou destinação a um corpo hídrico receptor.

Existem algumas vantagens na utilização de biofertilizante proveniente de usina de biogás na lavoura. Devido ao processo de fermentação anaeróbio e seu elevado tempo de retenção hidráulico (20 dias), a carga de bactérias em estado vegetativo é quase nula. Além disso, através da neutralização do alumínio no solo, tem-se uma neutralização do pH. Ressalta-se, entretanto, que, por ser pobre em carbono e em função do conteúdo de nitrogênio e ácido nítrico, as condições e quantidades de aplicação devem ser recomendadas por especialista.

Esse biofertilizante também é bacteriostático e bactericida, repelente de insetos, ácaros e nematóides. Em sinergia com o B, thuringienses, reduz a incidência da larva da mosca e do bicho furão das frutas.

A adubação com biofertilizante proveniente do sistema da usina, quando utilizado de forma correta, é de grande potencial para a produção agrícola, podendo ser utilizado na adubação de cultura de grãos, fruticultura, pastagem, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.

Por se tratar de uma região rica em criação animal, com um planejamento adequado, grande parte dos nutrientes necessários no município de Concórdia poderia provir dos adubos orgânicos. Em um primeiro momento, pode-se avaliar negativamente a questão logística, porém ao se inserir a questão ambiental, cuja tendência é de maior controle com relação a saturação dos solos, e se comparar com os custos dos fertilizantes químicos, esta questão passa a ser mais viável. No entanto, mesmo um adubo orgânico com boa qualidade como o gerado em uma usina de biogás, deve ser usado respeitando a capacidade de absorção dos nutrientes no solo. É sempre importante que haja um planejamento e um manejo adequado baseado nas informações e análises efetuadas por profissionais locais.

A título de informação, realizou-se uma estimativa da quantidade de fertilizante a ser aplicada com relação à área de cultivo. Os cálculos foram efetuados com base nos nutrientes do material digerido proveniente desse estudo, sem ter passado pelo processo de separação de sólidos e sem redução do processo de amônia, conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 16: Composição estimada do digestado sem tratamento.

*Valor estimado

MATERIAL DIGERIDO (T/A)	N (T/A)	P ₂ O ₅ (T/A)	K ₂ O (T/A)*
420.000	2.526	1.074	1.009

A Tabela 17 faz um comparativo de quantos hectares seriam necessários para a aplicação de 100% dos nutrientes do material digerido da planta de biogás em estudo. As necessidades de nutrientes foram distribuídas conforme os dados da Tabela 8 e são calculadas com base nos critérios de escolha de rendimento em relação ao cultivo de milho, onde:

- >> Rendimento moderado 4 a 6 t/ha: solo, clima e manejo favoráveis ao desenvolvimento da cultura;
- >> Rendimento moderado 6 a 8 t/ha: solo, clima e manejo favoráveis, incluindo eventual uso de irrigação ou drenagem, uso de genótipos bem adaptados e manejo eficiente do solo;

- >> Alto rendimento 8 t/ha: condições ambientais e de manejo muito favoráveis (todos os nutrientes em quantidades adequadas), utilização de genótipos de elevado potencial produtivo e uso eficiente de irrigação ou em safras com boa distribuição de chuva.

Tabela 17: Necessidade de hectares de cultivo de milho para destinação do material digerido sem tratamento.

MILHO 1 SAFRA		
	NITROGÊNIO - N	FOSFATO - P ₂ O ₅
Rendimento do Cultivo	Necessidade de cultivo em ha	Necessidade de cultivo em ha
Moderado	17.569	8.953
Alto	12.628	6.511

MILHO 2 SAFRA		
	NITROGÊNIO - N	FOSFATO - P ₂ O ₅
Rendimento do Cultivo	Necessidade de cultivo em ha	Necessidade de cultivo em ha
Moderado	8.785	4.477

Fonte: Adaptado de Stinner, 2013.

Com esse cenário é possível avaliar que, no rendimento moderado do cultivo de milho a quantidade necessária em hectares de plantação para a aplicação correta do nitrogênio é equivalente a quase 100% da área total de cultivo de Concórdia. Essa avaliação reflete na situação atual de saturação dos solos na região, onde há disposição de dejetos diretamente no solo, com concentrações de nutrientes ainda superiores às do material digerido.

Se considerados ainda os dados de necessidade de NPK apresentados na Tabela 8, porém incluir os processos de separação do material digerido e de retirada de amônia, tem-se uma redução significativa na área necessária para aplicação do fertilizante, conforme apresentado na Tabela 18. Ressalta-se que estes dados são estimados e, para dados mais reais, uma avaliação do solo local por especialista faz-se necessária.

Tabela 18: Composição estimada do biofertilizante líquido.

FRAÇÃO LÍQUIDA (T/A)	N (T/A)	P ₂ O ₅ (T/A)	K ₂ O (T/A)
385.964	972	430	808

Fonte: Adaptado de Stinner, 2013.

A Tabela 19 apresenta a área necessária para aplicação de 100% da fração líquida, considerando-se as mesmas condições de rendimento do cultivo do milho e o mesmo cenário de distribuição de nutrientes.

Tabela 19: Necessidade de hectares de cultivo de milho para destinação da fração líquida do material digerido após tratamento.

MILHO 1 SAFRA		
	NITROGÊNIO - N	FOSFATO - P ₂ O ₅
Rendimento do Cultivo	Necessidade de cultivo em ha	Necessidade de cultivo em ha
Moderado	8.609	3.581
Alto	6.188	2.605

MILHO 2 SAFRA		
	NITROGÊNIO - N	FOSFATO - P ₂ O ₅
Rendimento do Cultivo	Necessidade de cultivo em ha	Necessidade de cultivo em ha
Moderado	4.305	1.791

Fonte: Adaptado de Stinner, 2013.

Mantendo o mesmo cenário de rendimentos, a Tabela 20 apresenta a quantidade de biofertilizante líquido necessária por hectare para atender as necessidades dos nutrientes do solo, considerando o cultivo de milho conforme a Tabela 18.

Tabela 20: Relação de biofertilizante por hectare para atender as necessidades dos nutrientes, considerando o cultivo de milho.

MILHO 1 SAFRA	NITROGÊNIO - N	FOSFATO - P ₂ O ₅
Rendimento do Cultivo	m³ fertilizante líquido/ha/ano	m³ fertilizante líquido/ha/ano
Moderado	45	108
Alto	62	148

MILHO 2 SAFRA	NITROGÊNIO - N	FOSFATO - P ₂ O ₅
Rendimento do Cultivo	Necessidade de cultivo em ha	Necessidade de cultivo em ha
Moderado	4.305	1.791

*Valor estimado

No caso de cenários onde a área de plantação não atinge a quantidade suficiente para o emprego do biofertilizante e/ou os custos de transporte não viabilizam a comercialização ou fornecimento desse produto, tem-se a opção de tratamento para reuso ou destinação em corpo hídrico receptor.

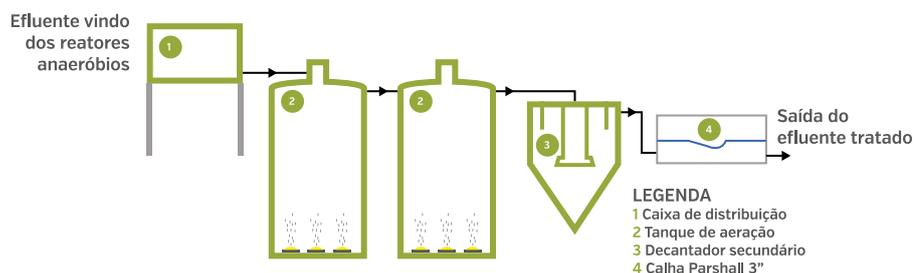
5.7. Estação de tratamento para a fração líquida do digestado.

O sistema de tratamento pode ser projetado de forma compacta e para operação em sistema modular. O efluente tratado sairá com qualidade possível de ser reaproveitado no local, para usos não potáveis, como irrigação, lavagem de calçadas e veículos, reservatório de água para controle de incêndio ou ser descartado no corpo receptor.

O tratamento proposto é um sistema aerado por lodos ativados complementar ao sistema anaeróbico da própria usina. O sistema atinge eficiência em torno de 90% a 98%, conseguindo-se um efluente próprio para água de reuso e sem odor, uma vez que no tratamento aeróbico ocorre a oxidação completa, sem formação de gases odoríferos.

A estação de tratamento deve conter, basicamente, um tanque de equalização, tanques para diluição e/ou mistura dos produtos químicos, tanques de aeração com sistema de ar difuso, um decantador secundário para captação do lodo e um medidor de vazão Parshall W=3” para controle do lançamento de efluente tratado, além das bombas e agitadores. A Figura 35 apresenta o fluxograma da estação de tratamento demonstrando as etapas principais.

Figura 35: Fluxograma da estação de tratamento biológico aerado.



Fonte: Biogastec.

O projeto deve ser elaborado conforme exigências do órgão ambiental de controle e a qualidade final do efluente tratado para lançamento deverá estar de acordo com os valores exigidos pela legislação, como a Resolução Nº 357 do CONAMA. O lodo da estação de tratamento poderá ser misturado ao biofertilizante sólido produzido na digestão anaeróbia.

A estação de tratamento tem um consumo estimado de 200 kW, além dos produtos químicos utilizados no processo e manutenção dos equipamentos, que representam um custo mensal em torno de R\$ 800,00. O custo total dos equipamentos é de aproximadamente R\$ 1.460.000,00.

Existem outras tecnologias de tratamentos altamente eficientes, como processo de ultrafiltração e tecnologia de membranas. No entanto, essas tecnologias ainda não se estabeleceram no Brasil com viabilidade econômica e, por esse motivo, não foram abordadas nesse estudo.

5.8. Tratamento e uso da fração sólida do material digerido.

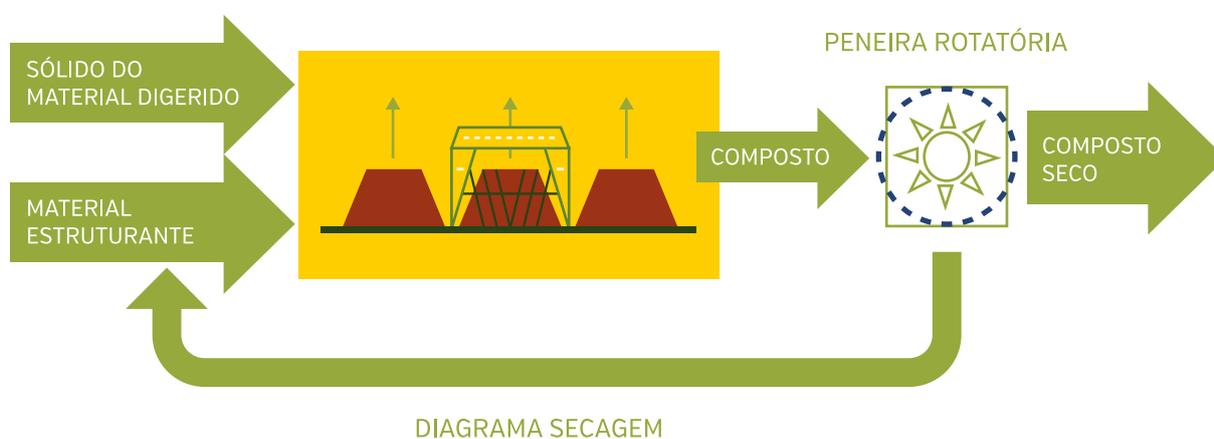
Para o tratamento da fração sólida do material digerido é recomendado um processo simples, mas muito eficiente: uma planta de secagem em pilhas com revolvimento através de maquinário específico. Para este processo é necessário boas condições de umidade, respeitando o conteúdo de matéria seca e o input de material. A fração sólida do material digerido apresentará uma composição estimada conforme apresentado na Tabela 21.

Tabela 21: Composição estimada do biofertilizante sólido.

FRAÇÃO LÍQUIDA (T/A)	N (T/A)	P ₂ O ₅ (T/A)	K ₂ O (T/A)
33.562	796	645	202

Figura 36: Fluxograma do sistema de secagem do composto.

Nesta simulação, a fração sólida do processo da usina terá somente pouco material estruturante, pois tanto os dejetos de suínos como os lodos do frigorífico são substratos bastante homogêneos. Recomenda-se então a adição de lascas de madeira, podas de árvores, entre outros, como material estruturante. Este material, geralmente é reutilizado, reduzindo os custos do processo. A Figura 36 apresenta o fluxo principal do sistema de secagem do composto.



Em relação ao maquinário de revolvimento, existem diferentes produtores e modelos, sendo um deles apresentado na Figura 37.

Figura 37: Exemplo de máquina de revolvimento - Backus.



Fonte: Biogastec.

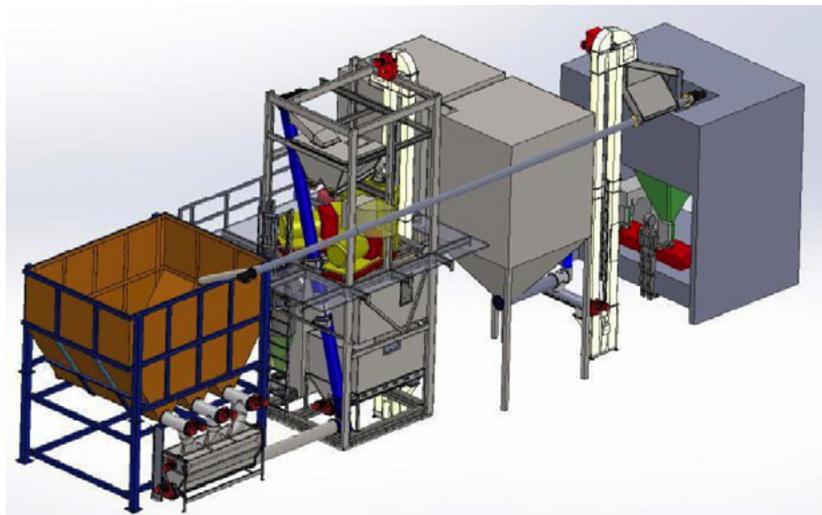
Necessita-se de uma área para armazenamento do produto, que não precisa ser coberta. O material com a estrutura adequada pode ser adicionado na quantidade aproximada de 750 toneladas com uma reciclagem de cerca de 60%. A taxa de evaporação por área de secagem fica em torno de 11,8 L/m². O tempo do processamento é rápido, em torno de quatro semanas.

Uma técnica de secagem extra também pode ser utilizada, dando origem a um fertilizante mais seco. Esta segunda etapa é capaz de secar até 85% de MS, ou mais. O calor necessário pode ser adquirido pela energia de resíduos e/ou pelo calor residual proveniente da instalação de cogeração. Para evaporar um litro de água, é necessário cerca de 1,00 a 1,25 kWh, dependendo do tamanho do secador, das temperaturas e quantidade de ar.

Se o sólido apresentar um teor de MS superior a 85%, este substrato pode ser transformado em pellets. Uma planta de peletização pode ser observada na Figura 38. Durante este processo, a temperatura será superior a 70°C, garantindo a higienização do material, quando necessária. Nesse caso, o tempo de retenção deve ser de uma hora e acima dos 70°C.

O processo de peletização acarreta em custos adicionais para o produto final, o qual deve retornar ao produtor através da venda do produto.

Figura 38: Exemplo de uma planta de peletização [Dorset].



Fonte: Biogastec.

Com a tendência e o aumento do consumo de alimentos orgânicos, a procura por uma adubação eficiente e não química, faz do fertilizante peletizado uma solução atrativa, devido a facilidade do transporte e a concentração de nutrientes. Na Alemanha, alguns estudos estão sendo efetuados para aumentar a eficiência dos pellets orgânicos provenientes do material digerido de biogás (Figura 39). Um estudo recente do Fraunhofer-Institut, 2013, em Stuttgart, aplica, com sucesso, cianobactérias que, quando em contato com o solo, reagem eliminando um odor que repele naturalmente algumas pragas, que antes eram eliminadas do cultivo através do uso de defensores químicos.

Figura 39: Pellet proveniente de material digerido de Usina de Biogás enriquecido com cianobactérias – Fraunhofer, 2013.



Fonte: Fraunhofer-Gesellschaft.

O mercado brasileiro de pellets também apresenta crescimento, principalmente como fonte geradora de calor, como pode ser observado na Figura 40. A decisão pelo tipo de uso final do pellet (geração de calor ou adubo) deve ser avaliada segundo o seu poder calorífico e uma análise de mercado comparativa entre ambas possibilidades.

Figura 40: Pellet utilizado como combustível.



Fonte: Fraunhofer-Gesellschaft.

Há ainda a possibilidade de uso do pellet na produção de ração animal. Para tanto, a sua composição deve estar de acordo com as regulamentações locais específicas.

Em Concórdia há consumo local e inclusive fabricação de adubo orgânico, utilizando cama de aviário e dejetos de suínos. O preço pesquisado foi de R\$400,00 a tonelada do adubo orgânico granulado, com composição estimada de NPK igual a 3:2:2.

6

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O ponto mais importante desse estudo foi o cuidado em selecionar modelos e conceitos viáveis para o Brasil. No entanto, trata-se de um estudo e não de um projeto já materializado, pois a usina simulada ainda não está em operação. Logo, alguns aspectos estabelecidos poderão sofrer alguma alteração durante a implantação do projeto propriamente dito.

Na fundamentação de um projeto, é importante avançar na pesquisa nos moldes desse estudo, analisando os resíduos em laboratório ao invés de se seguir com tabelas e dados já existentes; fazer simulação de produção de biogás em testes de laboratório - batch test ao invés de somente utilizar modelos matemáticos para se estimar o potencial; obter dados atuais e concretos sobre a realidade e as necessidades locais dos produtores de Concórdia, ao invés de simplesmente elaborar um projeto sem conhecimento do seu entorno. Além disso, é imprescindível, na materialização do projeto, estimar resultados e quantidades dos produtos a serem gerados para elaboração de um plano de negócios, a fim de dar mais subsídios ao investidor e diminuir os riscos dos negócios.

Ressalta-se dois pontos de muita importância nesse estudo:

- >> A questão da amônia, que pode ser retirada através de processo de stripping ou da diluição em água ou recirculado;
- >> A simulação de áreas e necessidades de nutrientes para o cultivo de milho local serviu para dimensionar e direcionar o modelo técnico a ser aplicado para a destinação do material digerido.

Como trabalhos futuros serão avaliados os mercados de biofertilizante líquido, a destinação do efluente que se aplicará para o projeto em estudo e também o tipo de modelo que será utilizado para o material digerido sólido.

Através da implantação dessa usina, pode-se esperar uma mudança na rotina das granjas, que passarão a ter seus dejetos recolhidos diariamente, diminuindo principalmente a quantidade de moscas e larvas e o odor. Aspectos que melhorarão a qualidade de vida das pessoas do campo.

Na continuação desse projeto, servindo de recomendação também para futuros outros, deve-se considerar:

- >> Um teste contínuo para simulação da geração de biogás com os substratos escolhidos (já previsto para este projeto);
- >> Detalhar dados sobre o material digerido (líquido e sólido) para melhor precisão dos trabalhos futuros;
- >> Fomentar a adubação orgânica na região e no país através da aproximação de outros parceiros relevantes.

Deve-se considerar que a usina de biogás poderá receber outros substratos, além dos considerados nesse estudo. Nesse caso, deve-se optar por substratos com baixo valor proteico, alto teor de matéria seca, gordura ou carboidratos, como bagaços, restos de alimentação animal, gorduras, grãos, etc., visando a preservação da biologia no interior do fermentador. Ao utilizar os substratos citados, pode-se aumentar em até 40% a produção de biometano sem comprometer a biologia do processo.

A implantação dessa e de outras usinas de biogás que utilizam resíduos do agronegócio, resíduos sólidos urbanos, esgotos sanitários, entre outros é uma ótima solução de tratamento. Isso porque, além de garantir a correta destinação desses resíduos, é capaz de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, preservar a qualidade do solo e da água e contribuir para a geração de energia descentralizada, limpa e renovável.

7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2009-2012. São Paulo. 2013.

CONCÓRDIA. Aspectos geográficos do município. Disponível em: <[http://www.concordia.sc.gov.br/#!/tipo/pagina/valor/7/nome/Aspectos Geográficos](http://www.concordia.sc.gov.br/#!/tipo/pagina/valor/7/nome/Aspectos%20Geogr%C3%A1ficos)>. Acesso em: Set. 2013.

CQFS-RS/SC – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10ª edição. Porto Alegre, 400p., 2004.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from Waste and Renewable Resources. Ed. Wiley - VCH, 2008.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: Uma visão Global Sintética. BNDES Setorial. n. 24. p. 97 – 138. Rio de Janeiro. Set., 2006.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. Boletim Informativo de Pesquisa – Embrapa Suínos e Aves e Extensão – EMATER/RS. BIPERS n. 14. Ano 10 . Ago.,/2002

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V. Guide to biogas from production to use. 5th edition, Gülzow, 2010.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa n.º 11, de 2009. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br>. Acesso: Ago. 2013a.

FRANSEN, T. Q. et al. Best Available Technologies for pig Manure Biogas Plants in the Baltic Sea Region. Published by Baltic Sea 2020, Stockholm. 2011.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR GRENZFLÄCHEN- UND BIOVERFAHRENSTECHNIK IGB. Biolandbau ohne Kohlfiegen. Presseinformation 14. März 2012. Disponível em: <<http://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2012/maerz/biolandbau-ohne-kohlfiegen.html>>. Acesso em: Set. 2013.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa n.º 41, de 2009. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br>. Acesso: Ago. 2013b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. ESTADOS. Censo Agropecuário 2006. Lavoura Permanente e Temporária. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=sc>>. Acesso: Set. 2013a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. CIDADES. Censo Agropecuário 2006. Lavoura Permanente e Temporária. 2011. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=42&search=santa-catarina>>. Acesso em: Set. 2013b.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. Entregas em 2013 Permanecem Aquecidas Após Recorde nas Vendas em 2012. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=12717>>. Acesso: Set. 2013.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R.L.R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. Revista Elsevier, 2009.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R.L.R.; RAMME, M.A.; COLDEBELLA, A. Effect of storage time on swine manure solid separation efficiency by screening. Revista Elsevier, 2008.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R.L.R.; BORTOLI, M. Separação sólido-líquido em efluentes da suinocultura. Revista Agriambi, 2010.

MBAgro. Oferta e demanda de fertilizantes no Brasil: uma avaliação da dependência externa da agricultura brasileira. Novembro de 2007. Disponível em: <http://www.abmra.org.br/marketing/insumos/fertilizantes/oferta_demanda_fertilizantes_mbagro.pdf> Acesso: Ago. 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente -CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. Secretaria de Acompanhamento Econômico – SEAE. Panorama do mercado de fertilizantes. Maio, 2011. Disponível em: <http://www.seae.fazenda.gov.br/destaque/copy2_of_cni-premia-estudos-sobre-a-industria-brasileira/?searchterm=panorama>. Acesso em: Set. 2013.

NETTO, A. P. da C. et al. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio no desenvolvimento e atividade da redutase do nitrato em diferentes híbridos de milho cultivados em segunda safra. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012.

OLIVEIRA, J. L. R. et al. Separação de fases sólido-líquido de dejetos suínos. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande MS. 2005.

OLIVEIRA, P. A. V. Produção e manejo de dejetos suínos. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/8-PauloArmando_Producao.pdf>. Acesso: Fev. 2013.

OLIVEIRA, P. A. V. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II; Projeto de Controle da Degradação Ambiental Decorrente da Suinocultura em Santa Catarina – Convênio nº 2002CV000002. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, 2004.

SILVA, R. H. C. Parte importante da elevação dos custos agrícolas é originária de fatores irreversíveis e exigirá ganhos de produtividade e de eficiência no campo. Bradesco. Agronegócio em Análise. Junho de 2013. Disponível em: <http://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/AGRO_ANALISE_24_06_13.pdf>. Acesso em: Set. 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10. ed. Porto Alegre, 2004.

STINNER, W. Support for the characterization of the effluent of a planned biogas plant in Concórdia/SC. Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH - DBFZ. Set. 2013.

TAVARES, Jorge Manuel Rodrigues. Estudo da eficiência do processo de separação sólido-líquido de chorumes de origem suínica. 2008. 50p. Relatório Final [Graduação] - Curso de Engenharia Zootécnica, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2008.

TAVARES, J. M. R. Consumo de água e produção de dejetos da suinocultura. 2012. Dissertação [Mestrado em Engenharia Ambiental]. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

TAVARES, M. F. de F.; HABERLI, C. Jr. O mercado de fertilizantes no Brasil e as influências mundiais. Outubro, 2011. Disponível em: <www.espm.br/centraldecases>. Acesso em: Set. 2013.

ZIMMERMANN, C. Development of concepts for the treatment of biogas effluents in Southern Brazil. Ingenieurbüro für Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher Technik GmbH - UTEC. Förderung klimafreundlicher Biogastechnologien in Brasilien - DKTI-Biogas-BR. PN 2011.9783.9-001. Set. 2013.

APÊNDICE A

LAVOURAS PERMANENTES DO ESTADO DE SANTA CATARINA		
Lavoura Permanente	Área plantada (ha)	Rendimento médio (kg/ha)
Banana (cacho)	30.427	21.379
Maçã	18.785	34.105
Erva-mate (folha verde)	8.406	5.426
Laranja	5.273	15.404
Uva	4.985	13.504
Palmito	1.65	4.63
Pêssego	1.491	14.902
Tangerina	876	10.691
Maracujá	553	13.224
Pêra	500	11.754
Caqui	311	14.257
Limão	62	7.661
Figo	48	7.812
Abacate	6	8.666
Mamão	4	11
Goiaba	3	6.666

Fonte: Adaptado de IBGE.

LAVOURAS PERMANENTES DO ESTADO DE RIO GRANDE DO SUL		
Lavoura Permanente	Área plantada (ha)	Rendimento médio (kg/ha)
Uva	49.198	16.876
Erva-mate (folha verde)	30.84	8.858
Laranja	27.688	14.164
Maçã	17.124	37.049
Pêssego	14.679	8.808
Tangerina	12.918	12.098
Banana (cachos)	12.217	7.319
Caqui	2.249	15.033
Figo	1.78	6.325
Limão	1.6	12.271
Noz (fruto seco)	1.398	1.595
Pêra	894	10.906
Goiaba	647	9.743
Abacate	552	12.512
Mamão	279	8.007
Manga	161	7.074
Tungue (fruto seco)	123	2.788
Azeitona	43	1.79
Marmelo	36	6.166

Fonte: Adaptado de IBGE.

LAVOURAS PERMANENTES DO ESTADO DE PARANÁ		
Lavoura Permanente	Área plantada (ha)	Rendimento médio (kg/ha)
Café (em grão)	74.854	1.479
Erva-mate (folha verde)	31.779	3.846
Laranja	27.143	28.904
Banana (cacho)	10.684	22.799
Tangerina	10.077	16.404
Uva	6.064	13.843
Palmito	1.905	14.741
Maçã	1.846	31.71
Pêssego	1.46	11.136
Caqui	1.226	13.155
Maracujá	1.103	14.179
Abacate	944	18.33
Urucum (semente)	935	1.067
Limão	825	15.941
Borracha (látex coagulado)	687	1.953
Manga	555	15.558
Noz (fruto seco)	337	7.81
Goiaba	324	18.219
Pêra	236	16.567
Côco-da-baía	196	10.918
Figo	159	7.949
Mamão	108	17.638
Chá-da-Índia (folha verde)	91	10.329

Fonte: Adaptado de IBGE.

LAVOURAS TEMPORÁRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA		
Lavoura Permanente	Área plantada (ha)	Rendimento médio (kg/ha)
Milho (em grão)	542.42	6.734
Soja (em grão)	457.422	3.258
Arroz (em casca)	151.13	6.539
Fumo (em folha)	134.248	1.949
Feijão (em grão)	105.661	1.508
Trigo (em grão)	76.279	3.003
Mandioca	27.478	18.424
Cebola	19.682	20.075
Cana-de-açúcar	11.129	47.861
Aveia (em grão)	9.568	1.159
Batata-inglesa	6.789	15.836
Cevada (em grão)	3.16	3.318
Tomate	2.863	65.63
Melancia	1.938	20.303
Alho	1.875	10.021
Batata-doce	1.703	17.923
Triticale (em grão)	1.205	2.614
Amendoim (em casca)	183	2.289
Melão	43	8.348
Abacaxi	10	12.700 (frutos/ha)

Fonte: Adaptado de IBGE.

LAVOURAS TEMPORÁRIAS DO ESTADO DE RIO GRANDE DO SUL		
Lavoura Permanente	Área plantada (ha)	Rendimento médio (kg/ha)
Soja (em grão)	4.075.389	2.875
Arroz (em casca)	1.169.849	7.648
Milho (em grão)	1.100.309	5.249
Trigo (em grão)	932.39	2.944
Fumo (em folha)	223.867	2.231
Aveia (em grão)	97.384	2.386
Feijão (em grão)	89.422	1.333
Mandioca	80.342	16.217
Cevada (em grão)	34.014	2.908
Cana-de-açúcar	32.694	42.362
Batata-inglesa	21.888	17.77
Melancia	17.902	23.553
Sorgo (em grão)	17.567	2.561
Batata-doce	12.345	12.979
Cebola	11.316	19.884
Linho (semente)	11.19	987
Girassol (em grão)	7.799	1.326
Triticale (em grão)	5.198	2.14
Amendoim (em casca)	3.842	1.7
Alho	2.684	6.611
Tomate	2.354	45.223
Melão	2.278	9.328
Centeio (em grão)	1.621	1.475
Ervilha (em grão)	1.16	2.502
Abacaxi	431	12.122 (frutos/ha)
Mamona (baga)	145	1.255
Fava (em grão)	55	2.054

Fonte: Adaptado de IBGE.

LAVOURAS TEMPORÁRIAS DO ESTADO DE PARANÁ		
Lavoura Permanente	Área plantada (ha)	Rendimento médio (kg/ha)
Soja (em grão)	4.555.312	3.393
Milho (em grão)	2.470.174	5.178
Trigo (em grão)	1.062.543	2.378
Cana-de-açúcar	641.765	69.975
Feijão (em grão)	521.196	1.567
Mandioca	184.263	22.68
Fumo (em folha)	80.211	2.142
Aveia (em grão)	52.06	2.236
Cevada (em grão)	51.062	3.807
Arroz (em casca)	38.856	4.941
Batata-inglesa	31.175	25.461
Triticale (em grão)	22.645	2.406
Cebola	8.172	19.92
Tomate	5.715	60.809
Melancia	4.207	25.523
Amendoim (em casca)	3.781	2.697
Batata-doce	2.546	17.714
Algodão herbáceo (em caroço)	1.132	2.82
Mamona (baga)	874	637
Centeio (em grão)	718	1.566
Alho	617	4.494
Abacaxi	461	25140 (frutos/ha)
Rami (fibra)	369	2.631
Melão	324	11.506
Girassol (em grão)	88	500
Ervilha (em grão)	37	2.27

Fonte: Adaptado de IBGE.

ANEXO 1



Suínos e Aves

Apresentação de resultados ref. contrato de prestação de serviços de pesquisa e desenvolvimento agropecuário (p&d), vinculado a apoio financeiro, celebrado entre BIOGASTEC ENERGIE – BGT, EMBRAPA e FUNARBE

Relatório Final

Concórdia, SC Setembro de 2013

APRESENTAÇÃO

Definição

Relatório de apresentação de resultados do contrato de prestação de serviços de pesquisa e desenvolvimento agropecuário (P&D), vinculado a apoio financeiro, celebrado entre Biogastec Energie – BGT, EMBRAPA e FUNARBE.

Objeto do estudo

Realização de análises físicas e químicas em 7 (sete) amostras de resíduos das produções, abate e processamento de aves e suínos para fins de caracterização e investigação do potencial energético e agrônômico.

Período de atividades

Agosto a setembro de 2013.

Registros

FUNARBE: 465/13

LAFAQ: 8.000287-2013

Equipe de colaboradores [embrapa]

- Airton Kunz
- Ricardo Luís Radis Steinmetz
- Sandra Camile Almeida Mota
- Sara Pimentel

Equipe de colaboradores [bgt]

- Patrícia Bombonatti
- Beatriz Arnold Berns

Relação de amostras e ensaios efetuados

Amostra 1: Dejeito de suíno

Parâmetros analisados: pH, densidade, sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos, relação C/N, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, fósforo total, potássio total, DBO, DQO, zinco e cobre.

Amostra 2: Resíduo de incubatório de ovos

Parâmetros analisados: pH, densidade, matéria seca liofilizada, sólidos totais (ou matéria seca), sólidos voláteis, sólidos fixos (ou cinzas), relação C/N, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas (ou extrato etéreo), fósforo total. Determinação do Potencial Metanogênico Específico (PME) – Teste de batelada.

Amostra 03: Resíduo do abate/processamento de suínos (animais mortos)

Parâmetros analisados: pH, densidade, matéria seca liofilizada, sólidos totais (ou matéria seca), sólidos voláteis, sólidos fixos (ou cinzas), relação C/N, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas (ou extrato etéreo), fósforo total.

Amostra 04: Resíduo sólido da linha verde de frigorífico (Lodo LV)

Parâmetros analisados: pH, densidade, pré-matéria seca, sólidos totais (ou matéria seca), sólidos voláteis, sólidos fixos (ou cinzas), relação C/N, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas (ou extrato etéreo), fósforo total.

Amostra 05: Resíduo sólido do tratamento físico-químico de efluentes de abatedouro/frigorífico (Lodo FQ)

Parâmetros analisados: pH, densidade, pré-matéria seca, sólidos totais (ou matéria seca), sólidos voláteis, sólidos fixos (ou cinzas), relação C/N, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas (ou extrato etéreo), fósforo total, potássio total, zinco e cobre. Determinação do Potencial Metanogênico Específico (PME) – Teste de batelada.

Amostra 06: Resíduo sólido do tratamento biológico de efluentes de abatedouro/frigorífico (Lodo BIO)

Parâmetros analisados: pH, densidade, pré-matéria seca, sólidos totais (ou matéria seca), sólidos voláteis, sólidos fixos (ou cinzas), relação C/N, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas (ou extrato etéreo), fósforo total.

Amostra 07: Cama de aviário (após 12 ciclos de criação frango de corte)

Parâmetros analisados: pH, densidade, pré-matéria seca, sólidos totais (ou matéria seca), sólidos voláteis, sólidos fixos (ou cinzas), relação C/N, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, fósforo total.

DESCRIÇÃO METODOLÓGICA E RESULTADOS

Amostra 1: Dejeito de suínos

Procedimento de coleta de amostras:

No dia 05/08/13 foram coletadas 4 amostras de dejeito de suíno em propriedades de produção de suínos da região do município de Concórdia/SC.

Amostra A: Unidade de terminação de suínos localizada em Linha Pinhal.

Amostra B: Unidade de terminação de suínos localizada em Linha Caravaggio.

Amostra C: Unidade de terminação de suínos localizada em Linha Barra Fria.

Amostra D: Unidade de produção de leitões desmamados localizada em Linha Santo Antônio.

O procedimento foi efetuado pela equipe da BGT, sob acompanhamento do Analista da Embrapa.

As amostras A, B e C foram coletadas diretamente da calha de dejetos, após homogeneização manual com pá. Alíquotas de aproximadamente 1 litro, de diferentes pontos da calha, foram transferidas a um recipiente de PVC de 20 litros. O material foi novamente homogeneizado e efetuada a coleta de subamostra de 2 litros em frasco de PEAD.

A amostra D foi coletada em recipiente de PVC de 20 litros por funcionários da propriedade. O material foi homogeneizado e efetuada a coleta de subamostra de 2 litros em frasco de PEAD.

Os frascos foram encaminhados ao Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa em ambiente resfriado.



Procedimento de preparo de amostra:

No laboratório foi constituída uma amostra composta com volumes iguais e homogêneos das 4 amostras citadas acima. A amostra composta foi utilizada para todos os procedimentos de análise.

Metodologias analíticas:

- >> Potencial hidrogeniônico (pH): Medida potenciométrica direta conforme método 4500-H⁺ (APHA, 2012).

- » Densidade aparente: Medida direta utilizando densímetro de baumé conforme procedimento interno.
- » Densidade específica: Medida gravimétrica conforme procedimento interno.
- » Sólidos totais, fixos e voláteis: Medida gravimétrica conforme método 2540-G (APHA, 2012).
- » Nitrogênio total (NTK): Procedimento baseado em método Kjeldhal para análise de nitrogênio orgânico conforme método 4500-Norg-C (APHA, 2012).
- » Nitrogênio amoniacal (N-NH₃): Determinação titrimétrica após destilação de vapores amoniacais conforme método 4500-NH₃ (APHA, 2012).
- » Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO520): Determinação manométrica após incubação sob condições controladas no intervalo de 5 dias, conforme método BODTrak (HACH, 1998).
- » Demanda Química de Oxigênio (DQO): Digestão sulfocrômica em refluxo fechado com determinação colorimétrica, conforme método 5220 (APHA, 2012).
- » Fósforo total: Determinação espectrofotométrica conforme método 4500-P-C (APHA, 2012).
- » Potássio total: Determinação por fotometria com chama conforme método 3500-K-B (APHA, 2012).
- » Zinco: Determinação por espectrometria de absorção atômica com chama conforme método 3500-Zn (APHA, 2012).
- » Cobre: Determinação por espectrometria de absorção atômica com chama conforme método 3500-Cu (APHA, 2012).
- » Relação C/N: Estimativa conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).

Resultados:

- » pH=7,18±0,02
- » Densidade (aparente) = 1,021 g/mL
- » Densidade (específica) = 1,080 g/mL
- » Sólidos totais = 80,1 ± 1,4 g/L ou 8,0% (m/v)
- » Sólidos fixos = 18,4 ± 0,2 g/L ou 1,8% (m/v)
- » Sólidos voláteis = 61,7 ± 1,2 g/L ou 6,2% (m/v)
- » DQO=86300±6647mgdeO₂/L
- » DBO520 = 37100 ± 2987 mg de O₂/L
- » NTK = 5866±89mgdeN/L
- » N-NH₃ = 3024 ± 106 mg de N/L
- » Ptotal = 1.090±71mgdeP/L
- » Ktotal = 2.263±29mgdeK/L
- » Cutotal = 72,4±0,6mgdeCu/L
- » Zntotal = 51,8±1,1mgdeZn/L

NOTA: Resultados do valor de “mediana” ± “desvio padrão” de 2 a 3 replicatas analíticas autênticas, expressos na base natural da amostra. Os resultados restringem-se a[s] amostra[s] encaminhada[s] e analisada[s] pelo laboratório, quaisquer inferências às populações totais estão sujeitas a variações de composição inerentes ao processo de produção da amostra ou procedimento de amostragem.

Amostra 2: Resíduo de incubatório de ovos

Procedimento de coleta de amostras:

Em 06/08/13 foram coletados cerca de 2 litros de amostra em frasco de PEAD. A amostra foi composta por 50% (v/v) de ovos inférteis e 50% (v/v) de pintainhos natimortos. As cascas de ovos foram removidas manualmente antes do processo de trituração, homogeneização e coleta. O procedimento de coleta foi realizado no incubatório de ovos da empresa localizada no município de Concórdia/SC, por funcionária do setor. O frasco com amostra foi encaminhado ao Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa em ambiente resfriado.



Detalhe da amostra de resíduo de incubatório de ovos.

Procedimento de preparo de amostra:

No laboratório a amostra foi homogeneizada com auxílio de processador de alimentos. Subamostras foram coletadas para determinação de pH e N-NH₃. Alíquota de 200 g de amostra homogeneizada foi congelada para proceder ao processo de liofilização. Todas as demais análises foram efetuadas utilizando a amostra liofilizada.

Metodologias analíticas:

- >> Potencial hidrogeniônico (pH): Medida potenciométrica direta conforme método 4500-H+ (APHA, 2012).
- >> Densidade específica: Medida gravimétrica conforme procedimento interno.
- >> Matéria seca liofilizada: Medida gravimétrica após liofilização conforme método 934.01. (AOAC, 2005).
- >> Sólidos totais, fixos e voláteis: Medida gravimétrica conforme método 2540-G (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio total (NTK): Procedimento baseado em método Kjeldhal para análise de nitrogênio orgânico conforme método 4500-Norg-C (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio amoniacal (N-NH₃): Extração em água e filtração. Determinação conforme método 4500-NH₃-D (APHA, 2012).
- >> Extrato etéreo: Determinação gravimétrica após extração em éter de petróleo em refluxo, conforme método SOXHLET modificado (Sindirações, 2009).

- >> Fósforo total: Determinação espectrofotométrica conforme método 4500-P-C (APHA, 2012).
- >> Relação C/N: Estimação conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).
- >> PME: Conforme recomendações da norma VDI 4630 (2006).

Resultados:

- >> pH = $6,68 \pm 0,01$
- >> Densidade (específica) = 1,120 g/mL
- >> Matéria seca liofilizada = 20,1%
- >> Sólidos totais = $209,3 \pm 8,5$ g/kg
- >> Sólidos fixos = $17,0 \pm 0,5$ g/kg
- >> Sólidos voláteis = $192,3 \pm 8,1$ g/kg
- >> NTK = 15228 ± 436 mgdeN/kg
- >> N-NH₃ = 731 ± 85 mgdeN/kg
- >> Extrato etéreo (gorduras totais) = $6,66 \pm 0,01\%$
- >> Relação C/N = 7:1
- >> Ptotal = 1657 ± 11 mgdeP/kg
- >> PME = 682 ± 37 mLN de biogás/gSV (concentração de CH₄ = 73%)
 - >> Taxa máxima de produção = 242 mL_N de biogás/d
 - >> Tempo de máxima produção = entre 20 e 30 dia
 - >> Teste finalizado em = 31 dias ($dV/dt < 1\% V_{\text{acumulado}}$)

NOTA: Resultados do valor de "mediana" ± "desvio padrão" de 2 a 3 replicatas analíticas autênticas, expressos na base natural da amostra. Os resultados restringem-se a(s) amostra(s) encaminhada(s) e analisada(s) pelo laboratório, quaisquer inferências às populações totais estão sujeitas a variações de composição inerentes ao processo de produção da amostra ou procedimento de amostragem.

Amostra 3: Resíduo do abate/processamento de suínos (porcos mortos)

Procedimento de coleta de amostras:

Em 06/08/13 foram entregues ao laboratório da Embrapa dois recipientes identificados como sendo amostras de carcaças de suínos inteiras trituradas. As amostras aparentavam conter tecidos diversos (couro, músculos e vísceras), além de conter partes de cartilagem e ossos. Não foi identificado o responsável pela coleta, assim como, não foi informada a origem da amostra.

Detalhe da amostra de carcaça de suíno triturada [esquerda] e processo de homogeneização em laboratório [direita].



Procedimento de preparo de amostra:

No laboratório a amostra foi homogeneizada com auxílio de processador de alimentos. Subamostras foram coletadas para determinação de pH e $N-NH_3$. Cerca de 200 g de amostra homogeneizada foi congelada para proceder ao processo de liofilização. Todas as demais análises foram efetuadas utilizando a amostra liofilizada.

Metodologias analíticas:

- >> Potencial hidrogeniônico (pH): Medida potenciométrica após solução conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).
- >> Densidade específica: Medida gravimétrica conforme procedimento interno.
- >> Matéria seca liofilizada: Medida gravimétrica após liofilização conforme método 934.01. (AOAC, 2005).
- >> Sólidos totais, fixos e voláteis: Medida gravimétrica conforme método 2540-G (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio total (NTK): Procedimento baseado em método Kjeldhal para análise de nitrogênio orgânico conforme método 4500-Norg-C (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$): Extração em água e filtração. Determinação conforme método 4500- NH_3 -D (APHA, 2012).
- >> Extrato etéreo: Determinação gravimétrica após extração em éter de petróleo em refluxo, conforme método SOXHLET modificado (Sindirações, 2009).

- >> Fósforo total: Determinação espectrofotométrica conforme método 4500-P-C (APHA, 2012).
- >> Relação C/N: Estimação conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).

Resultados:

- >> pH = $6,35 \pm 0,01$
- >> Densidade (específica) = $1,145 \text{ g/mL}$
- >> Matéria seca liofilizada = $38,7\%$
- >> Sólidos totais = $262,4 \pm 4,1 \text{ g/kg}$
- >> Sólidos fixos = $24,9 \pm 0,3 \text{ g/kg}$
- >> Sólidos voláteis = $237,5 \pm 3,9 \text{ g/kg}$
- >> NTK = $31780 \pm 1306 \text{ mgdeN/kg}$
- >> N-NH_3 = $1029 \pm 204 \text{ mg de N/kg}$
- >> Extrato etéreo (gorduras totais) = $7,62 \pm 0,07\%$
- >> Relação C/N = $4,1:1$
- >> Ptotal = $2201 \pm 80 \text{ mgdeP/kg}$

NOTA: Resultados do valor de "mediana" \pm "desvio padrão" de 2 a 3 replicatas analíticas autênticas, expressos na base natural da amostra. Os resultados restringem-se a[s] amostra[s] encaminhada[s] e analisada[s] pelo laboratório, quaisquer inferências às populações totais estão sujeitas a variações de composição inerentes ao processo de produção da amostra ou procedimento de amostragem.

Amostra 4: Resíduo sólido da linha verde de frigorífico (Lodo LV)

Procedimento de coleta de amostras:

Em 06/08/13 foram coletados cerca de 2 kg de amostra de resíduo sólido da linha verde (Lodo LV) de abatedouro de suínos e aves do município de Concórdia/SC. A amostra foi coletada por funcionária da própria empresa, responsável pelo tratamento dos efluentes. Segundo informações da funcionária, a amostra foi coletada após passagem do resíduo da linha de abate em separador de sólidos. A amostra foi encaminhada ao Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa em ambiente resfriado.



Detalhe da amostra
de resíduo "Lodo LV".

Procedimento de preparo de amostra:

No laboratório a amostra foi homogeneizada manualmente e subamostras foram coletadas para determinação de pH e $N-NH_3$. Cerca de 100 g de amostra homogeneizada sofreu processo de secagem em estufa de ar forçado a 60°C para estabilização (matéria pré-seca). Todas as demais análises foram efetuadas utilizando a amostra pré-seca.

Metodologias analíticas:

- >> Potencial hidrogeniônico (pH): Medida potenciométrica após solução conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).
- >> Densidade específica: Medida gravimétrica conforme procedimento interno.
- >> Matéria seca liofilizada: Medida gravimétrica após liofilização conforme método 934.01. (AOAC, 2005).
- >> Sólidos totais, fixos e voláteis: Medida gravimétrica conforme método 2540-G (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio total (NTK): Procedimento baseado em método Kjeldhal para análise de nitrogênio orgânico conforme método 4500-Norg-C (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$): Extração em água e filtração. Determinação conforme método 4500- NH_3 -D (APHA, 2012).
- >> Extrato etéreo: Determinação gravimétrica após extração em éter

de petróleo em refluxo, conforme método SOXHLET modificado (Sindirações, 2009).

- >> Fósforo total: Determinação espectrofotométrica conforme método 4500-P-C (APHA, 2012).
- >> Relação C/N: Estimção conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).

Resultados:

- >> pH = $6,62 \pm 0,01$
- >> Densidade (específica) = $1,174 \text{ g/mL}$
- >> Matéria pré-seca = $34,7\%$
- >> Sólidos totais = $325,4 \pm 2,6 \text{ g/kg}$
- >> Sólidos fixos = $110,9 \pm 2,1 \text{ g/kg}$
- >> Sólidos voláteis = $214,45 \pm 4,7 \text{ g/kg}$ NTK= $6633 \pm 590 \text{ mgdeN/kg}$
- >> N-NH₃ = $587 \pm 15 \text{ mgdeN/kg}$
- >> Extrato etéreo (gorduras totais) = $0,85 \pm 0,14\%$
- >> Relação C/N = 18:1
- >> Ptotal = $3433 \pm 209 \text{ mgdeP/kg}$

NOTA: Resultados do valor de "mediana" \pm "desvio padrão" de 2 a 3 replicatas analíticas autênticas, expressos na base natural da amostra. Os resultados restringem-se a(s) amostra(s) encaminhada(s) e analisada(s) pelo laboratório, quaisquer inferências à população total estão sujeitas a variações de composição inerentes ao processo de produção da amostra ou procedimento de amostragem.

Amostra 5: Resíduo sólido do tratamento físico-químico de efluentes de abatedouro/frigorífico (Lodo FQ)

Procedimento de coleta de amostras:

Em 06/08/13 foram coletados cerca de 2,5 kg de amostra de resíduo sólido do tratamento físico-químico (Lodo FQ) de abatedouro/frigorífico de suínos e aves do município de Concórdia/SC. A amostra foi coletada por funcionária do frigorífico, responsável pelo tratamento dos efluentes. Segundo informações da funcionária, a amostra é resultante do sólido gerado no processo de flotação dos efluentes da linha de produção e após passagem do resíduo em separador de sólidos. A amostra foi encaminhada ao Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa em ambiente resfriado.



Detalhe da amostra de resíduo “Lodo FQ”.

Procedimento de preparo de amostra:

No laboratório a amostra foi homogeneizada manualmente e subamostras foram coletadas para determinação de pH e $N-NH_3$. Cerca de 100 g de amostra homogeneizada sofreu processo de secagem em estufa de ar forçado a 60°C para estabilização (matéria pré-seca). Todas as demais análises foram efetuadas utilizando a amostra pré-seca.

Metodologias analíticas:

- >> Potencial hidrogeniônico (pH): Medida potenciométrica após solução conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).
- >> Densidade específica: Medida gravimétrica conforme procedimento interno.
- >> Matéria seca liofilizada: Medida gravimétrica após liofilização conforme método 934.01. (AOAC, 2005).
- >> Sólidos totais, fixos e voláteis: Medida gravimétrica conforme método 2540-G (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio total (NTK): Procedimento baseado em método Kjeldhal para análise de nitrogênio orgânico conforme método 4500-Norg-C (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$): Extração em água e filtração. Determinação conforme método 4500-NH₃-D (APHA, 2012).

- » Extrato etéreo: Determinação gravimétrica após extração em éter de petróleo em refluxo, conforme método SOXHLET modificado (Sindirações, 2009).
- » Fósforo total: Determinação espectrofotométrica conforme método 4500-P-C (APHA, 2012).
- » Potássio total: Determinação por fotometria com chama conforme método 3500-K-B (APHA, 2012).
- » Zinco: Determinação por espectrometria de absorção atômica com chama conforme método 3500-Zn (APHA, 2012).
- » Cobre: Determinação por espectrometria de absorção atômica com chama conforme método 3500-Cu (APHA, 2012).
- » Relação C/N: Estimação conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).
- » PME: Conforme recomendações da norma VDI 4630 (2006).

Resultados:

- » pH = 5,90 ± 0,01
- » Densidade (específica) = 1,203 g/mL
- » Matéria pré-seca = 39,5%
- » Sólidos totais = 391,2 ± 1,1 g/kg
- » Sólidos fixos = 41,8 ± 0,4 g/kg
- » Sólidos voláteis = 349,4 ± 1,6 g/kg
- » NTK = 25960 ± 119mgdeN/kg
- » Extrato etéreo (gorduras totais) = 12,41 ± 0,07%
- » N-NH₃ = 1199 ± 11mgdeN/kg
- » Relação C/N = 7,5:1
- » Ptotal= 4657 ± 20mgdeP/kg
- » Ktotal= 211 ± 0,6mgdeK/kg
- » Cutotal = 44,4 ± 2,0mgdeCu/kg
- » Zntotal = 85,3 ± 0,2mgdeZn/kg
- » PME = 927 ± 32 mLN de biogás/gSV (concentração de CH₄ = 69%)
- » Taxa máxima de produção = 186 mLN de biogás/d
- » Tempo de máxima produção = entre 20 e 30 dia
- » Teste finalizado em = 24 dias (dV/dt < 1% Vacumulado)

NOTA: Resultados do valor de “mediana” ± “desvio padrão” de 2 a 3 replicatas analíticas autênticas, expressos na base natural da amostra. Os resultados restringem-se a(s) amostra(s) encaminhada(s) e analisada(s) pelo laboratório, quaisquer inferências à população total estão sujeitas a variações de composição inerentes ao processo de produção da amostra ou procedimento de amostragem.

Amostra 6: Resíduo sólido do tratamento biológico de efluentes de abatedouro/frigorífico (Lodo BIO)

Procedimento de coleta de amostras:

Em 23/08/13 foram coletados cerca de 1,5 kg de amostra de resíduo sólido do tratamento biológico de efluentes (Lodo BIO) de abatedouro/frigorífico de suínos e aves do município de Concórdia/SC. A amostra foi coletada por funcionária do frigorífico, responsável pelo tratamento dos efluentes. Segundo informações da funcionária, a amostra é resultante do sólido gerado no tratamento biológico (tanque de aeração) dos efluentes resultantes da linha de produção e após passagem do resíduo em separador de sólidos. A amostra foi encaminhada ao Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa no dia 26/08/13 em temperatura ambiente.



Detalhe da amostra
de resíduo "Lodo BIO".

Procedimento de preparo de amostra:

No laboratório a amostra foi homogeneizada manualmente e subamostras foram coletadas para determinação de pH e N-NH₃. Cerca de 100 g de amostra homogeneizada sofreu processo de secagem em estufa de ar forçado a 60°C para estabilização (matéria pré-seca). Todas as demais análises foram efetuadas utilizando a amostra pré-seca.

Metodologias analíticas:

- >> Potencial hidrogeniônico (pH): Medida potenciométrica após solução conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).
- >> Densidade específica: Medida gravimétrica conforme procedimento interno.
- >> Matéria seca liofilizada: Medida gravimétrica após liofilização conforme método 934.01. (AOAC, 2005).
- >> Sólidos totais, fixos e voláteis: Medida gravimétrica conforme método 2540-G (APHA, 2012).

- >> Nitrogênio total (NTK): Procedimento baseado em método Kjeldhal para análise de nitrogênio orgânico conforme método 4500-Norg-C (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio amoniacal (N-NH₃): Extração em água e filtração. Determinação conforme método 4500-NH₃-D (APHA, 2012).
- >> Extrato etéreo: Determinação gravimétrica após extração em éter de petróleo em refluxo, conforme método SOXHLET modificado (Sindirações, 2009).
- >> Fósforo total: Determinação espectrofotométrica conforme método 4500-P-C (APHA, 2012).
- >> Relação C/N: Estimação conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).

Resultados:

- >> pH = 7,78 ± 0,02
- >> Densidade (específica) = 1,230 g/mL
- >> Matéria pré-seca = 42,12%
- >> Sólidos totais = 412,4 ± 3,1 g/kg
- >> Sólidos fixos = 56,8 ± 0,6 g/kg
- >> Sólidos voláteis = 355,6 ± 0,4 g/kg
- >> NTK = 22098 ± 467mgdeN/kg
- >> Extrato etéreo (gorduras totais) = 17,73 ± 0,23%
- >> N-NH₃ = 947 ± 78 mg de N/kg
- >> Relação C/N = 8,9:1
- >> Ptotal = 5101 ± 20mg de P/kg

NOTA: Resultados do valor de “mediana” ± “desvio padrão” de 2 a 3 replicatas analíticas autênticas, expressos na base natural da amostra. Os resultados restringem-se a[s] amostra[s] encaminhada[s] e analisada[s] pelo laboratório, quaisquer inferências à população total estão sujeitas a variações de composição inerentes ao processo de produção da amostra ou procedimento de amostragem.

Amostra 7: Cama de aviário

Procedimento de coleta de amostras:

Em 05/08/13 foram coletados cerca de 2 kg de amostra de cama da produção de frangos de corte, em propriedade na localidade de Barra Fria. A amostra foi coletada diretamente de dentro das instalações de produção das aves, resultante de 12 ciclos. O procedimento consistiu em coleta aleatória de porções de cama ao longo do aviário, para formar uma amostra composta. O procedimento foi efetuado pela equipe da BGT com acompanhamento de Analista da Embrapa. A amostra foi encaminhada ao Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa em ambiente resfriado.

Detalhe da coleta da amostra de cama de aviário.



Procedimento de preparo de amostra:

No laboratório a amostra foi homogeneizada manualmente e subamostras foram coletadas para determinação de pH e $N-NH_3$. Cerca de 100 g de amostra homogeneizada sofreu processo de secagem em estufa de ar forçado a 600C para estabilização (matéria pré-seca). Todas as demais análises foram efetuadas utilizando a amostra pré-seca.

Metodologias analíticas:

- >> Potencial hidrogeniônico (pH): Medida potenciométrica após solução conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).
- >> Densidade específica: Medida gravimétrica conforme procedimento interno.
- >> Matéria seca liofilizada: Medida gravimétrica após liofilização conforme método 934.01. (AOAC, 2005).
- >> Sólidos totais, fixos e voláteis: Medida gravimétrica conforme método 2540-G (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio total (NTK): Procedimento baseado em método Kjeldhal para análise de nitrogênio orgânico conforme método 4500-Norg-C (APHA, 2012).
- >> Nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$): Extração em água e filtração. Determinação conforme método 4500-NH₃-D (APHA, 2012).
- >> Extrato etéreo: Determinação gravimétrica após extração em éter de petróleo em refluxo, conforme método SOXHLET modificado (Sindirações, 2009).

- >> Fósforo total: Determinação espectrofotométrica conforme método 4500-P-C (APHA, 2012).
- >> Relação C/N: Estimação conforme manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. (MAPA, 2007).

Resultados:

- >> pH = 8,93 ± 0,02
- >> Densidade (específica) = 0,790 g/mL
- >> Matéria pré-seca = 77,4%
- >> Sólidos totais = 745,4 ± 1,5 g/kg
- >> Sólidos fixos = 140,7 ± 1,9 g/kg
- >> Sólidos voláteis = 604,7 ± 0,4 g/kg
- >> NTK = 24305 ± 287 mg de N/kg
- >> N-NH₃ = 3707 ± 175 mg de N/kg
- >> Relação C/N = 13,8:1
- >> Ptotal = 10069 ± 133mg de P/kg

NOTA: Resultados do valor de “mediana” ± “desvio padrão” de 2 a 3 replicatas analíticas autênticas, expressos na base natural da amostra. Os resultados restringem-se a(s) amostra(s) encaminhada(s) e analisada(s) pelo laboratório, quaisquer inferências à população total estão sujeitas a variações de composição inerentes ao processo de produção da amostra ou procedimento de amostragem.

OBSERVAÇÕES E ORIENTAÇÕES ADICIONAIS

- >> Os resultados apresentados neste relatório são restritos às amostras recebidas e analisadas pelo laboratório da Embrapa. Qualquer variação resultante de oscilações na composição das amostras ou na população (ex.: variações de processo, sazonalidade, etc.) não são contemplados neste documento.
- >> Para maior segurança na utilização dos resultados deste relatório é recomendado que fossem efetuados estudos de seleção das variáveis que possam interferir na composição dos resíduos abordados anteriormente. Consequentemente avaliar o impacto que tais variáveis podem inferir para a produção de biogás.
- >> É importante ressaltar que as amostras 2 e 3 sofreram alterações nas características organolépticas (odor, cor, aparência). As alterações foram visualmente perceptíveis logo nos primeiros dias de armazenamento em geladeira. Isso pode ser um indicio que a instabilidade da amostra pode resultar na concentração de algumas substâncias ao longo do processo de estocagem do resíduo (ex.: produção ou acúmulo de nitrogênio amoniacal).
- >> Em função das origens da amostra 6, é aconselhável investigar presença de nitritos e/ou nitratos. Tais substâncias podem causar inibição no processo de digestão anaeróbia.
- >> É importante alertar que os resultados de extrato etéreo (gorduras totais) amostras 5 e 6 podem estar superestimados. Este fato se dá por uma limitação do método analítico em função do tamanho de partícula da amostra após processo de pré-secagem e moagem.
- >> Também alertamos quanto ao resultado de nitrogênio amoniacal da amostra 6. Pode estar alterada em função do tempo entre amostragem e processamento da amostra.
- >> Por fim, cabe lembrar que o teste para determinação do Potencial Metanogênico Específico (PME) é um ensaio cinético de base biológica. Portanto, apesar de utilizar-se de condições controladas preconizadas por normas padronizadas, pode sofrer variações de resultados em função de variações na composição do substrato e variações na interação com os microrganismos anaeróbios. Para minimizar possíveis variações é recomendado repetição sucessiva do teste.

4

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

OAC, 2005. Official Methods of Analysis. 18th edition, Association of Official Analytical Chemists – AOAC International, Gaithersburg, USA.

APHA, AWWA, WEF, 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, USA.

HACH, 1998. Manual de instruções equipamento DBOTrak. [Ver. 5, 7/98] 50 pg. HACH Company, Colorado, USA.

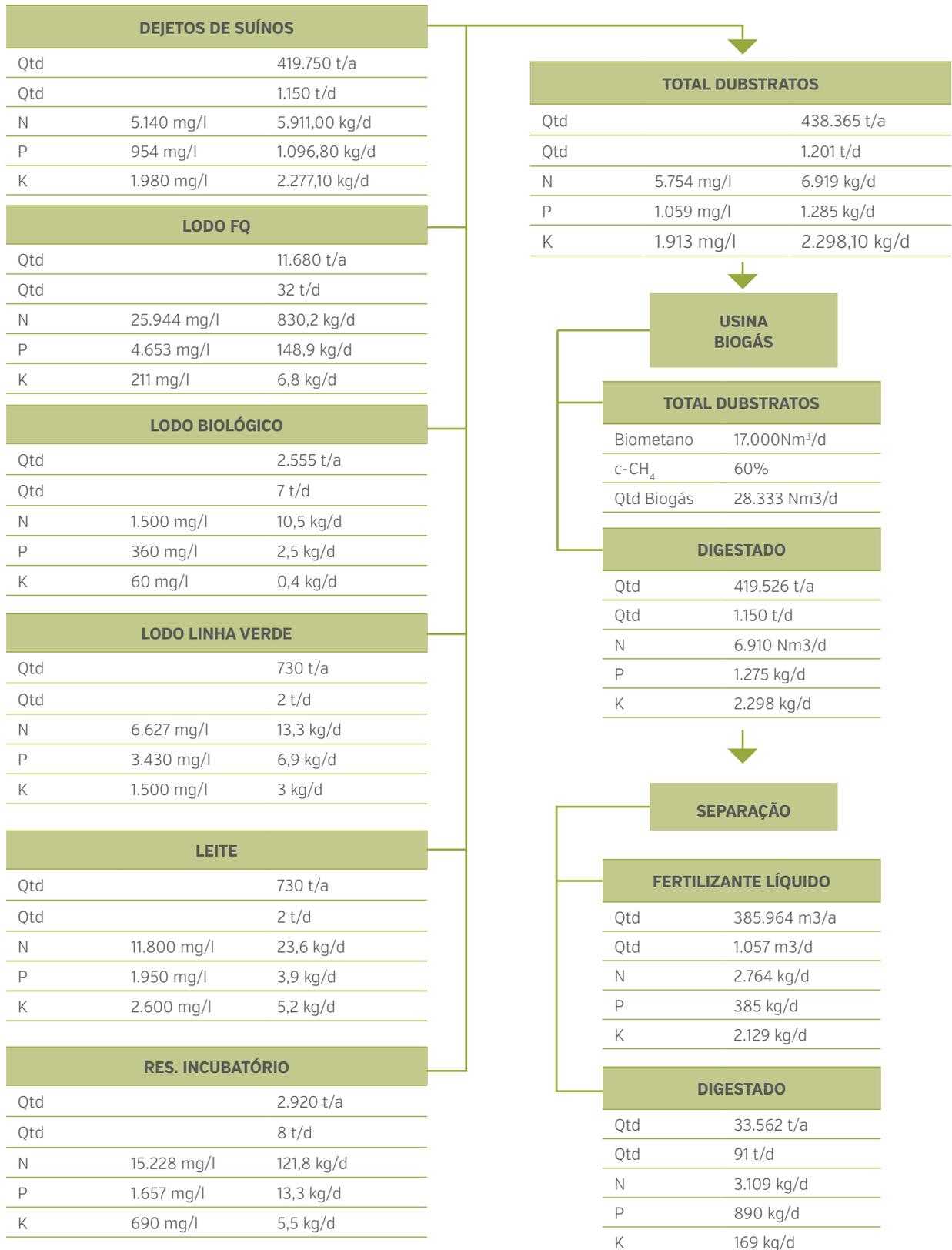
MAPA, 2007. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. 132 pg. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instrução Normativa No 28 de 27/07/2007.

SINDIRAÇÕES, 2009. Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal: Guia de métodos analíticos. 383 pg.

VDI 4630, 2006. Fermentation of organic materials. Characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. 92 pg.

ANEXO II

Balanco de massa do modelo de usina estudado.





Por meio do **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das Cidades



Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7958-055-0



9 788579 580550

