



SUINOCULTURA

DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA
E APROVEITAMENTO ECONÔMICO
DOS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE SUÍNOS





SUINOCULTURA

DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA
E APROVEITAMENTO ECONÔMICO
DOS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE SUÍNOS

2016 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Todos os direitos reservados. Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é do autor.

1ª edição. Ano 2016

Tiragem: 2.000

Consultores do Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono

Bruno Saviotti

Cleandro Pazinato

Fabiano Coser

Fabício Leitão

Pesquisa e Revisão Técnica

Paulo Armando V. de Oliveira – Embrapa Suínos e Aves

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Secretaria do Produtor Rural e Cooperativismo

Departamento de Sistemas de Produção e Sustentabilidade

Coordenação de Manejo Sustentável dos Sistemas Produtivos

Endereço: Esplanada dos Ministérios Bloco “D”, Anexo B, Sala 147

Cep: 70.043-900 – Brasília/DF

Tel: (61)3218.2537

www.agricultura.gov.br



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO | 7

USO RACIONAL DA ÁGUA | 9

- 1.1 Desperdício de Água e Equipamentos para Dessedentação | 12
- 1.2 Captação da Água da Chuva e Uso de Cisternas na Suinocultura | 14
- 1.3 Uso Legal da Água e Mensuração do Uso | 16
- 1.4 Uso Excessivo da Água e Reuso na Limpeza das Instalações | 17

USO RACIONAL DA RAÇÃO | 19

- 2.1 Estratégias para Minimizar a Excreção de Nutrientes | 21
- 2.2 Programas e Sistemas de Alimentação | 27

TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO ECONÔMICO DOS DEJETOS DE SUÍNOS | 31

- 3.1 Compostagem de Dejetos | 34

- 3.2 Cama Sobreposta | 37

- 3.3 Separação dos Dejetos (Fases) | 38

- 3.4 Biodigestão de Dejetos Suínos | 41

- 3.5 Uso do Biofertilizante | 48

- 3.6 Compostagem de Carcaças | 53

- 3.7 Tecnologias Inovadoras | 56

- 3.8 Considerações Finais | 62

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO | 65

- 4.1 Descrição das Tecnologias | 68

- 4.2 Indicadores de Análise | 70

- 4.3 Premissas Gerais Adotadas para as Projeções | 70

- 4.4 Análise Econômica | 72

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 81



INTRODUÇÃO

Uma produção sustentável de carne suína nos remete à utilização de todos os recursos de forma racional, e em se tratando de meio ambiente, o uso coerente dos recursos naturais adquire maior proporção. Por esta razão, antes de entrarmos na discussão das soluções tecnológicas mais apropriadas para o tratamento de dejetos na suinocultura brasileira, devemos abordar aspectos relacionados à gestão racional da água e da ração, esta última produzida com matérias-primas oriundas de uma agricultura pujante que também é baseada em recursos da natureza. Ou seja, antes de tratarmos dos resíduos precisamos ser eficientes no uso dos insumos básicos da produção.

A utilização excessiva da água, por aumentar a quantidade de resíduos (água residuária) e a dispersão da matéria orgânica nos efluentes, gera aumento de custo

para o manejo e tratamento dos dejetos, aumento do volume dos sistemas de armazenamento, além de aumento nos gastos para o transporte e utilização como fertilizante e maior uso dos recursos hídricos. Outro exemplo é a utilização de rações formuladas com os melhores padrões científicos e fornecida de maneira adequada, proporcionando menores volumes de dejetos e menor excreção de nutrientes.

Assim, nossa atuação não deve se concentrar unicamente na fase posterior à geração dos dejetos e sim em todo o ciclo da suinocultura, iniciando no uso dos insumos, passando para o tratamento dos dejetos até chegar no destino adequado e racional dos produtos oriundos dos processos tecnológicos de tratamento, como por exemplo, o biogás e o biofertilizante orgânico.

SUINOCULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Com relação às soluções tecnológicas utilizadas pela suinocultura brasileira com a finalidade de tratar os dejetos suínos, podemos destacar duas: a biodigestão e a compostagem. Em síntese, a biodigestão é um processo de fermentação anaeróbia (sem a presença de oxigênio) da matéria orgânica realizado dentro de um reator (biodigestor) e os produtos finais são o biogás e o biofertilizante. A compostagem é um processo de fermentação aeróbia (com oxigênio) que utiliza como substrato, uma fonte de carbono e tem como produto final um composto orgânico concentrado (NPK) e sem odor. É importante ressaltar que ambas as tecnologias são redutoras de emissões de gases de efeito estufa.

Os produtos dessas soluções tecnológicas podem se tornar fontes de renda para o produtor, podendo destacar o biogás utilizado para gerar energia elétrica, térmica e mecânica, e o biofertilizante líquido que pode substituir totalmente os adubos químicos na agricultura. Da mesma forma, o adubo orgânico sólido gerado na compostagem pode ser aproveitado na própria propriedade como fertilizante, substituindo

os adubos químicos e aumentando o nível de matéria orgânica no solo, além da possibilidade de ser comercializado como composto orgânico para utilização diversa na agricultura e jardinagem.

Entretanto para que essas tecnologias de tratamento dos dejetos suínos possam ser utilizadas com maior eficiência é necessário o emprego de um plano de gestão da água e da ração nas propriedades produtoras de suínos. Portanto, os resíduos da produção de suínos que naturalmente podem causar danos ambientais, quando devidamente tratados, podem se tornar agentes de sustentabilidade ambiental e econômica da atividade suinícola.

Diante desse contexto, elaborou-se o **Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono**, que é coordenado pelo MAPA com apoio do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), com o intuito de avaliar e disseminar alternativas economicamente viáveis para o tratamento de dejetos na suinocultura, tecnologias estas preconizadas pelo Plano ABC (BRASIL, 2012).



1

USO RACIONAL
DA ÁGUA



SUINOCULTURA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

A água é o nutriente mais importante para a vida dos animais e normalmente é visto como um nutriente naturalmente suprido pelo livre consumo. As dificuldades de mensuração das ingestões e balanços da água somadas à consideração de abundância, colocou esse nutriente durante muitos anos como secundário, crendo-se de seu perfeito atendimento das exigências.

Os avanços no *déficit* de água no mundo, as alterações climáticas, o aumento das demandas humana e agrícola, a poluição e os custos com o tratamento exigem uma nova postura perante os estudos do uso racional da água. A aplicação de controle na demanda da água é imprescindível e urgente para manter a atividade de produção animal de forma sustentável.

A utilização excessiva da água traz consequências negativas, pois aumenta a quantidade de resíduos (água residuária) e a dispersão da matéria orgânica nos

efluentes, como consequência teremos uma menor produção de biogás, um maior custo de tratamento dos dejetos e maior uso de recursos hídricos.

A importância em se conhecer o volume gasto de água na produção de suínos é para que produtores e técnicos tenham uma base para poder avaliar se o consumo de água da propriedade em questão está dentro de padrões normais estabelecidos. Existe uma variação muito grande no consumo de água entre as granjas de suínos, basicamente em função do manejo adotado e dos equipamentos. E ainda, o excesso de água aumenta a produção de dejetos e o custo com o seu tratamento (CARDOSO, 2014).

Com relação ao volume de água consumido diariamente na criação de suínos, aplicando os valores da Tabela 01 podemos estimar de acordo com o sistema produtivo utilizado a quantidade de água a ser consumida considerando cada categoria animal.

TABELA 01 | Volume diário de Consumo de Água (litros/animal/dia) em sistemas especializado de produção de suínos no Estado de Santa Catarina.

Modelos de Sistema de Produção de Suínos	Massa suínos (Kg)	Consumo Água (L/animal/dia)
Ciclo Completo (CC)	-	72,9
Unidade de Produção de Leitões (UPL)	-	35,3
Unidade de Produção de Desmamados (UPD)	-	27,8
Crechários (CR)	6 – 28	2,5
Unidade de Terminação (UT)	23 - 120	8,3

Fonte: FATMA- Fundação do Meio Ambiente de SC (2014, Anexo 7).

A água ingerida pelo animal pode advir de várias fontes como a água de bebida, água dos alimentos e a água metabólica oriunda do catabolismo de nutrientes. Os fatores que afetam o consumo de água pelos animais e suas exigências são variáveis e, na maioria dos casos de difícil mensuração.

A composição da dieta afeta de forma significativa o consumo de água, que como regra geral para animais não ruminantes, tem-se observado um consumo de 2,5 litros para cada kg de ração consumida, podendo chegar a 4 litros em no estresse calórico e na fase de lactação.

Além disso, também existem outros fatores que podem afetar as exigências de água pelos animais e devem ser considerados, tais como:

- **Balancos nutricionais:** alterando as proporções de nutrientes e eletrólitos, a concentração calórica da dieta e as relações sódio e potássio.
- **Equilíbrio eletrolítico da dieta:** afeta diretamente a quantidade de eletrólitos da dieta, as necessidades renais de excreção e retenção e a necessidade de água.
- **Estado fisiológico:** a idade, estágio reprodutivo, a lactação, peso metabólico, entre outros.
- **Fatores ambientais:** a temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, ambientes

abrigados ou abertos, presença de lâmina d'água entre outros.

Os balanços de água são baseados em uma série de *inputs* e *outputs* que determinam no balanço final a ingestão e necessidade de água para determinadas situações e/ou dietas. O uso de instalações que permitem um maior controle térmico auxilia na manutenção do consumo de água dentro da normalidade por parte do animal. Animais submetidos ao estresse calórico tendem a consumir mais água e com isso aumentar o volume de dejetos. Com o aumento da temperatura ambiente estes animais podem dobrar o consumo de água (MELO, 2005).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA, responsável, entre outras questões, por estipular os parâmetros de qualidade que as águas superficiais e subterrâneas devem ter para serem destinadas à dessedentação dos animais.

Existem duas resoluções que fazem referência a esse assunto:

Resolução CONAMA Nº 357/2005,

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. (CONAMA, 2005, p. 58-63).

A Resolução CONAMA N° 396/2008, Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. (CONAMA, 2008, p. 66-68).

1.1 Desperdício de Água e Equipamentos para Dessedentação

Um dos maiores problemas em relação ao consumo de água na suinocultura refere-se ao desperdício. O aumento do consumo de água pela granja nem sempre é devido a maior ingestão pelo animal, mas sim pelo desperdício que se observa nas propriedades devido ao manejo e ao tipo de bebedouros, passando pela altura, má localização, falhas de funcionamento, ângulo de instalação inadequado dos equipamentos, entre outros.

Existem no mercado de equipamentos diversas opções de bebedouros que devem ser avaliadas em suas características e benefícios para cada categoria de suíno que irá utilizá-lo. Segundo Tavares (2012) o equipamento ideal oferece água limpa, fresca, *ad libitum* e com desperdício mínimo, devendo fornecer o volume pretendido a uma velocidade baixa. As necessidades hídricas dos suínos nas diferentes fases produtivas estão descritas na Tabela 02.

Outra questão a ser levada em consideração é a vazão dos bebedouros, na Tabela 03 estão apresentados dados da vazão mínima de água recomendada

TABELA 02 | Água necessária para a produção de suínos, em função do estado fisiológico, nas diferentes fases produtivas.

Categoria de suíno	Aporte médio de água (L/d)
Leitões (15 kg)	1,5 – 2
Suíno (50 kg)	5 – 8
Suíno (90 kg)	6 – 9
Suíno (150 kg)	7 – 10
Porca em gestação	15 – 20
Porca em lactação	30 – 40

Fonte: Bonazzi (2001).

para os bebedouros, em sistema de produção de suínos, em função do estado fisiológico dos animais.

TABELA 03 | Vazão mínima recomendada nos bebedouros em função da fase produtiva dos suínos.

Categoria de suíno	Vazão de água (L/min)
Leitão Maternidade	0,25 – 0,40
Suíno (até 30kg)	0,50 – 0,60
Suíno (30 - 50kg)	0,60 – 0,75
Suíno (50 - 150kg)	0,75 – 1,00
Gestação/Cachaço	1,00 – 1,50
Lactação	1,50 – 2,00

Fonte: Bonazzi (2001).

Na Tabela 04, além da vazão de água recomendada é apresentada a pressão máxima da água em diferentes categorias animais.

TABELA 04 | Taxas de fluxo e pressão máxima da água fornecida aos suínos.

Categoria	Vazão de água (L/min)	Pressão máxima (KPa)
Leitões Desmamados	0,5	85 – 105
Crescimento/terminação	1,0	140 -175
Porca Vazia	1,0	Sem limite*
Porca em Lactação	2,0	Sem limite*

Fonte: Primary Industries Standing Committee (2008).

* cuidado com a pressão excessiva da água para não ter desperdício

FIGURA 1 | Exemplos de equipamentos para a dessedentação dos suínos: Chupeta, Bite Ball e Taça/Concha ecológica.



Chupeta

Bite Ball

Taça/Concha ecológica

Fonte: Tavares (2012).

De acordo com a Embrapa Suínos e Aves, os bebedouros do tipo chupeta devem ter sistema de regulagem de altura, pois os mesmos precisam ser posicionados sempre 5 cm acima da altura do dorso dos suínos, respeitando uma relação de dez suínos por bebedouro nas fases de creche, crescimento e terminação (COSTA et al., 2000). Na Tabela 05, são apresentadas algumas sugestões de altura, dimensionamento, vazão e pressão para equipamentos para a dessedentação dos animais.

TABELA 05 | Valores recomendados para pressão, vazão e altura de bebedouros para suínos em fase de creche, crescimento e terminação e número máximo de suínos por bebedouro.

Variáveis	Creche		Crescimento e terminação	
	Chupeta	Concha	Chupeta	Concha
Pressão máxima (kgf)	1,0	1,5	1,5	1,5
Vazão (litros/minuto)	1,0	1,5	1,5	3,0
Altura do piso (cm)	30,0	12,0*	50,0	20,0*
Número máximo de suínos/bebedouros	10	18	10	18

Fonte: Costa et al. (2000).

*Altura do piso até a borda superior da concha

1.2 Captação da Água da Chuva e Uso de Cisternas na Suinocultura

A utilização de sistemas para coleta de água da chuva por meio da captação via telhado e escoamento da água captada por meio de calhas, passando por filtros, antes da armazenagem em cisternas, é prática recomendável por diversas razões.

No uso da água da chuva para limpeza das instalações, não deve existir uma grande preocupação com a qualidade da mesma, o simples descarte das primeiras chuvas e o uso de um sistema simplificado de filtragem para retirada dos sólidos grosseiros já compreendem um manejo adequado. Porém quando se pretende usar a água para dessedentação dos animais é necessário garantir a qualidade da mesma, através de filtragens com a retirada do material grosseiro e de matéria orgânica. A cisterna deve ser mantida limpa, sem penetração de raios solares e sem entradas para qualquer material ou tipo de água que não seja a captada pelo telhado; sendo que análises da qualidade da água devem ser feitas com frequência.

Na Figura 2 está representada esquematicamente como deve ser o projeto para o aproveitamento da água da chuva para dessedentação animal.

As etapas que devem ser realizadas para possibilitar o uso de forma correta do aproveitamento da água da chuva na produção de suínos são:

1ª Etapa - Identificação de demanda de água na produção de suínos;

2ª Etapa - Dimensionamento da cisterna em função da demanda de água para a produção animal e a área de telhado disponível para captação;

3ª Etapa – Construção: avaliação das necessidades para escolha da cisterna e do modelo do sistema de captação;

4ª Etapa - Desinfecção: tratamento básico com cloração para possibilitar o uso na dessedentação animal.

FIGURA 2 | Componentes do sistema de filtração da água da chuva para dessedentação animal.



Fonte: Oliveira et al. (2012).

USO RACIONAL DA ÁGUA

As fotos abaixo mostram como é feito o processo de captação da água da chuva, o sistema de filtragem e o armazenamento em cisternas, em propriedades produtoras de suínos visitadas pela equipe de consultores do Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono.

FOTO 01 | Sistema de captação da água da chuva instalado no telhado de uma granja de suínos.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC.

FOTO 02 | Vista lateral de um pavilhão de maternidade com o sistema de captação da água da chuva.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC.

FOTO 03 | Pavilhão de recria com sistema de captação e sistema de filtragem da água da chuva.



Fonte: Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Thomazzoni/SC.

FOTO 04 | Sistema de captação da água da chuva, filtros e cisterna.



Fonte: Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Thomazzoni/SC.

FOTO 05 | Cisterna em funcionamento.



Fonte: Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Thomazzoni/SC.

1.3 Uso Legal da Água e Mensuração do Uso

A Lei 9433 (1997) instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo como um dos seus fundamentos a priorização do uso destes recursos para consumo humano e para a dessedentação dos animais. Assim, tornou-se necessário a outorga dos direitos de uso da água com o objetivo de assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da mesma.

São passíveis de outorga a captação da água em um corpo d' água e a extração de água de aquífero subterrâneo para uso como insumo do processo produtivo, e também o lançamento em corpo d' água de resíduos líquidos, tratados ou não.

FOTO 06 | Sistema de captação da água diretamente do corpo d' água. Esse processo precisa ser documentado/licenciado via outorga.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

O hidrômetro é um instrumento de medição volumétrica da água que passa numa parte da rede de abastecimento. Seu uso é extremamente necessário para que os produtores possam quantificar com precisão o consumo de água na propriedade e com isso despertar a consciência sobre a utilização racional da água, evitando vazamentos e desperdícios. Além de possibilitar informações sobre o desempenho do lote. Uma redução de mais de 30% no consumo de água em um só dia ou por três dias consecutivos já é um indicativo que há um potencial problema com a saúde dos animais (BRUM, 2000).

FOTO 07 | Hidrômetro para mensuração do volume de água captado do corpo d' água.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

FOTO 08 | Extração de água do aquífero subterrâneo (a), esse processo precisa ser documentado/licenciado via outorga. Hidrômetro (b) para mensuração do volume de água utilizado na granja e sistema de cloração de água (c).



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

1.4 Uso Excessivo da Água e Reuso na Limpeza das Instalações

Na gestão do uso da água, um aspecto que merece destaque é a quantidade de água aplicada em determinadas atividades que demandam o uso excessivo deste recurso. Nesse contexto duas práticas devem ser reconsideradas, em primeiro lugar, a prática da lavagem intensiva das instalações com equipamentos inadequados, e o segundo, a manutenção de instalações de engorda que utilizam lâmina d'água. Rotinas que demandam o uso regular de uma quantidade

excessiva deste recurso, provocando a aumento do volume de dejetos produzidos pela unidade.

Na vanguarda destas tecnologias, sugere-se a substituição das bombas de lavagem de alta vazão e baixa pressão por bombas de alta pressão (1000 a 2000 libras) e baixa vazão, e se possível a lavagem com água aquecida com a energia térmica gerada pela queima do biogás.

Vale lembrar que toda a lavagem que possa ser substituída por limpeza a seco é preferível em termos ambientais. O prévio umedecimento e raspagem das baias, bem como o uso de detergentes, facilitam a limpeza e diminuem o consumo de água.

Também é necessário que as construções sejam de superfície lisa, para evitar desperdício de água. O piso da baia deve possuir uma declividade entre 3% a 5%. Outra recomendação se refere à eliminação do uso de pavilhões com lâminas d'água (Foto 09) por baias vazadas, com isso reduzimos o consumo de água nas instalações.

FOTO 09 | Pavilhão de engorda com lâmina d'água.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

SUINOCULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

O processo de reuso da água das lagoas de tratamento (Foto 10) é um processo cada vez mais utilizado pela suinocultura brasileira. Por meio desse método reaproveitamos parte da água que seria eliminada pelo processo final de tratamento dos dejetos. A forma de utilizar esta água seria apenas para a limpeza das instalações do próprio sistema de escoamento de dejetos da granja, como por exemplo no sistema de *flushing* dos pavilhões de creche e engorda.

De forma prática, estima-se que podemos economizar até 20% do volume da água utilizada na unidade de produção. Não devemos utilizar esta água para a dessedentação (água de bebida) dos animais, por esta razão é necessária uma rede hidráulica específica para o sistema de reuso.

FOTO 10 | Sistema de captação de água da lagoa de dejetos. Esse método utiliza a água residual oriunda dos biodigestores para utilização no sistema de limpeza das canaletas de dejetos.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.



2

USO RACIONAL
DA RAÇÃO



SUINOCULTURA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

As questões ambientais vêm sendo discutidas nas últimas décadas de forma intensa. Precisa haver um consenso entre pesquisadores, produtores, órgãos governamentais e consumidores que há necessidade de pensarmos e agirmos de forma sustentável em relação ao meio ambiente para que as atividades agropecuárias se mantenham econômicas em condições de gerar riquezas por muito mais tempo e de forma continuada.

Na produção de suínos, em função da alta concentração dos rebanhos, os dejetos podem exceder a capacidade de absorção dos ecossistemas locais, sendo causa potencial da poluição e dos problemas de saúde relacionados com matéria orgânica, nutrientes, patógenos e odores. Segundo Schultz (2007), em termos comparativos, a geração de dejetos suínos corresponde a quatro vezes o equivalente populacional humano. Isto significa que uma criação com 1.000 animais em terminação corresponde a uma cidade de 4.000 habitantes; a criação com 5.000 matrizes em ciclo completo equivale a uma cidade de 200.000 habitantes.

Os dejetos produzidos pelos suínos, e por qualquer outra espécie animal, são consequência da quantidade dos nutrientes fornecidos na dieta. Portanto, os nutricionistas podem contribuir muito para a solução da questão da poluição ambiental pelos dejetos suínos utilizando conhecimento e bom senso, os quais podem ser materializados em dietas formuladas para menor excreção de nutrientes e utilizadas

FOTO 01 | Reservatório de biofertilizante utilizado em fertirrigação de pastagens. Armazenamento em lagoa forrada para evitar a infiltração no solo, após passagem pelo biodigestor evitando a liberação de gases de efeito estufa (GEE).



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

em sistemas de produção que operam com o conceito de produção mínima de dejetos (LIMA, 2007).

Neste sentido é necessário conhecer as exigências nutricionais de cada categoria animal, os programas de alimentação, os reais níveis nutricionais dos ingredientes usados, a digestibilidade dos nutrientes, fatores antinutricionais, restrições, balanceamento adequado dos aminoácidos, utilização do conceito de proteína ideal, ferramentas para aumentar a disponibilidade dos ingredientes, como por exemplo, as enzimas exógenas, entre outros (BÜNZEN et al, 2008).

2.1 Estratégias para Minimizar a Excreção de Nutrientes

O conhecimento em nutrição animal, especificamente em suínos, atualmente é bem desenvolvido. Sabe-se de forma satisfatória quais as exigências nutricionais desses animais por categoria, genética e desempenho desejado, além do conhecimento na área de alimentos em relação à sua composição, fatores antinutricionais e restrições de uso. Enfim, são diversas tecnologias que já estão à disposição para que se possa efetuar uma nutrição mais equilibrada envolvendo não apenas o animal e a lucratividade da atividade, mas também o meio ambiente.

2.1.1 Proteína Ideal

Por muitos anos as dietas de suínos eram formuladas com base na proteína bruta, o que acarretava frequentemente maior eliminação de nitrogênio para o ambiente, em função de um consumo de aminoácidos maior do que a quantidade aproveitada pelo animal. Com o avanço do conhecimento em nutrição passou-se a formular com base em aminoácidos digestíveis, desenvolvendo o conceito de proteína ideal. Esse conceito assume que há uma proporção entre os aminoácidos essenciais que maximiza o desempenho animal e minimiza o esforço com o metabolismo excessivo de aminoácidos.

Esta tecnologia exige que se adotem as formulações com base em aminoácidos digestíveis, evitando a interferência de alimentos com baixa digestibilidade de aminoácidos, o que afetaria a eficiência do balanço. O balanço de aminoácidos totais é diferente dos aminoácidos digestíveis na dieta. Na prática, para executar um trabalho de formulação com proteína ideal (PI) é necessário o uso de aminoácidos industriais. A adição de lisina, metionina, treonina, triptofano e, recentemente, da valina, permite alterar o perfil de proteína ideal de uma dieta para obtenção dos valores esperados.

Muitas empresas e nutricionistas optam por formular a PI parcialmente, bloqueando apenas um, dois, três ou mais aminoácidos, considerando que os demais estão sendo atendidos em níveis aceitáveis. Essa prática pode gerar algumas confusões e, os benefícios da redução do excesso de aminoácidos podem não ser observados. Outra consideração relevante no uso do conceito de proteína ideal é a necessidade de uma matriz nutricional muito bem calibrada contendo a composição dos aminoácidos dos alimentos na forma de aminoácidos digestíveis.

A formulação em PI gera menor excreção de nitrogênio (N) no ambiente. O nitrogênio é um dos grandes responsáveis pela deterioração do ambiente aéreo pela formação do gás amônia. A melhora do ambiente é apenas um dos benefícios da formulação em PI, tornando a avaliação entre custo

de formulação e melhoria de desempenho mais complexa ao nutricionista. Normalmente o custo de formulação tende a ser menor quando usamos o conceito de proteína ideal.

Outro benefício é em relação ao estresse por calor. O metabolismo e a excreção do excesso de aminoácidos demandam esforço extra do organismo animal, gerando maior calor metabólico. Esse aquecimento necessita então ser dissipado pelo corpo do animal para o ambiente, porém, quando a temperatura do ambiente se aproxima da temperatura corporal, o animal necessita de recursos extras para perda de calor, o que nem sempre é possível, levando o animal a quadros de hipertermia ou até a morte.

Nesse sentido, a formulação em PI pode auxiliar o animal em sua termorregulação evitando a exposição a uma situação indesejada. A fêmea suína em lactação é a categoria mais desafiada do ponto de vista do ambiente e exige grande esforço para melhoria da ingestão de ração e promoção do conforto térmico. O conceito de proteína ideal, juntamente com o de energia líquida, é um fundamento para a modelagem do crescimento e nutrição de precisão.

A redução do nível proteico da dieta estará diretamente atrelada ao número de aminoácidos industriais disponíveis para uso. Como pode ser observado na Tabela 01, com a inclusão de L-lisina houve uma

TABELA 01 | Efeito da formulação com o emprego de L-lisina e DL-metionina, sobre a redução do nitrogênio da dieta.

Dietas*	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
Milho (%)	56,44	57,37	57,79
Farelo de soja (%)	36,60	35,66	35,24
Óleo de soja (%)	4,40	4,37	4,36
L-Lisina (%)	–	0,03	0,041
DL-Metionina (%)	–	–	0,0018
Outros (%)	2,56	2,57	2,57
Total (%)	100,0	100,00	100,00
Proteína bruta da ração (%)	21,00	20,67	20,53
Nitrogênio (%)	3,36	3,31	3,28
Redução do nitrogênio (%)	–	1,48	2,38

*Dietas formuladas para porcas com 220 kg de peso vivo, com uma leitegada ganhando aproximadamente 2,8 kg/dia de peso (ROSTAGNO et al, 2011).

redução 1,48% na concentração de nitrogênio na dieta (dieta 2). Já com a inclusão da DL-metionina essa redução chegou a 2,38% (dieta 3).

2.1.2 Enzimas

O uso de enzimas na nutrição animal para melhorar o desempenho já vem sendo estudado e praticado há mais de 20 anos no Brasil. É uma tecnologia cientificamente comprovada com seu uso garantido em die-

tas animais devido ao excelente retorno econômico, ambiental e desempenho animal (PENA et al. 2013, AFONSO; PALHARES; GAMEIRO, 2014). Segundo Zanella (2001 apud CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005), existem três grupos de enzimas disponíveis no mercado que são:

1. Enzimas para alimentos de baixa viscosidade (milho, sorgo e soja);
2. Enzimas para alimentos de alta viscosidade (trigo, centeio, cevada, aveia, triticale e farelo de arroz);
3. Enzimas para degradar o ácido fítico dos grãos vegetais.

As enzimas que hidrolisam o ácido fítico, conhecidas por fitase, permitem uma redução nos custos de formulação de forma bastante significativa, bem como a redução na excreção do fósforo que é altamente prejudicial ao meio ambiente. Além do melhor aproveitamento do fósforo e do cálcio, ainda é possível adicionar aos benefícios trazidos pelas fitases o maior aproveitamento dos microminerais como Zn, Mn, K e Na, dos aminoácidos e dos carboidratos. Tudo isso resulta em melhor aproveitamento da energia da dieta.

Outra classe de enzimas exógenas são as carboidrolases. Uma enzima que faz a hidrólise entre as ligações dos

carboidratos que estão intimamente relacionados ao valor nutricional dos ingredientes de origem vegetal, o qual é limitado pelo teor de Polissacarídeos não Amiláceos (PNA). Esta enzima é capaz de reduzir os efeitos anti-nutricionais do PNA. Os polissacarídeos não amiláceos compreendem uma ampla classe de polissacarídeos como: celulose, hemicelulose, quitina e pectinas que estão presentes na parede celular das células de alimentos de origem vegetal.

Os polissacarídeos não amiláceos não podem ser digeridos ou são pobremente digeridos pelas enzimas endógenas do trato gastrointestinal dos suínos, sendo fermentados pela microbiota intestinal e produzindo gases na forma de ácidos graxos voláteis. Além da baixa digestibilidade, os polissacarídeos não amiláceos representam um problema para os animais monogástricos, pois quando não digeridos aumentam a viscosidade intestinal, e causando prejuízos no desempenho e diminuem a velocidade de passagem dos alimentos ao longo do trato digestório. Dessa forma, dificultam a ação das enzimas endógenas e interferem na difusão ou transporte dos nutrientes.

As carboidrolases tem seu uso justificado nas dietas para suínos devido à redução na viscosidade intestinal e aumento da quantidade de açúcares digestíveis, resultando em maior disponibilidade de nutrientes. Com isto temos uma melhora significativa no desempenho dos animais (conversão alimentar e ganho de peso), além de diminuir a poluição ambiental causa-

da por nutrientes excretados nas fezes. Dessa forma, os animais produzem fezes menos úmidas, com menor excreção de nitrogênio, sofrendo menos com a amônia e reduzindo o impacto ambiental causado pela crescente produção animal.

2.1.3 Minerais Orgânicos

Minerais como cobre e zinco são largamente utilizados como promotores de crescimento por serem relativamente econômicos, no entanto, o uso em excesso desses minerais compromete o meio ambiente em função da poluição ambiental acarretada pela excreção dos mesmos nos dejetos dos suínos.

O zinco é usado em maior quantidade na alimentação de animais jovens, em que níveis de 1,5 mil a 3 mil ppm são adicionados às dietas no intuito de reduzir a incidência da diarreia pós desmame. Uma estratégia para diminuir a excreção destes minerais é evitar o uso de altos níveis de cobre e zinco como promotores de crescimento e no controle da diarreia, e melhorar o aproveitamento por meio de fontes mais biodisponíveis, como os minerais orgânicos.

O mineral orgânico, ainda hoje, tem o seu uso limitado devido ao alto custo de inclusão nas formulações. Ribeiro e Oelke (2013) observaram que não era o melhor caminho associar fontes orgânicas e inorgânicas numa mesma ração, quando o obje-

tivo é diminuir a excreção dos minerais nas fezes. Explicam que para diminuir o impacto dos dejetos no ambiente, o ideal seria trocar os minerais inorgânicos pelos orgânicos e reduzir os níveis em que ambos são adicionados à dieta.

2.1.4 Ractopamina

A ractopamina é um aditivo que vem sendo utilizado em dietas de suínos em fase de terminação no Brasil, e em outros lugares do mundo, com excelentes resultados econômicos e zootécnicos. Atua principalmente na conversão alimentar (menor consumo de alimento para produzir um quilograma de carcaça), no ganho de peso diário (atinge o peso desejado de abate mais cedo) e faz com que a carcaça do suíno tenha um menor percentual de gordura. Essas vantagens acabam tornando a atividade suinícola mais sustentável, com melhor aproveitamento dos nutrientes e consequentemente menor excreção para o meio ambiente.

Cloridrato de ractopamina é um agonista β -adrenérgico com estrutura semelhante às catecolaminas epinefrina e norepinefrina. A catecolamina sintética interfere no metabolismo, desviando nutrientes para funções zootecnicamente desejáveis. Age na ativação da síntese de proteínas no tecido muscular, sem efeito sobre sua taxa de degradação, com impacto na redução da síntese e taxa de degradação de gorduras (MANZKE et al., 2011).

Normalmente é usado na fase de terminação, dos 85kg aos 90kg ao abate, ou por cerca de 28 dias antes do abate. Não tem período de retirada. É necessário um ajuste na formulação, pois os animais vão requerer níveis maiores de lisina e outros aminoácidos essenciais em 25% a 30%.

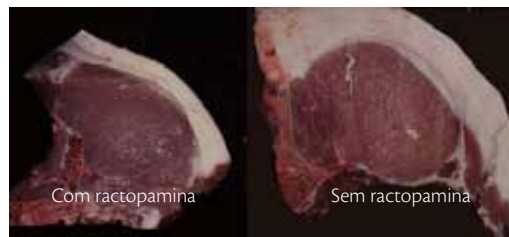
TABELA 02 | Estudo demonstrando o efeito da ractopamina em diversos parâmetros de interesse econômico.

Dose (ppm)	Parâmetro	Efeito	Autores
5 a 10	Peso corporal CR	Sem efeito	Corassa (2010)
5 a 10	Peso corporal	Sem efeito	Armstrong (2004)
5	GP	Sem efeito	Pereira (2008)
Não citado	GP	Ganho	Marinho (2005)
20	↑ Deposição de carne magra PV ↓ Espessura toucinho	Ganho	Rossi (2010)
5	Peso carcaça quente Rendimento da carcaça Espessura toucinho	Sem efeito	Cantarelli (2009)
5	Área do olho de lombo	Ganho	Almeida (2010)
20	CA	Ganho	Sanches (2010)
Máx. 5	Características de carcaça	Ganho	Ferreira (2011)

Fonte: Compilado de Manzke et al. (2011)

A ractopamina é liberada no Brasil, porém existem muitos países em que seu uso é proibido, assim, muitas indústrias brasileiras que exportam não utilizam este aditivo. No entanto, existem inúmeros trabalhos científicos comprovando o consumo seguro da carne suína tratada com ractopamina, aliado aos benefícios de sua utilização na produção de suínos, como por exemplo, menos gordura na carcaça, trazendo uma melhora na alimentação saudável dos homens, melhora no desempenho animal, retorno econômico satisfatório para o produtor e menor poluição ambiental.

FOTO 02 | Cortes de lombo suíno oriundos de animais com e sem ractopamina.



Fonte: Blanco (2012).

2.1.5 Imunocastração

A imunocastração é importante ferramenta que permite uma melhora na conversão alimentar e ganho de peso diário, quando comparado com animais castrados cirurgicamente, indicando que com este procedimento os animais se tornam mais eficientes

na conversão do alimento em carne. Sendo assim, conseqüentemente, diminuem o efeito poluidor por quilograma de carne produzida, e reduzem o impacto negativo da atividade ao meio ambiente.

A imunocastração é uma técnica empregada para suprimir a atividade testicular, por meio de vacinas que inibem a liberação da gonadotrofina, reduzindo a secreção de hormônios masculinos e assim eliminando a produção de compostos responsáveis pelo cheiro desagradável na carne. Além de melhorar o desempenho em ganho de peso, a imunocastração melhora a eficiência alimentar dos animais em cerca de 7% a 8% quando comparados aos animais castrados pelo método cirúrgico.

O modo de uso é bastante simples e consiste em duas doses da vacina que devem ser administradas com um intervalo de pelo menos quatro semanas. Uma dose na fase de crescimento para sensibilização imunológica, sem afetar o desempenho. E uma segunda dose três a dez semanas antes da idade planejada para abate, a partir desta dose é que ocorre os efeitos descritos (informações pelo site www.zoetis.com.br/vivax). A empresa responsável pelo desenvolvimento e comercialização da vacina recebeu em 2011 uma certificação (Figura 01) que comprova os benefícios do uso da imunocastração em relação ao meio ambiente através de uma criteriosa metodologia de “Gestão do Ciclo de Vida” (*Life Cycle Assessment – LCA*).

FIGURA 01 | Certificado da Bureau Veritas garantindo que o produto atende a princípios que asseguram o meio ambiente.



A metodologia Gestão do Ciclo de Vida (LCA) é padronizada internacionalmente pela ISO 14040 e ISO 14044 e leva em consideração vários aspectos na criação de suínos, e comparativamente, além da melhoria no desempenho e bem-estar animal, são evidentes e importantes indicadores do impacto ambiental os benefícios de evitar a castração cirúrgica e usar a imunocastração. Em especial na pe-

USO RACIONAL DA RAÇÃO

gada de carbono que tem sua redução em aproximadamente 3,6% em peso vivo. Para um suíno em engorda criado para um peso de 115 kg a redução na emissão de carbono é equivalente a cerca de 28 kg de CO₂ (Boletim Técnico da empresa).

A suinocultura brasileira utiliza o sistema de alimentação por fases. Na prática, através de equipamentos apropriados e bem dimensionados é possível aumentar a eficiência do sistema de alimentação por fases conforme mostra a Foto 03.

2.2 Programas e Sistemas de Alimentação

2.2.1 Sistema de Alimentação por Fases

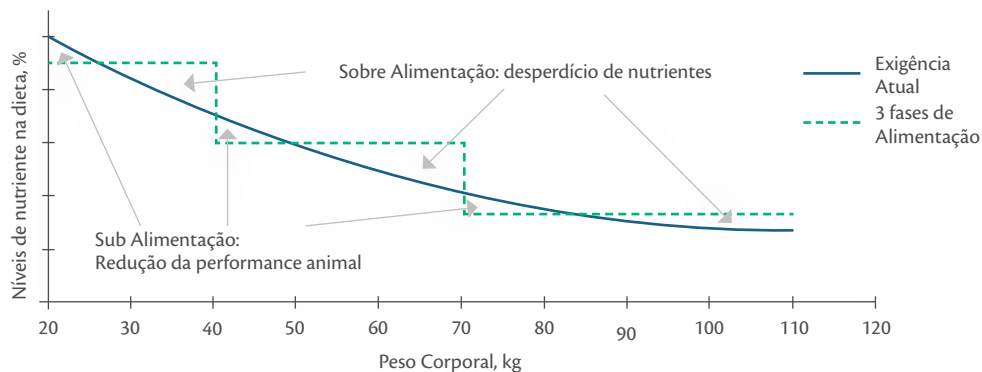
Os programas de alimentação também podem ser um fator de desencadeamento de perdas de nutrientes quando são formuladas dietas com grandes variações nutricionais entre as fases, pois em algum momento o animal irá consumir mais nutrientes do que necessita, e em outra menos (Gráfico 01).

FOTO 03 | Bateria de Silos de Rações do Sistema de alimentação por fases



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Palma Sola/SC.

GRÁFICO 01 | Conceito de alimentação por fase



Fonte: Martínez-Ramírez, Oliveira e Gracioli (2014).

2.2.2 Sistema de Alimentação de Precisão

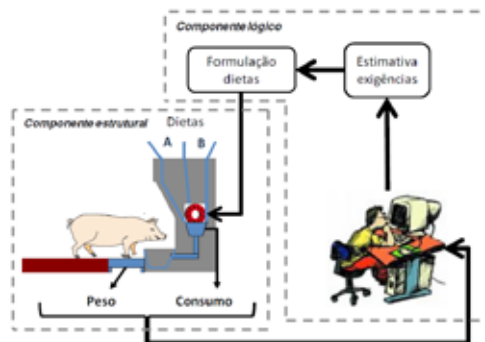
A nutrição de precisão vem ao encontro da necessidade de uma nutrição mais ajustada à exigência nutricional dos animais. Como vantagens pode-se destacar a redução na excreção de nitrogênio e fósforo na ordem de 38%, melhora na utilização do nitrogênio, fósforo e outros nutrientes oriundos da dieta, além de redução de cerca de 4% no custo da alimentação (POMAR et al., 2009).

A utilização de recursos tecnológicos como os alimentadores inteligentes (POMAR et al., 2009) é possível considerando que o animal não apresenta saltos na mudança de necessidades e sim uma evolução contínua. O uso de sistemas de alimentação inteligentes pode permitir a aplicação de dietas múltiplas ao longo de um período de criação.

Para isso estão desenvolvendo um sistema de alimentação automática e inteligente que contempla o conceito de nutrição de precisão. Esse novo sistema, denominado de *Intelligent Precision Feeder System* (IPF), visa otimizar a produção de suínos a partir de uma perspectiva animal, ambiental e econômica. O IPF é um sistema formado por um componente estrutural e outro lógico. O componente estrutural é um comedouro automático que serve como alimentador e mecanismo de medição de peso e consumo em tempo real. Acolado ao

comedouro existe um subsistema de dosagem que permite fornecer uma dieta em quantidade e qualidade determinadas pelo sistema (Figura 02) (HAUSCHILD, 2010).

FIGURA 02 | Representação geral dos componentes estrutural (comedouro) e lógico (modelo matemático) para estimar as exigências e programa de formulação e dietas do “IPF”.



Fonte: Hauschild (2010).

Rostagno et al. (2011) apresenta um interessante comentário em suas explicações para o uso das Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos. Assumindo que é possível modelar as exigências nutricionais para cada dia de idade e peso corporal do animal e que se podem imprimir diferentes desempenhos produtivos, podemos interpretar que o animal apresenta não apenas uma, mas sim muitas exigências nutricionais.

Em contrapartida pode se questionar a necessidade de muitas dietas para atender estas exigências diárias dos animais, porém, na aplicação dos conceitos de comedouros inteligentes como os mencionados por Pomar et al. (2009), é possível trabalhar com apenas duas dietas, o que melhora muito a logística dentro de fábricas de rações.

2.2.3 Sistema de Alimentação Eletrônica para Fêmeas Gestantes em Grupo

O *Electronic Sow Feeding* (ESF) como é conhecido o Sistema de Alimentação Eletrônica ou Sistema de Alimentação em Túnel permite o fornecimento preciso da quantidade de ração que cada matriz necessita sem desperdício, o que permite um ganho ambiental expressivo se comparado com sistema de alimentação tradicional de reprodutoras suínas. Neste sistema o nutricionista formula a dieta de acordo com a necessidade da fase de gestação, e adequa a quantidade fornecida por animal conforme a ordem de parto, fase gestacional, peso vivo etc (DIAS; SILVA; MANTECA, 2014).

Esse modelo é muito utilizado em países europeus por razões de bem-estar animal, mas recentemente tem sido uma opção de escolha para os novos projetos de granjas tecnificadas brasileiras, pois além dos benefícios econômicos em termos de racionalização da alimentação e mão-de-obra, permite o

fornecimento de alimentos para grandes grupos de fêmeas alojadas coletivamente (DIAS; SILVA; MANTECA, 2014).

FOTO 04 | Sistema de alimentação eletrônica: fêmea consumindo ração dentro do túnel de alimentação enquanto as demais fêmeas esperam para entrar na máquina.



Fonte: PigTek/Mannebeck (2014).

2.2.4 Restrição Alimentar

A restrição alimentar é uma prática comum na produção de suínos com intuito de melhorar a carcaça. Lima (2007) ressalta que a técnica é vantajosa por possibilitar menor excreção diária de fósforo, nitrogênio e outros minerais devido à redução no consumo de ração e aumento na eficiência alimentar. Recomenda-se a restrição alimentar somente após 70 a 80 kg de peso (BRIGANÓ, 2008).

SUINOCULTURA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO


Moreira et al. (2007) estudando o efeito de restrição energética (3.200, 2.960 e 2.720 kcal de EM/kg) em suínos na fase de terminação puderam concluir que é possível levar o animal até um peso de abate por volta dos 115 kg aplicando a técnica de restrição sem comprometer o desempenho e as

características de carcaça independente do nível energético estudado. Embora o volume das fezes tenha aumentado com a diminuição da energia e em função da maior quantidade de fibra da casca de arroz, não houve um aumento na excreção de fósforo e nitrogênio.



3

TECNOLOGIAS PARA
O APROVEITAMENTO
ECONÔMICO DOS DEJETOS
DE SUÍNOS



SUINOCULTURA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

O aproveitamento econômico dos dejetos é um termo mais adequado para o que se convencionalmente chama de “tratamento dos dejetos”, sendo que na realidade, em sistemas de produção animal raramente se utiliza sistemas de tratamento dos efluentes, e sim tecnologias e sistemas de manejo para aproveitamento ou simplesmente distribuição dos dejetos no solo. Sistemas de tratamento que permitem verter diretamente nos corpos d’água os efluentes do sistema de produção, em sua maioria, além de inviáveis economicamente, impedem a exploração do potencial econômico dos resíduos da produção.

A necessidade de uso de fertilizantes na agricultura e o aumento dos custos destes contribuíram como importantes estímulos ao aproveitamento dos resíduos orgânicos da suinocultura. Não menos importante e também cada vez mais impactante no custo de produção de suínos é a questão da energia elétrica, seja pelo alto custo da eletricidade ou mesmo pela insegurança energética que ainda aflige grande parte dos produtores, principalmente em regiões distantes dos grandes centros ou das principais linhas de transmissão. Nesse quesito, a recente regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabeleceu condições para geração distribuída e sistema de compensação, foi um importante estímulo para geração de energia elétrica a partir do biogás da produção de suínos.

No contexto do aproveitamento dos resíduos da produção de suínos ganha cada vez mais importância a

discussão do destino dos animais que morrem durante o ciclo de produção. Com o aumento do tamanho das granjas, muitas delas com mais de 10 mil animais em confinamento, e em algumas fazendas com números que chegam a mais de 50 mil ou mesmo 100 mil suínos, torna-se um complexo problema tanto de ordem ambiental como econômica, devido ao custo e a complexidade do manejo das carcaças. Os animais que morrem normalmente durante o ciclo de produção pode variar de 3% a 5% em granjas de ciclo completo.

Nesse sentido, a cadeia de produção de suínos procura alternativas que não só reduzam o impacto ambiental e o custo envolvido com esse manejo, mas que também agreguem valor a esta matéria prima de alta qualidade, seja por meio da produção de composto orgânico ou do seu aproveitamento em graxarias. No entanto, a regulamentação da produção de farinhas de origem animal é hoje restrita aos frigoríficos, de modo que ainda há necessidade da definição de regras para a coleta para graxarias ou mesmo a industrialização nos próprios sistemas de produção.

O conhecimento das características dos dejetos dos animais é essencial para o projeto dos sistemas de tratamento e para a avaliação das consequências negativas do manejo e da disposição inadequada desse resíduo. As características dos dejetos podem ser expressas em propriedades físicas, químicas e biológicas e, também, ser obtidas por meio de medidas qualitativas e quantitativas. A Tabela 03 apresenta as

TABELA 01 | Produção média diária de esterco (kg), esterco + urina (kg) e dejetos líquidos (L) por animal por fase.

Categoria de Suínos	Esterco	Esterco + urina	Dejetos líquidos
25 -100kg	2,3	4,9	7,00
Porcas em Gestação	3,6	11,00	16,00
Porcas em Lactação	6,4	18,00	27,00
Machos	3,00	6,00	9,00
Leitão desmamado	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,6

Fonte: Oliveira (1993 apud OLIVEIRA, 2003).

TABELA 02 | Volume diário de dejetos líquidos (Litros/animal/dia) produzido em sistemas especializados de produção de suínos no Estado de Santa Catarina.

Modelos de Sistema de Produção de Suínos	Massa suínos (Kg)	Volume Dejetos (L/ animal/dia)
Ciclo Completo (CC)	-	47,1
Unidade de Produção de Leitões (UPL)	-	22,8
Unidade de Produção de Desmamados (UPD)	-	16,2
Crechários (CR)	6 – 28	2,3
Unidade de Terminação (UT)	23 - 120	4,5

Fonte: Fundação do Meio Ambiente (2014, Anexo 7).

características físico-químicas dos dejetos brutos de suínos na fase de crescimento e terminação obtidas a partir de uma pesquisa realizada em Santa Catarina pelo CNPSA/Embrapa.

O teor de nutrientes nos dejetos de suínos varia dependendo da idade dos animais, ração, temperatura, métodos utilizados para recolher e armazenar os resíduos e do teor de umidade. A quantidade de água utilizada para remover os resíduos das instalações tem um grande efeito sobre a umidade do conteúdo (CHASTAIN et al., 2003). Entre os principais componentes poluentes dos dejetos suínos estão o nitrogênio, o fósforo e alguns microminerais, como o zinco e o cobre.

TABELA 03 | Características físico-químicas dos dejetos de suínos na fase de crescimento e terminação observadas na região oeste de Santa Catarina.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média
DQO total (mg/L)	11.530	38.448	25.543
Sólidos Totais (mg/L)	12.697	49.432	22.399
Sólidos Voláteis (mg/L)	8.429	39.024	16.389
Sólidos Fixos (mg/L)	4.268	10.408	6.010
Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	220	850	429
NTK (mg/L)	1.660	3.710	2.374
P total (mg/L)	320	1.180	578
K total (mg/L)	260	1.140	536

Fonte: SILVA (1996 apud HENN, 2005).
DQO (Demanda Química de Oxigênio)

As soluções tecnológicas apresentadas a seguir são alternativas ao sistema tradicional de armazenamento e tratamento dos dejetos, que compreendem na fermentação e decantação por um tempo determinado dos dejetos em esterqueiras/bioesterqueiras/lagoas, seguidos de uso agrícola. Esse modelo tradicional que de longa data tem sido utilizado em muitas regiões produtoras de suínos no Brasil é entendido como ineficaz no quesito de redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Portanto, devemos estimular a implantação de soluções tecnológicas capazes de mitigar as reduções de Gases de Efeito Estufa (GEE) através do armazenamento/tratamento adequado dos dejetos suínos. Com essa finalidade o Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono visitou inúmeras propriedades brasileiras nas principais regiões produtoras de suínos com objetivo de identificar, entender as dificuldades de adoção dessas tecnologias e registrar os casos de sucesso.

Assim, descrevemos de forma objetiva os métodos mais utilizados no Brasil com os respectivos registros das propriedades que os adotam, o que nos permite concluir que é possível como cadeia produtiva avançarmos no compromisso brasileiro de redução das GEE por meio através da melhoria/adoção das tecnologias de aproveitamento econômico dos dejetos.

3.1 Compostagem de Dejetos

O sistema de compostagem dos dejetos de suínos foi desenvolvido no Brasil pelos pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves, Dr. Paulo Armando Victória de Oliveira e Dra. Martha Mayumi Higarashi. Estes pesquisadores apresentam de forma detalhada este processo tecnológico no documento nº 114: Unidade de Compostagem para o tratamento dos dejetos de Suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

A compostagem é dividida em duas fases distintas. Na primeira, chamada de fase de absorção, é quando se adiciona de forma fracionada os dejetos líquidos ao substrato que pode ser maravalha, serragem ou palha até a atingir uma proporção próxima de 1:10 (1 kg de substrato para 10 litros de dejetos líquidos). Nesta fase ocorre o aumento da temperatura devido ao processo de fermentação e a evaporação da água. A segunda fase, chamada de maturação ou estabilização, tem a qualidade mantida pelo contínuo revolvimento da massa e adição de oxigênio, o que permite a manutenção da temperatura elevada em seu interior propiciando a eliminação dos microrganismos patogênicos e a estabilização do composto (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006a).

A compostagem pode ser realizada em um período com duração entre 90 a 120 dias. As temperaturas no interior da biomassa ficam entre 40-50°C, sendo que elevações médias de 10°C podem ocorrer logo

TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO ECONÔMICO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

após a incorporação dos dejetos. A compostagem pode ser realizada em estruturas simples de alvenaria com manejo das leiras de forma manual ou de forma mecanizada e automatizada utilizando revolvedores para a biomassa. Nos sistemas de compostagem manual em que são utilizadas pilhas estáticas primárias e secundárias, não se faz necessário o revolvimento intermediário do material (OLIVEIRA et al., 2004).

FOTO 01 | Vista da unidade de compostagem. Pavilhão de alvenaria com duas leiras de compostagem que operam independentes e de forma mecanizada.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC

FOTO 02 | Vista das duas divisões (leiras) da unidade de compostagem (esquerda vazia e direita em compostagem).



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC

FOTO 03 | Vista do depósito de dejetos bruto e do sistema de adição no substrato (serragem).



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC

FOTO 04 | Vista do depósito de dejetos bruto antes de ser adicionado no substrato (serragem).



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC

FOTO 05 | Adição automatizada dos dejetos brutos no substrato.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC

SUINOCULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

FOTO 06 | Processo de revolvimento do material.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC

FOTO 08 | Leito de compostagem em estabilização.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC

FOTO 07 | Leito de compostagem em estabilização.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Pizzato/SC

O balanço final dos nutrientes avaliados demonstrou que foram perdidos com a compostagem 36,5 do carbono (C), 71,3% do nitrogênio (N), 5,7% do fósforo (P) e 15% do potássio (K) (Tabela 04). O composto final apresentou a seguinte composição: 50% de umidade; 5,7 de pH; 41% de carga orgânica; 2,1% de nitrogênio total; 19,5 de relação C/N; 109,97 mg kg⁻¹ de cobre e 1.796,25 mg kg⁻¹ de zinco.

TABELA 02 | Balanço de nutrientes em leira de compostagem (30% maravalha + 70% serragem) de dejetos líquidos de suínos.

Nutrientes	C	N	P	K	Cu	Zn
	kg				mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Substrato Inicial	12.189	22	4	14	-	-
Adição de dejetos	6.491	1.445	431	543	-	-
Composto final	11.814	421	410	473	-	-
Perdas	6.866	1.046	25	84	109,97	1.796,25
Perdas (%)	36,7	71,3	5,7	15,0	-	-

Fonte: Oliveira et al. (2011).

Com essa composição é possível atender a Instrução Normativa nº 25 do MAPA (2009) que define as exigências de qualidade para a comercialização de fertilizantes orgânicos.

De acordo com Angnes et al. (2012), a compostagem produz uma quantidade pequena dos gases N_2O e CH_4 que são os mais nocivos em termos de aqueci-

mento global, e maiores quantidades dos gases N_2 , NH_3 e CO_2 que tem menor potencial poluidor. No entanto, os autores salientam que durante o processo de compostagem as condições de aerobiose devem ser mantidas por meio de um bom manejo de revolvimento da biomassa.

A compostagem é uma alternativa para propriedades que produzem volumes de dejetos líquidos superiores a capacidade econômica de distribuição em áreas cultivadas da própria granja ou em áreas circunvizinhas. Essa situação é corriqueira em regiões de pequenas propriedades com alta densidade populacional de suínos. Com esse sistema o produtor pode transportar o composto com maior facilidade e economia, além de estocar para os períodos do ano mais propícios para a adubação.

FIGURA 01 | Fertilizante Orgânico obtido pelo processo de compostagem de dejetos suíno embalado para comercialização.



Fertilizante orgânico obtido pelo processo de compostagem em leira. Produto desenvolvido com tecnologia da Embrapa Suínos e Aves, e com registro no Ministério da Agricultura, o que permite sua comercialização como “fertilizante” orgânico, caso contrário, sem o registro, o produto é comercializado como “composto” orgânico. A indústria em questão está instalada no município de Jaborá/SC, e adquire o composto de granjas da região, para as quais fornece a serragem.

Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Jaborá/SC.

3.2 Cama Sobreposta

O sistema de cama sobreposta (no inglês *deep bedding*) se constitui em um processo de compostagem dentro da própria instalação onde os animais estão alojados. Ou seja, em galpões de piso de concreto contendo na superfície substratos como maravalha, palha ou casca de arroz, os animais vão depositando seus dejetos diretamente neste material iniciando uma compostagem aeróbia. Com o calor gerado, a umidade vai sendo eliminada por evaporação, restando ao final do processo um composto orgânico.

Os primeiros estudos sobre esta tecnologia de produção desenvolveram-se somente no final da década de 80, na Europa (Nicks et al., 1995). No Brasil, este modelo de produção foi introduzido em 1992 pela Embrapa Suínos e Aves, que a partir de então, passou a realizar estudos para adaptá-lo às condições locais (OLIVEIRA et al., 1993; NUNES, 2003).

Como o processo de compostagem é aeróbio, são reduzidas as emissões de amônia (NH₃) e odores, possibilitando melhor conforto, bem-estar animal e reduzindo o impacto ambiental causado pela atividade suinícola. O sistema de cama sobreposta dispense um menor custo com as instalações e o manejo dos dejetos (dispensa os sistemas convencionais de estocagem dos dejetos, facilita o transporte, a distribuição e reduz o volume final dos efluentes) quando comparado ao sistema tradicional. Além de melhorar o aproveitamento da cama como fertilizante agrícola, devido a concentração de nutrientes e à redução quase total da água contida nos dejetos.

As desvantagens estão associadas ao maior consumo de água no verão, maior cuidado e necessidade de ventilação nas edificações, disponibilidade do substrato que servirá de cama e bom nível sanitário dos animais no plantel. Várias pesquisas vêm sendo realizadas no Brasil, desde a década de 90, para avaliar o sistema de produção de suínos em cama sobreposta. Estudos mostram que suínos criados em sistemas de cama sobreposta apresentam resultados de desem-

penho semelhantes aos animais criados em sistemas convencionais.

FOTO 09 | Suínos em crescimento/terminação em cama sobreposta.



Fonte: Dias, Silva e Manteca (2014).

3.3 Separação dos Dejetos (Fases)

A separação de fases é um procedimento que consiste em separar os dejetos de suínos em fase sólida e líquida por processos físicos, aumentando a eficiência dos tratamentos subsequentes. Desse processo saem dois produtos: uma fração líquida mais fluída que conserva a maioria dos nutrientes solúveis, e uma fração sólida que se mantém agregada e pode ser transformada em um composto orgânico. São várias as técnicas disponíveis para essa finalidade, entre elas: decantação, centrifugação, peneiramento e/ou prensagem, desidratação

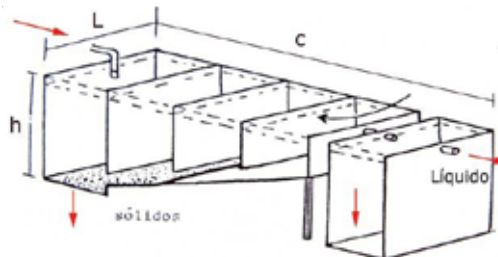
por vento, ar forçado ou ar aquecido. Segundo Hiragashi e Oliveira (2007), as mais empregadas são decantação e o uso de peneiras.

3.3.1 Decantação

O processo de decantação consiste em separar os dejetos em função da diferença de densidade entre as partículas. O decantador remove aproximadamente 50% do material sólido dos dejetos, num volume em torno de 15% do total dos dejetos líquidos produzidos por uma criação, permitindo uma redução do poder poluente. Na decantação é removida do efluente a maior parte dos metais pesados, do fósforo orgânico e do nitrogênio orgânico.

Contudo, todos os elementos removidos do efluente ficam no lodo depositado no fundo do decantador. O produto contido no lodo tem alto poder fertilizante; maior concentração de NPK por m^3 transportado e deve receber a destinação apropriada (compostagem, desidratação) para não causar poluição. De forma geral, os decantadores possuem a vantagem de baixo custo de implantação e manutenção em relação a outras técnicas. Em contrapartida exige uma maior mão-de-obra operacional para drenagem de lodo uma vez que é necessário esse manejo em dias alternados e posteriormente armazenagem em estercueiras para estabilização.

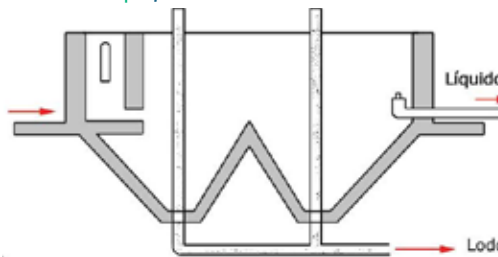
FIGURA 02 | Decantador de Fluxo Ascendente



O Decantador de Fluxo Ascendente possibilita uma recuperação de até 50% dos sólidos totais (9 a 12 kg de NPK/ m^3) para uma taxa de remoção de lodo de 10 a 15% do volume total de efluente. Remove cerca de 40% da DBO₅, 16% de N, 35% de P e 39% de K.

Fonte: Perdomo, Oliveira e Kunz (2003).

FIGURA 03 | Equalizador/Decantador



O Equalizador/Decantador permite uma remoção de até 50% de sólidos totais (14 a 16 kg/ m^3 de NPK) para uma taxa de remoção de lodo de 15% do volume total de dejetos; remoção de até 45% da DBO₅, 35% de CF, 18% de N, 39% de P e 42% de K.

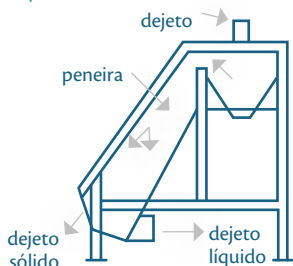
Fonte: Perdomo, Oliveira e Kunz (2003).

3.3.2 Peneiras

A separação dos dejetos por meio do uso de peneiras é realizado por dimensões físicas, como diâmetro, tamanho e forma das partículas (peneiramento). O peneiramento permite separar de forma eficiente o dejetos com economia de mão-de-obra, produzindo um substrato semi-úmido de alto valor nutricional e reduzindo os custos de tratamento da fase líquida. Existem vários modelos de peneiras disponíveis no mercado. As peneiras podem ser classificadas em estáticas, vibratórias e rotativas (OLIVEIRA et al., 1993).

As peneiras estáticas compõem um equipamento em aço, com câmara de abastecimento e redução de turbulência, uma peneira externa para retenção dos sólidos e câmara para escoamento da fase líquida (Figura 04). Há exigência de mão de obra para manutenção e limpeza dos crivos, pois a formação de uma fina camada de sólidos sobre a peneira pode ocasionar um problema operacional.

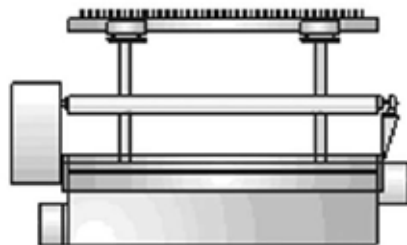
FIGURA 04 | Peneira Estática.



Fonte: Perdomo, Oliveira e Kunz (2003).

As peneiras de escova rotativa (Figura 05) são equipamentos construídos em aço inox, com crivo de até 1,0 mm e escova rotativa para a remoção de sólidos. A vantagem deste sistema é a operação de forma contínua com pequena ou nenhuma obstrução dos crivos e com capacidade de remover partículas grosseiras e também as finas (OLIVEIRA et al., 1993). A desvantagem é o custo do investimento inicial e a dependência de energia.

FIGURA 05 | Peneira de Escova Rotativa

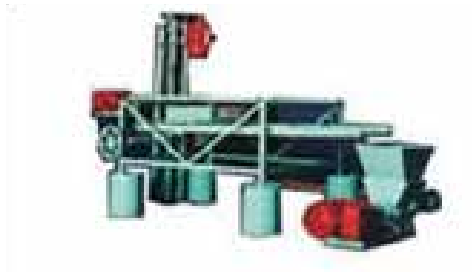


Fonte: Perdomo, Oliveira e Kunz (2003).

As peneiras-prensa (vibratórias) apresentam movimentos tangencial e vertical, que mantêm os dejetos em fluxo contínuo. A vantagem da peneira vibratória é a baixa tendência de entupimento, além de terem crivos de menor diâmetro que a peneira estática, retirando com isso maior quantidade de partículas finas Oliveira et al. (1993). O conjunto é formado por uma peneira vibratória com crivo de 0,50 mm e prensa com crivo de 0,80 mm, construído em aço inox e ferro. A peneira é acionada por um motor de 1CV e a

prensa por 5 CV. A dependência da energia deve ser levado em consideração na avaliação desse modelo, além do custo de investimento inicial.

FIGURA 06 | Peneira-Prensa



Fonte: Perdomo, Oliveira e Kunz (2003).

O separador da Foto 10 é comercializado no Brasil pela empresa Bauer. Esse é um modelo que separa automaticamente sólidos de líquidos utilizando um eixo helicoidal dentro de uma tela perfurada, onde os dejetos são drenados inicialmente pela tela por meio de gravitação e após são extrusados, saindo do deparador pelo bocal. Após a separação, o resíduo líquido representa 70%-85% do volume e o sólido os restantes 15%-30%.

Os benefícios que podem ser destacados para o produtor se devem ao fato que o resíduo líquido permanece com baixa concentração de nutrientes, podendo ser aplicado em maior volume por hectare, se comparado com o dejetos bruto, além de fluir melhor nas tubulações e mangueiras. E o resíduo sólido, é de fácil armazenamento, podendo ser comercializado como biofertilizante.

FOTO 10 | Separador de dejetos em demonstração durante a AgroBrasília 2015.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Brasília/DF.

3.4 Biodigestão dos Dejetos Suínos

Os relatórios vêm apontando a produção animal como uma das principais emissoras de GEE, motivando movimentos populares para a redução e exclusão do consumo de carne. A pecuária é responsável por grande parte dessa emissão de GEE, sendo que 9% é atribuído à produção de suínos. Deste montante de 9%, 16% é responsabilizado pela produção de metano devido ao manejo inadequado de dejetos (GERBER et al., 2013).

Esse impacto da atividade pode ser em sua grande parte eliminado pela adoção de métodos de processamento dos dejetos como a biodigestão (Foto 11), um processo fermentativo anaeróbio e controlado, formando uma massa microbiologicamente estável e gases como produto destes microorganismos. Os principais gases formados são o dióxido de carbono

(CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e o gás sulfídrico (H₂S), sendo que o CH₄ e o N₂O são queimados e transformados em CO₂ e N₂, contribuindo para a mitigação do aquecimento global.

FOTO 11 | Biodigestor utilizado para tratar os dejetos de suínos.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

A biodigestão de dejetos suínos foi descrita pelos pesquisadores da Embrapa Paulo Armando e Martha Mayumi, que apresentam de forma detalhada esse processo tecnológico no documento nº 115. Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos. Destacamos que esse processamento dos dejetos por biodigestão com a respectiva queima dos gases, se valida como um mecanismo de desenvolvimento limpo, podendo corresponder à redução de emissão de 0,54 toneladas de CO₂ equivalentes por animal ao ano.

O processo de biodigestão ocorre no interior de um biodigestor que é uma estrutura construtiva formada por uma câmara fechada em que é colocado o material orgânico para decomposição. Pode ser um tanque revestido e coberto por manta impermeável, o qual, com exceção dos tubos de entrada e saída, é totalmente vedado, criando um ambiente anaeróbio (sem a presença de oxigênio).

Os biodigestores podem ser classificados quanto à forma de abastecimento em: batelada e contínuos.

Biodigestores em batelada – neste tipo de biodigestor a quantidade de material orgânico a ser digerido é colocada apenas uma vez, então é hermeticamente fechado e após o período determinado a produção de gás se inicia e prossegue até consumir o material de todo o lote e o processo termina. Esse processo leva longos períodos (semanas e até mesmo meses), sendo pouco utilizado no Brasil.

Biodigestores contínuos – podem ser abastecidos diariamente, permitindo que a cada entrada de substrato orgânico a ser processado exista saída de material já tratado (NOGUEIRA, 1986; OLIVER et al., 2008). O modelo de biodigestor mais aplicado no Brasil é o tubular com manta plástica (conhecido como modelo Canadense de biodigestor). A localização do biodigestor deve ser feita de maneira a facilitar a distribuição do biogás pela propriedade, diminuindo os custos com armazenamento e transporte do gás.

FOTO 12 | Biodigestor em construção, solo revestido com manta plástica impede a infiltração do dejetos no solo.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Miunça/DF.

Devido ao sistema de fermentação ocorrer obrigatoriamente em uma câmara hermética, investimentos são necessários, porém, além dos potenciais benefícios ambientais pela redução da emissão outros benefícios financeiros podem ser obtidos diretamente da queima controlada do biogás. O investimento em biodigestores (Foto 12 e 13) e grupo motor-gerador (Foto 14) pode apresentar viabilidade com uma taxa de retorno ao investimento de 54 meses, com um plantel de aproximadamente 4.200 suínos e um mínimo de dez horas ao dia de geração de energia (MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

Essa avaliação pode em curto espaço de tempo ser apreciada, ou seja, melhorada financeiramente devido ao aumento de tarifas elétricas e da possibilidade de

venda de energia diretamente à companhia de distribuição, com a vantagem de poder escolher o horário da venda em que o preço seja mais atrativo. A Foto 15 apresenta um conjunto quadro elétrico de controle da ligação da energia gerada pelo biogás ao sistema de distribuição de energia elétrica, permitindo selecionar o horário com tarifa de melhor remuneração.

FOTO 13 | Uma série de biodigestores em pleno funcionamento.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Seis Amigos/MT.

FOTO 14 | Gerador de energia elétrica a biogás.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Master/SC.

FOTO 15 | Quadro que interliga a geração de energia pelo gerador a biogás com a rede pública (concessionária).



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Thomazzoni/SC.

As opções de uso direto de biogás podem representar a única alternativa em determinadas condições e/ou circunstâncias da granja. Entre essas opções destacamos o aquecimento dos animais, uso doméstico na cozinha (granja e residências), tirar no aquecimento da água do banho (granja e residências), uso industrial no aquecimento da água de lavagem das instalações, uso doméstico e industrial no aqueci-

FOTO 16 | Biodigestores e queimador (flare) em funcionamento.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Seis Amigos/MT.

mento da água da lavanderia, uso em secadores de grãos ou caldeiras de fábrica de rações.

FIGURA 07 | Uso do biogás na forma direta através da queima e geração de energia térmica.



No sentido horário, campânulas para o aquecimento de leitões, sala de creche aquecida, aquecimento da água para o banho dos funcionários e uso do biogás no fogão da cozinha da granja.

Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Palma Sola/SC.

FOTO 17 | Biodigestores e queima do biogás excedente em queimadores (flare) construídos na propriedade.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Nutribras Alimentos/MT.

TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO ECONÔMICO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

A geração de energia a partir do biogás pode ser motriz, via motores de combustão adaptados, podendo ser utilizados em veículos automotivos (força motriz para substituição do óleo diesel, gasolina e álcool), ou para a força motriz de acionamento de motor-gerador elétrico ou ainda, de maneira direta, a combustão em caldeiras para o aquecimento de massa de ar ou líquidos para o condicionamento térmico, fornecimento de calor de caldeiras e ambiente.

Os motores geradores são encontrados em diversas granjas, configurando sistemas já consolidados em algumas propriedades (Foto 18) motores antigos e novos (Foto 19 e 20), mais eficientes e confiáveis. Sua instalação exige um abrigo adequado que, em determinadas circunstâncias deve prever a necessidade de redução do ruído para o bem-estar de animais e trabalhadores (Foto 21).

FOTO 18 | Gerador (antigo) a biogás gerando energia elétrica. Nessa unidade, o gerador é acionado para produzir energia na hora de maior demanda de eletricidade pela granja.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Nutribras Alimentos/MT.

FOTO 19 | Motor gerando energia com biogás.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

FOTO 20 | Grupo de geradores a biogás.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Toledo/MT.

FOTO 21 | Motor gerando energia com biogás.
Motor enclausurado e com abafador para reduzir a emissão de ruídos.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

A composição do biogás varia de acordo com a natureza da matéria-prima fermentada e ao longo do processo de fermentação, compõe-se de metano, com teores de 55 a 75%, e gás carbônico, principalmente, com traços de diversos outros gases, como nitrogênio, hidrogênio, gás sulfídrico e oxigênio. Na Tabela 05, **são apresentados os valores da composição do biogás.**

TABELA 05 | Composição do biogás produzido pela fermentação do dejetos suíno.

Gases	%
Metano (CH ⁴)	55 - 75
Dióxido de carbono (CO ²)	25 - 45
Nitrogênio (N ²)	0 - 3
Hidrogênio (H ²)	0 - 2
Oxigênio (O ²)	0 - 0,1
Gás sulfídrico (H ² S)	0 - 1

Fonte: Nogueira (1986).

Em biodigestores bem manejados, podemos estimar a eficiência de produção de biogás entre 0,35 e 0,60 m³ de biogás por m³ de biomassa. Assim, recomenda-se que em regiões frias (Sul do Brasil) seja feito o aquecimento da biomassa e o isolamento térmico dos reatores pois os microrganismos produtores de metano são sensíveis às variações de temperatura o que pode reduzir a produção de metano nas épocas frias do ano (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006b).

Para o ser humano, o gás sulfídrico tem um grande poder irritante. Para os equipamentos, é altamente corrosivo, embora encontrado em pequenas quantidades no biogás, há necessidade de redução do seu percentual na mistura de gases (biogás) permitindo o uso mais seguro. Contudo, a purificação do biogás com a redução do gás sulfídrico pode ser realizada fazendo o biogás atravessar um conjunto de filtros (Fotos 22, 23 e 24).

FOTO 22 | Conjunto de filtragem de gás sulfídrico do biogás, pré-gerador.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Palma Sola/SC.

TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO ECONÔMICO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

FOTO 23 | Gerador de energia a biogás com sistema de filtragem prévia do gás sulfídrico.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Thomazzoni/SC.

FOTO 26 | Balão pulmão com depósito de biogás, pré-gerador.



Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Palma Sola/SC.

FOTO 24 | Sistema de filtragem do gás sulfídrico do biogás.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

FOTO 27 | Central de geração de energia renovável.



Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Palma Sola/SC.

FOTO 25 | Sistema de regulagem da pressão do biogás dentro do biodigestor que utiliza água como controle de nível e queimador (flare) do excedente do biogás.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Thomazzoni/SC.

FOTO 28 | Sistema de geração de energia elétrica que utiliza turbina (em instalação), o biogás é queimado para gerar o vapor que movimenta a turbina. Capacidade de geração de 2500 kVA



Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Toledo/MT.

FOTO 29 | Caldeira com aquecimento a biogás de uma fábrica de subprodutos de suínos e aves.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Toledo/MT.

FOTO 30 | Fábrica de maravalha que utiliza a queima direta do biogás para secar o produto.



Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Toledo/MT.

FOTO 29 | Plantação de Tifton-85 que utiliza a fertirrigação, e ao fundo secador de cereais que utiliza a queima direta do biogás na produção de calor.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Thomazzoni/SC.

3.5 Uso do Biofertilizante

O biofertilizante é considerado um adubo orgânico, livre de agente causadores de doenças e pragas às plantas e contribui de forma significativa no reestabelecimento do teor de húmus no solo, funcionando como melhorador de suas propriedades químicas, físicas e biológicas, que tem importante papel na estruturação e fixação de nitrogênio atmosférico (OLIVER et al., 2008).

Durante o processo de digestão ocorre a redução do teor de carbono do material. A matéria orgânica digerida libera o carbono na forma de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) concentrando o teor de nitrogênio e demais nutrientes no biofertilizante. Ocorre a diminuição da relação carbono/nitrogênio da matéria orgânica que melhora a utilização agrícola (OLIVER et al., 2008).

Ainda segundo Oliver et al. (2008) pode-se destacar diversas características benéficas do biofertilizante que o torna uma excelente estratégia para uso agrícola, como:

- pH alcalino (7,5), o que favorece na correção da acidez do solo;
- Nutrientes disponíveis para absorção das plantas;

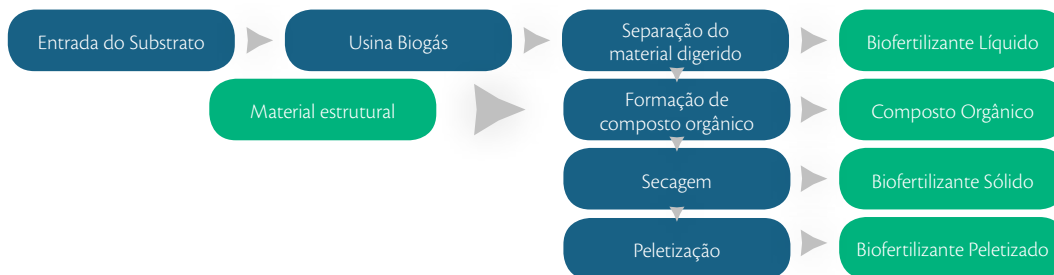
- Melhora a estrutura do solo, facilitando o manejo do mesmo e o enraizamento das plantas;
- Auxilia na redução da erosão por proporcionar maior agregação das partículas do solo;
- Resulta em estrutura mais porosa do solo;
- Favorece a multiplicação de bactérias;
- Aumenta a produtividade das lavouras;
- Diminui o poder germinativo de sementes de plantas daninhas com a fermentação do material no biodigestor, não havendo perigo de disseminação nas lavouras;
- Reduz a presença de coliformes fecais dos dejetos e elimina a presença e viabilidade dos ovos dos principais vermes que parasitam o rebanho.

3.5.1 Biofertilizante Sólido

O biofertilizante pode ser utilizado na forma sólida, sendo que para chegar a esta forma física o mesmo deve ser oriundo da compostagem (cama sobreposta ou compostagem em leiras) ou ter passado por um processo de separação e secagem da parte líquida. Em uma das formas de preparo do biofertilizante sólido, após a fermentação em biodigestor, o material digerido passa por um processo de separação padrão, como pode ser observado na Figura 08.

Para a utilização direta na lavoura, o líquido retirado do biodigestor pode ser aplicado na região foliar ou mesmo nos caules das plantas e a parte sólida armazenada e distribuída com veículos com características para este fim. Outra opção é a decantação ou filtração do biofertilizante líquido, produzindo uma massa sólida que, depois de seca, pode ser aplicada direto nas covas ou no solo.

FIGURA 08 | Diagrama do processo de obtenção do biofertilizante sólido.



Fonte: Biogastec Energie Ltda citado por Probiogás (2015).

De acordo com Biogastec Energie, citado por Probiogás (2015), a separação dos biofertilizantes líquido e sólido pode ser realizada em equipamentos, tais como centrífuga, centrífuga decanter, peneira estática e *screw press*. Considera-se uma separação eficiente quando a fração sólida representa de 5% a 10% do peso com teor de massa seca entre 20% e 22% e a fração líquida representa 90% a 95% do peso com teor de massa seca entre 2% e 3%. A parte sólida ainda poderá passar por um sistema de secagem aberta ou por um secador rotatório até alcançar o teor de 15% de umidade, possibilitando a peletização.

O biofertilizante líquido é absorvido mais rapidamente que o sólido, mas deve ser diluído, entre 2% a 10%, em cada aplicação, de acordo com a necessidade da planta. Quando há pragas ou insetos, a dosagem pode ser maior. Por outro lado, o biofertilizante sólido pode trazer um ganho

com a economia em estruturas de armazenagem, transporte e aceitação do produto pelo mercado consumidor o que compensaria o custo adicional da secagem do fertilizante.

Na Tabela 06, está descrito o resultado de análise química de esterco fresco comparado a esterco biodigerido.

3.5.2 Biofertilizante Líquido

O efluente líquido oriundo da biodigestão anaeróbia deve ser utilizado como fertilizante orgânico e nunca lançado diretamente nos cursos d'água, pois embora o biodigestor remova parte da carga orgânica e dos nutrientes reduzindo a capacidade poluente, ele não é um sistema definitivo de tratamento e sim parte do processo (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006b).

O biofertilizante é um co-produto obtido após a digestão anaeróbia de dejetos de animais no interior do biodigestor, apresenta alta qualidade para uso agrícola, podendo reduzir a necessidade de fertilizantes nitrogenados que produzem emissões de N_2O e podem ser utilizados em várias atividades, tais como: em diversas culturas, pastagens de gramíneas e no florestamento. Com isso, pode representar outra fonte de renda complementar a suinocultura, além de diminuir o impacto ambiental desde que usados de forma correta.

TABELA 06 | Análise química de esterco de suíno fresco e de esterco biodigerido.

Especificação	Esterco Fresco (%)	Esterco Biodigerido (%)
Umidade	81,8	80,5
Nitrogênio Orgânico	0,34	0,60
Nitrogênio Amoniacal	-	0,15
P_2O_5 Total	0,13	0,35
K_2O Total	0,40	0,70
Matéria Orgânica	16,40	15,80

Fonte: Nogueira (1992 apud RIZZONI et al. 2012).

FOTO 32 | Fertilrigação de lavoura de milho com pivô.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

FOTO 33 | Pecuária de leite em pastagem de mombaça fertilrigada através de pivô.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT.

Os elementos químicos contidos nos dejetos podem ser aproveitados como nutrientes pelas plantas, após serem mineralizados, apresentando uma alternativa de uso, contudo, esses nutrientes estão disponíveis de forma desproporcional em relação às exigências das plantas para o adequado crescimento, e ao contrário dos adubos químicos, não podem ser formulados a fim de atender as condições específicas de uma determinada cultura ou tipo de solo.

Para isso, o uso passa a ser restrito e exige que alguns critérios sejam seguidos, como por exemplo, conhecer a composição química do dejetos de suínos, a necessidade nutricional da cultura, e as características químicas do solo. Sendo possível disponibilizar a quantidade exata do nutriente que foi determinado pela análise do solo e que a planta necessita para atender a maior produtividade. A planta tem uma capacidade específica em absorver os nutrientes e transformar em biomassa.

Existe um limite, que deve ser observado. Com o passar do tempo, se os biofertilizantes forem sempre lançados no mesmo local, sem respeitar o balanço de nutrientes, poderão ocorrer excessos, levando à toxicidade das plantas e à poluição ambiental. Portanto, é de suma importância que sejam feitas análises do solo e dos biofertilizantes.

FOTO 34 | Cultura de feijão fertilrigado com pivô. O uso desta tecnologia proporciona aumentos significativos de rentabilidade. Nessa produtividade são realizadas 3 safras ao ano (soja – milho – feijão).



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Nutribras Alimentos/MT.

SUINOCULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Segundo Seganfredo (2007) é altamente recomendável que os dejetos de suínos passem por algum processo de fermentação anaeróbio ou aeróbio. Isso se faz necessário para a mineralização dos nutrientes e a diminuição do potencial de inóculo dos organismos de risco ambiental e sanitário.

FOTO 35 | Lagoa de captação de dejetos, o dejetos após passagem por biodigestor é utilizado na fertirrigação.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT

FOTO 36 | Captação do dejetos com motor a biogás que aciona a fertirrigação via auto-propelido.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Seis Amigos/MT

FOTO 37 | Auto-propelido com motor movido a biogás.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Seis Amigos/MT

FOTO 38 | Captação de dejetos na lagoa de distribuição, o dejetos após passagem por biodigestor é distribuído por pivô de irrigação.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Mano Júlio/MT

FOTO 39 | Sistema de fertirrigação com o uso de malhas subterrâneas.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Seis Amigos/MT

FOTO 40 | Produção de feno de tifton-85
fertilizado com biofertilizante suíno.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Seis Amigos/MT

FOTO 41 | Pecuária de corte em pasto fertilizado
com biofertilizante suíno.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Miunça/DF

FOTO 42 | Lagoa de captação de dejetos tratados,
auto-propelido irrigando área de pecuária de corte
à pasto.



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda São Roque/MT

3.6 Compostagem de Carcaças

Do ponto de vista epidemiológico, uma série de patologias e disfunções metabólicas, de origem genética ou não, geram mortalidade em suínos que são consideradas normais. Todas as unidades produtivas, independente do módulo ou sistema produtivo geram carcaças de animais mortos ou sacrificados. Algumas unidades (UPLs, UPDs) geram além das carcaças, outros materiais, tais como, natimortos, mumificados e restos fetais (placentas e cordões umbilicais). Todos esses materiais devem ser tratados adequadamente. A mera presença deste material, restos de tecidos de animais, configura um risco biológico e ambiental que exige disposição.

Alguns processos de disposição de carcaças como o enterro ou a incineração, não serão tratados neste tópico. Objetivando custos aceitáveis e condições ambientalmente corretas, esses dois processos, apesar de aceitos em algumas situações mediante rigorosa normatização, não serão tratados nesse material, devendo ser considerados como métodos emergenciais em casos de alto risco epidemiológico e sanitário como o da peste suína clássica.

Para a maioria dos eventos sanitários convencionais, o risco biológico e o impacto ambiental da presença destes compostos orgânicos, restos corporais, necessita redução e disposição com duas metas principais:

SUINOCULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

1. Redução do risco de permanência e proliferação de patógenos;
2. Redução do volume e, conseqüentemente, do impacto do acúmulo de material ambientalmente significativo, ricos em nitrogênio, enxofre e fósforo.

Em algumas regiões, como a da comunidade europeia, a legislação exige destinos mais onerosos, sendo as biorreduções, de custo intermediário, potencialmente aceitas (GWYTHER et al., 2011). Alguns processos biológicos são preferenciais e considerando as facilidades e disponibilidade de recursos em algumas regiões do mundo, a compostagem se mostra de alta praticidade nas granjas suinícolas.

A compostagem é um processo biológico natural que ocorre em condições de aeração e presença de microorganismos chamados de termofílicos, capazes de elevar a temperatura de uma massa na qual estão atuando. Alguns dos pontos críticos para o desenvolvimento de uma boa compostagem são a relação carbono: nitrogênio que dever estar entre 25 a 30:1, umidade entre 50%-60% e porosidade entre 35%-45%, o que permite boa oxigenação da massa compostada (WILKINSON, 2007).

Estas informações são fundamentais, pois, em condições de granja, as carcaças ricas em nitrogênio e água, densas e de baixa porosidade, precisam ser compensadas com material menos denso, seco e rico em carbono, caracte-

rística típica das camas de maravalha, palhadas e restos culturais, material mais abundante no meio agrícola.

O desenvolvimento do processo de compostagem pode ocorrer de duas formas:

- I. Compostagem estática, podendo ser ainda manual (Foto 43) ou mecanizada (Foto 44;
- II. Compostagem dinâmica (Foto 45).

FOTO 43 | Destino de animais jovens e resíduos da maternidade (processo manual).



Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Miunça/DF.

FOTO 44 | Câmaras de compostagem estáticas (mecanizada) para destino de animais adultos.



Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Fazenda Nutribras Alimentos/MT.

FOTO 45 | Rotoacelerador de tambor rotativo para compostagem de carcaças.



Fonte: Bonhotal, Schwarz e Rynk (2014).

Todos os processos citados têm em comum um produto final formado por matéria orgânica de baixa atividade microbiana, humificada (húmus) e de alto valor agrônômico, denominado composto. Os mecanismos auxiliares da compostagem do tipo estática (Foto 43 e 44 respectivamente) ou com rotoaceleradores (Foto 45), representam tecnologias a serem aplicadas conforme a demanda de trabalho em horas laborais necessárias a serem dedicadas na condução da composteira e aceleração da aeração da massa e aceleração dos processos.

Excelentes indicadores de manejo incorreto são a presença de chorumi, odor e moscas. Esses indicadores estão associados ao excesso de umidade ou água, baixa relação C:N (falta de palhada) e aeração pobre das leiras ou massa compostada. Quando há estagnação

do processo de compostagem, a falta de umidade e baixa disponibilidade de carbono devem ser observadas, outro processo que conduz a menor qualidade ou interrupção da compostagem é a utilização de material que impeça a aeração da massa como os capins úmidos, sendo o principal indicador a não elevação da temperatura do composto que deve estar acima de 55°C (PEDROSO-DE-PAIVA, 1999).

Os processos acelerados de compostagem, estática com mecanização e rotoacelerada, exigem maior investimento, porém, a taxa de redução da massa compostada e conclusão de estágio final é mais eficiente que no sistema estático manual, podem representar uma economia de área e produção contínua de biofertilizante seco, armazenável e de baixo custo de transporte quando comparado aos resíduos úmidos.

As principais características do processo de compostagem são a degradação biológica da matéria orgânica por microrganismos aeróbios, promovendo o aquecimento da biomassa com eliminação de microrganismos patogênicos e evaporação da água contida na biomassa. A compostagem tem sido recomendada para o tratamento dos resíduos animais, pois permite a reciclagem de nutrientes, agrega valor ao resíduo e diminui os riscos de contaminação ambiental (ALBERT, 2006; TIQUIA; TAM, 2002).

O processamento industrial das carcaças é mais uma alternativa que vem sendo explorada para produção

SUINOCULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

de subprodutos, exigindo maior investimento em infraestrutura, logística de armazenamento, retirada/ transporte e da planta fabril de processamento da farinha de carne e ossos. Apesar de ainda não haver uma regulamentação nacional para coleta e transporte dos animais mortos até as graxarias, ou mesmo para implementação de graxarias nos próprios sistemas de produção, já encontramos no Brasil experiências neste sentido, uma vez que urge a necessidade de um modelo de manejo que seja economicamente mais eficiente e ambientalmente mais adequado para destinação dos animais mortos nos sistemas de produção de suínos.

Em Santa Catarina há uma experiência de congelamento das carcaças dos animais adultos, que uma vez por semana são coletadas para industrialização em graxaria localizada na região, fora do sistema de produção. Já no Mato Grosso, em uma fazenda com 67 mil suínos em terminação e mais de 2,0 milhões de frangos na engorda, a tentativa é a industrialização na própria unidade de produção para posterior

FIGURA 09 | Câmara de congelamento de carcaças de suínos mortos no processo produtivo e produção de farinha de carne e ossos.



Aproveitamento de carcaças para produção de farinha animal. Na primeira imagem, um contêiner refrigerado acumula os animais mortos, que seguem uma vez por semana para graxaria fora do sistema de produção. Na sequência indústria de farinha de carne no próprio sistema de produção, cujo destino é a fabricação de ração para peixes.

Fonte: Projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono – Granja Palma Sola/SC e Granja Toledo/MT.

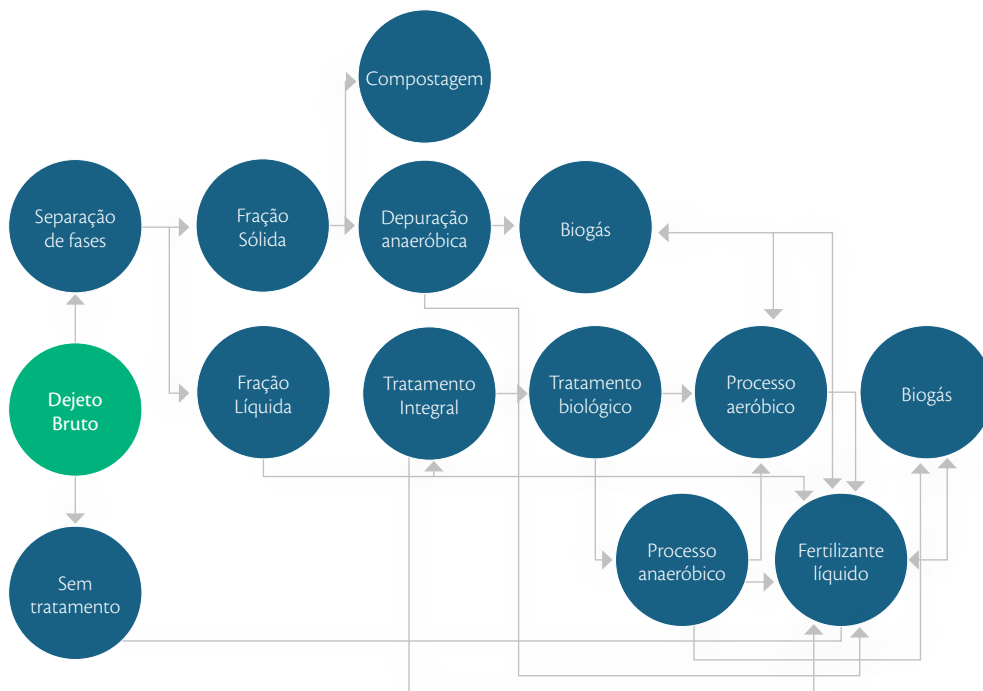
utilização da farinha de carne na fabricação de ração para peixes.

3.7 Tecnologias Inovadoras

Atualmente, as técnicas empregadas no tratamento de dejetos de suínos consistem em processos físicos, químicos e biológicos com o intuito de reduzir a carga poluente. De forma geral, as novas tecnologias, que ainda estão em desenvolvimento, passam por alguma etapa descrita na Figura 10.

Além das formas habituais de tratamento e uso dos dejetos algumas tecnologias estão menos difundidas ou em fase de pesquisa, mas podem contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa relacionadas à suinocultura.

FIGURA 10 | Resumo das metodologias usualmente empregadas no tratamento de dejetos.



Fonte: Adaptado de Higarashi, Kunz e Oliveira (2007).

3.7.1 Extração de Nutrientes

Pesquisa na área de dejetos de suínos vem sendo desenvolvida com o intuito de extrair o fósforo do efluente e convertê-lo em um produto que possa

ser utilizado posteriormente como fertilizante. A remoção do fósforo por precipitação química parece um caminho promissor devido ao menor custo, eficiência e rapidez em relação aos processos físicos e biológicos.

3.7.2 Sistrates

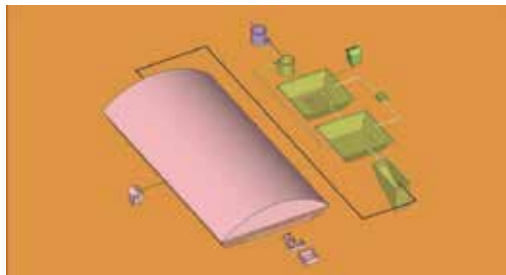
O Sistrates (Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura) é uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves que visa tratar os efluentes da suinocultura com a possibilidade de redução das emissões de GEE, reúso da água ou lançamento em corpos receptores, produção de biogás para geração de energia elétrica e calor, e a recuperação de um co-produto que é o fósforo de alta pureza que pode ser utilizado como fertilizante.

O princípio do método consiste em separação física de sólidos, seguida da biodigestão anaeróbia, remoção biológica de nitrogênio por nitrificação e desnitrificação e precipitação química de fósforo. O Sistrates pode ser aplicado de maneira modular e adicional, de acordo com as necessidades de tratamento destacando uma vantagem devido ao alto valor inicial de investimento. Outra vantagem que o sistema permite é acoplar-se aos biodigestores. Tem como desvantagem o consumo de energia elétrica e insumos químicos (KUNZ et al, 2011; MIELE et al., 2015)

3.7.3 Fertilizantes Organominerais Balanceados

Recentemente foi publicada uma reportagem mostrando estudos da Embrapa de Solos utilizando dejetos de suínos para produzir fertilizantes organominerais balanceados para uso em culturas como soja,

FIGURA 11 | Fluxograma dos processos do SISTRATES (Embrapa)



Fonte: Embrapa Suínos e Aves

milho e café. Uma planta piloto está em processo de implantação, no projeto Granja Comercial Modelo: Suínos, onde serão desenvolvidos esses fertilizantes inovadores em escala pré-industrial, a partir dos dejetos dos suínos. Será a primeira fábrica deste tipo no Brasil e a inovação está no processamento direto dos dejetos, o que evita o método tradicional de compostagem (EMBRAPA, 2014; NICOLOSO, 2014).

3.7.4 Transformação de Dejetos em Adubo em 24 horas

Uma empresa de Cingapura, Biomax Tecnologia, desenvolveu um equipamento que transforma os dejetos em adubo orgânico de alta qualidade em 24 horas por meio da evaporação com a inclusão de enzimas produzidas pela mesma empresa. Em uma visita ao Brasil foi ressaltado o benefício da nova tecnologia in-

teressando ao país, uma vez que a suinocultura brasileira contribui significativamente com altos volumes de dejetos e que se não tratados adequadamente podem poluir o meio ambiente. Na época da visita (2013) dos representantes da empresa, uma desvantagem apontada pelos participantes da reunião foi o alto custo para a implantação dessa tecnologia. A máquina custava cerca de US\$ 750 mil. O custo por tonelada de dejetos tratada de US\$ 67,00. Contudo, é uma possibilidade que poderá ser melhor estudada e desenvolvida e com o tempo passar a ser atrativa também economicamente.

3.7.5 Pellets Fertilizantes

Uma tecnologia bastante interessante é o uso da fração sólida do material digerido na produção do biogás para produção de *pellets* fertilizantes. Há necessidade que o teor da MS seja superior a 85%. A vantagem desse processo é a facilidade do transporte e a concentração de nutrientes. Podendo ser usado como fertilizante na agricultura ou ainda há a possibilidade de usar o *pellet* como fonte de calor.

3.7.6 Eco Bug

Na Alemanha, no Instituto Fraunhofer para Engenharia Interfacial e Biotecnologia IGB foi desenvolvido um projeto conhecido como Eco Bug que teve como

motivação central a necessidade de produção de uma agricultura biológica livre de pesticidas e fertilizantes de síntese química. O repolho produzido organicamente é normalmente atacado por uma praga comum: as moscas; contudo as cianobactérias filamentosas da família *Oscillatoriales* apresentam atividade comprovada de repelente contra essas moscas do repolho. Impedidas de depositarem seus ovos, conseqüentemente as moscas não podem mais danificar a planta. O produto estudado neste projeto refere-se à associação do *pellet* (Foto 46) produzido a partir do material digerido do biogás, com as cianobactérias, que em contato com o solo liberam um odor que repele naturalmente a mosca, além do *pellet* conter nutrientes essenciais para as plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, 2012).

FOTO 46 | Pellet a partir do sólido do biogás.

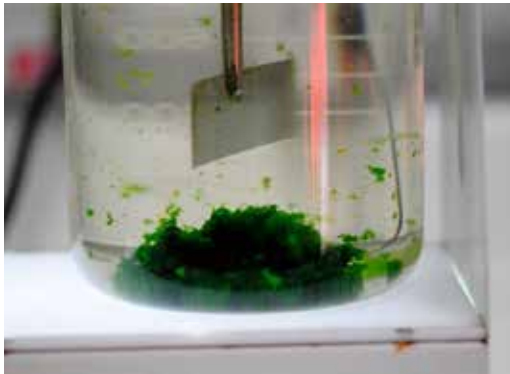


Fonte: Fraunhofer-Gesellschaft (2012).

3.7.7 Microalgas

Estudos da Embrapa Suínos e Aves comprovaram que microalgas podem ser utilizadas com grande eficiência no tratamento dos dejetos suínos e na geração de biogás. São usadas microalgas que se alimentam justamente dos nutrientes presentes nos dejetos, e que têm a capacidade de tornar mais eficientes os sistemas de tratamento instalados no campo. No modelo já testado em laboratório pela Embrapa e facilmente aplicável à realidade da suinocultura nacional, as microalgas são recolhidas e inseridas novamente no biodigestor, aumentando significativamente a geração de biogás. Assim, é possível produzir energia elétrica ou gás em maior volume e constância (EMBRAPA, 2015).

FOTO 47 | Microalgas para o tratamento de dejetos de suínos.



Fonte: Embrapa (2015).
Foto: Jairo Backes/Divulgação Embrapa.

3.7.8 Extrato de Yucca

O Extrato de Yucca é um aditivo, com comprovação científica e largamente usado em rações para cães e gatos com o intuito de reduzir o odor das fezes. Em termos práticos, principalmente em regiões em que a concentração de animais é grande ou as restrições locais são rígidas, considerando ainda o poder poluente da atividade suinícola, a inclusão desse aditivo pode ser interessante. Contudo avaliações econômicas devem ser levadas em consideração, uma vez que pode significar um alto custo da inclusão desse produto em rações para suínos.

3.7.9 Reatores de Mistura Contínua

Os Reatores de Mistura Contínua também conhecidos como “biodigestores modelo Alemão” são bastante utilizados nos países europeus. Atualmente estão sendo introduzidos em algumas propriedades no Brasil, como é o caso da propriedade do Sr. Jan Haasjes em Castro-PR. Este modelo aplica tecnologias mais complexas e conseqüentemente demandam maiores investimentos, prometendo mais eficiência no tratamento dos dejetos e na geração de biogás do que o modelo de biodigestores canadenses, sistema amplamente utilizado no Brasil e que se assemelha a lagoas cobertas.

Os Reatores de Mistura Contínua, embora com grande potencial de consolidação tecnológica no país,

principalmente no atendimento de grandes propriedades, ainda não têm resultados consolidados que comprovem a viabilidade técnica e econômica, assim, entendemos que se trata de uma nova tecnologia a ser validada com o tempo. Os Reatores de Mistura

Contínua podem ser utilizados para o tratamento de vários resíduos sólidos orgânicos, entre os principais, os dejetos de animais, os resíduos do setor da agricultura e finalmente os resíduos sólidos orgânicos urbanos.

FOTO 48 | Reatores de Mistura Contínua



Fonte: C3 Energy (2015).

O reator oferece as condições ideais para a biodigestão ao controlar com precisão a temperatura, o pH e a homogeneidade ideal para o substrato utilizado.

Os agitadores submersos proporcionam uma mistura altamente eficiente do substrato, combinado com a possibilidade de posicionamento vertical e horizontal.

FIGURA 12 | Esquema de funcionamento do Reatores de Mistura Contínua em uma etapa

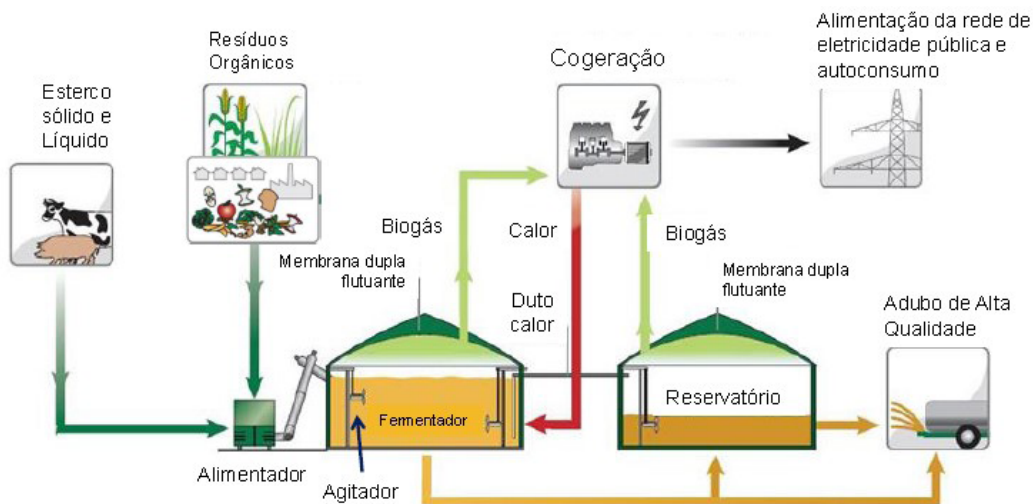


FOTO 49 | Instalação do sistema de aquecimento central de Reatores de Mistura Contínua.



Fonte: C3 Energy (2015).

Depois de certo tempo o substrato já não gera tanto biogás e deve então ser direcionado a um tanque de chorume onde fica por mais um tempo antes de ser liberado para ser usado como biofertilizante. Essa medida garante que o restante da matéria orgânica presente no substrato seja quase que totalmente decomposta e o biogás resultante do processo seja devidamente coletado (Figura 14).

3.8 Considerações Finais

A grande concentração de suínos em pequenas áreas, decorrente da intensificação dos sistemas produtivos se constitui em um grande desafio para a sociedade, pois para assegurar a demanda de produção de proteína animal não podemos agredir o meio ambiente. Nesse sentido, com uma visão holística, cada

FIGURA 13 | Instalação dos agitadores submersos.



Fonte: C3 Energy (2015).

país/região deve identificar o seu problema e definir pelas soluções mais adequadas a serem implantadas.

O futuro do tratamento de dejetos dos animais deve ser atender os objetivos tradicionais de melhorar a qualidade do ar, do solo e da água, da saúde humana e animal, mas também deverá incluir a recuperação de nutrientes, o aproveitamento da energia e a conservação da água. Com este propósito três principais caminhos de desenvolvimento de tecnologias para o manejo dos dejetos devem ter suas pesquisas intensificadas: os sistemas que secam os dejetos (via seca), os sistemas que processam o líquido após a separação da parte sólida (via líquida) e os sistemas que aprimoram a digestão anaeróbia (VANOTTI, 2012).

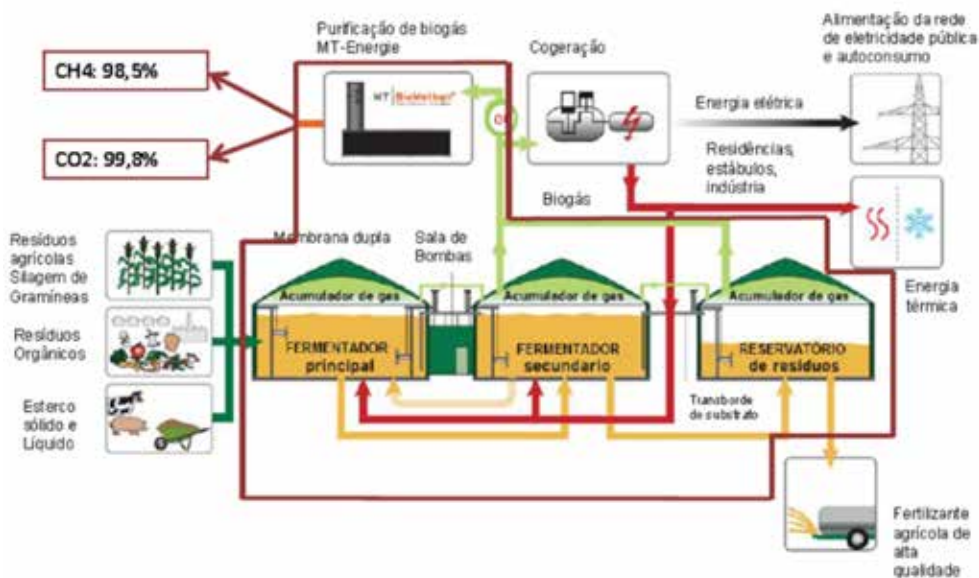
Uma questão que nos inquieta e que tem mais de uma resposta é a seguinte. Como seria uma granja de suínos

TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO ECONÔMICO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

com o mais elevado nível de sustentabilidade? Ao elaborarmos a resposta precisamos adicionar os pilares clássicos da sustentabilidade (ambiental, econômico e social) e formular a solução da questão de forma holística, o que de certa forma contempla os objetivos do projeto Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono que foi estruturado na forma de um Plano de Ação (Figura 15). Os modelos de produção sustentáveis conduzem mudanças nos sistemas tradicionais de produção animal, além de proporcionarem incrementos de lucro a atividade por meio da geração de biogás e biofertilizantes.

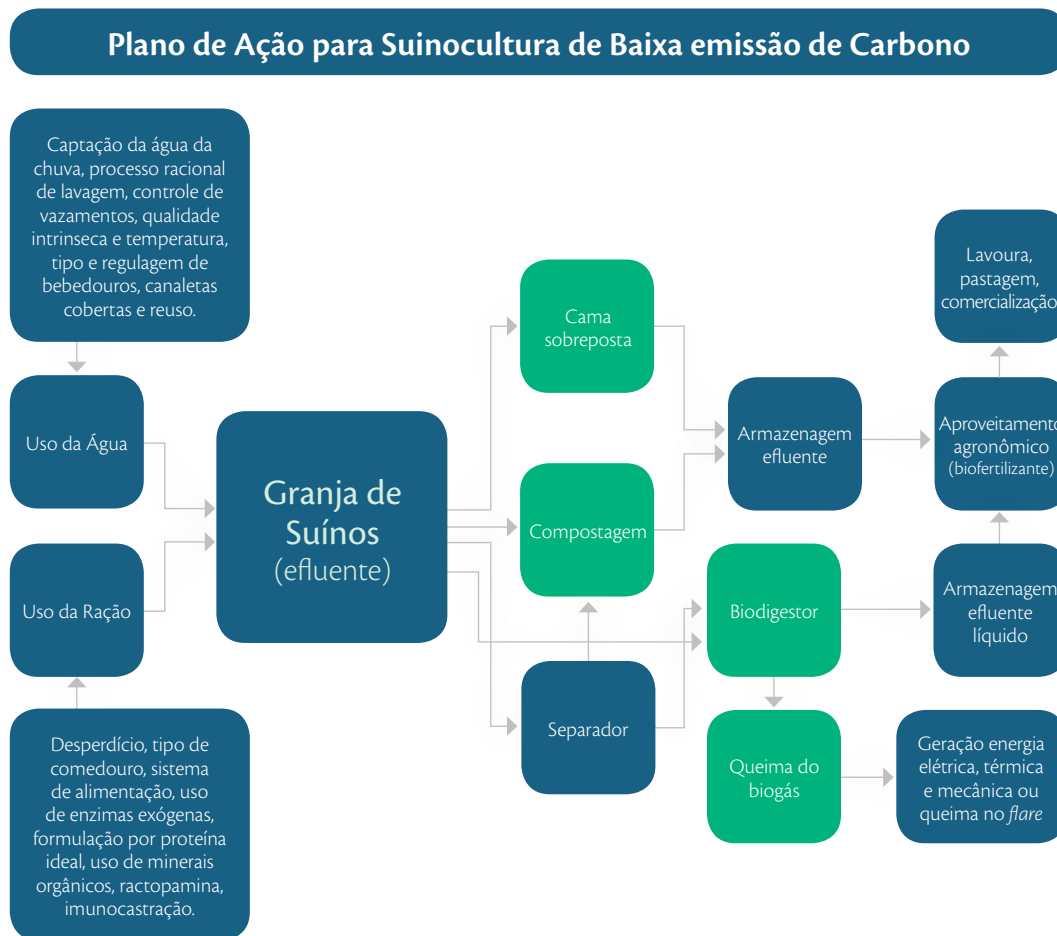
Poderíamos citar como medidas vinculadas a sustentabilidade da suinocultura a substituição dos combustíveis fósseis (lenha, carvão mineral, diesel, gasolina, gás liquefeito de petróleo (GLP), gás natural (GN), gás natural veicular (GNV) por energia térmica, elétrica e mecânica advinda do biogás (autossuficiência). Também idealizaríamos o uso racional da água e da ração, o tratamento dos dejetos com sistemas que mitigam a emissão de gases de efeito estufa, e por fim o uso adequado agrônomico dos biofertilizantes oriundos da produção de suínos.

FIGURA 14 | Esquema de funcionamento do Biodigestor Alemão em duas etapas.



Fonte: C3 Energy (2015).

FIGURA 15 | Plano de ação Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono





4

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO



SUINOCULTURA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Análise de viabilidade econômica das tecnologias mitigadoras de emissões de gases de efeito estufa associadas ao tratamento de dejetos suínos foi realizada a partir das tecnologias de biodigestão, com o aproveitamento do biogás para produção de energia elétrica por meio de geradores, e de compostagem. Os custos para implantação e manutenção das diferentes etapas tecnológicas utilizadas nos estudos são uma média nacional dos valores praticados no mercado por empresas de referência que operam no setor de tratamento de dejetos.

As tecnologias que foram selecionadas para o estudo de viabilidade econômica foram a biodigestão e a compostagem. Ambos processos tecnológicos podem ser teoricamente implantados em qualquer região produtora de suínos do Brasil, sendo a escolha da melhor opção para cada propriedade um exercício técnico/econômico particular que cada unidade

deve fazer, considerando as peculiaridades de cada empresa. Para as projeções da biodigestão considerou-se duas simulações, uma com a utilização de geração distribuída¹, outra sem geração distribuída.

Para que o estudo de viabilidade pudesse contemplar o maior número de propriedades, o levantamento foi elaborado para os três principais sistemas de produção de suínos encontrados no país: Unidades de Ciclo Completo (CC), Unidades Produtoras de Leitões (UPL) e Unidades Terminadoras (UT). Além disso, com relação à escala de produção, foram definidos três tamanhos: Pequeno, Médio e Grande (Tabela 1).

A combinação dos três sistemas de produção, com as três escalas produtivas e as três tecnologias (biodigestão com e sem geração distribuída e compostagem) permitiu elaborar 27 projetos para o estudo de viabilidade econômica.

Tabela 01 | Sistemas de produção e escalas produtivas do estudo de viabilidade econômica das tecnologias redutoras de gases de efeito estufa associadas ao tratamento de dejetos suínos.

Sistema de Produção	Ciclo Completo			UPL			UT		
	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande
Nº Matrizes	250	500	1000	500	1000	2000			
Nº Animais							500	1500	4000

1 A Geração Distribuída permite que o crédito do excedente de energia elétrica produzido na unidade de suínos seja utilizado para deduzir as despesas em outras contas de energia da mesma concessionária que estejam no mesmo CPF ou CNPJ do gerador da energia elétrica (granja).

AVALIAÇÃO ECONÔMICA
DE TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

bilidade (Tabela 2). Todos esses estudos partiram do pressuposto que as granjas já estavam em operação, ou seja, as etapas anteriores a produção dos dejetos não foi considerada nos cálculos.

Tabela 02 | Lista dos 27 projetos elaborados.

Número	Projeto	Escala	Produto Base
1	Biodigestor - Ciclo Completo 250 matrizes - Geração Distribuída	250 matrizes	Energia Elétrica - Geração Distribuída
2	Biodigestor - Ciclo Completo 250 matrizes - Sem Geração Distribuída	250 matrizes	Energia Elétrica
3	Compostagem - Ciclo Completo 250 matrizes	250 matrizes	Composto Orgânico
4	Biodigestor - Ciclo Completo 500 matrizes - Geração Distribuída	500 matrizes	Energia Elétrica - Geração Distribuída
5	Biodigestor - Ciclo Completo 500 matrizes - Sem Geração Distribuída	500 matrizes	Energia Elétrica
6	Compostagem - Ciclo Completo 500 matrizes	500 matrizes	Composto Orgânico
7	Biodigestor - Ciclo Completo 1.000 matrizes - Geração Distribuída	1.000 matrizes	Energia Elétrica - Geração Distribuída
8	Biodigestor - Ciclo Completo 1.000 matrizes - Sem Geração Distribuída	1.000 matrizes	Energia Elétrica
9	Compostagem - Ciclo Completo 1000 matrizes	1.000 matrizes	Composto Orgânico
10	Biodigestor - UPL 500 matrizes - Geração Distribuída	500 matrizes	Energia Elétrica - Geração Distribuída
11	Biodigestor - UPL 500 matrizes - Sem Geração Distribuída	500 matrizes	Energia Elétrica
12	Compostagem - UPL 500 matrizes	500 matrizes	Composto Orgânico
13	Biodigestor - UPL 1.000 matrizes - Geração Distribuída	1.000 matrizes	Energia Elétrica - Geração Distribuída
14	Biodigestor - UPL 1.000 matrizes - Sem Geração Distribuída	1.000 matrizes	Energia Elétrica
15	Compostagem - UPL 1.000 matrizes	1.000 matrizes	Composto Orgânico
16	Biodigestor - UPL 2.000 matrizes - Geração Distribuída	2.000 matrizes	Energia Elétrica - Geração Distribuída

SUINOCULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

17	Biodigestor - UPL 2.000 matrizes - Sem Geração Distribuída	2.000 matrizes	Energia Elétrica
18	Compostagem - UPL 2.000 matrizes	2.000 matrizes	Composto Orgânico
19	Biodigestor - Unidade de Terminação 500 animais - Geração Distribuída	500 animais	Energia Elétrica - Geração Distribuída
20	Biodigestor - Unidade de Terminação 500 animais - Sem Geração Distribuída	500 animais	Energia Elétrica
21	Compostagem - Unidade de Terminação 500 animais	500 animais	Composto Orgânico
22	Biodigestor - Unidade de Terminação 1.500 animais - Geração Distribuída	1.500 animais	Energia Elétrica - Geração Distribuída
23	Biodigestor - Unidade de Terminação 1.500 animais - Sem Geração Distribuída	1.500 animais	Energia Elétrica
24	Compostagem - Unidade de Terminação 1.500 animais	1.500 animais	Composto Orgânico
25	Biodigestor - Unidade de Terminação 4.000 animais - Geração Distribuída	4.000 animais	Energia Elétrica - Geração Distribuída
26	Biodigestor - Unidade de Terminação 4.000 animais - Sem Geração Distribuída	4.000 animais	Energia Elétrica
27	Compostagem - Unidade de Terminação 4.000 animais	4.000 animais	Composto Orgânico

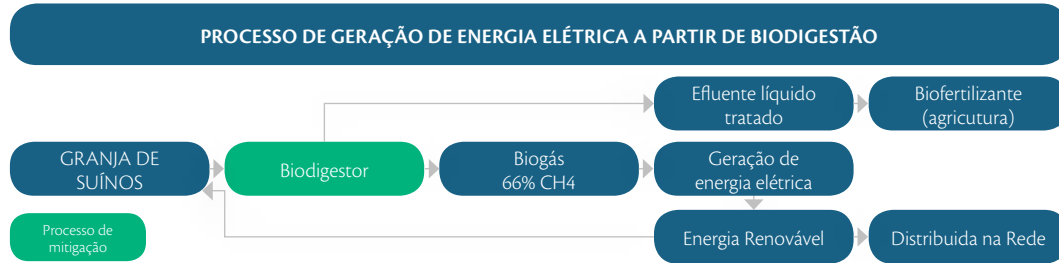
4.1 Descrição das Tecnologias

As soluções tecnológicas para o tratamento dos dejetos suínos avaliados no estudo de viabilidade econômica são as mais pertinentes e adequadas para a substituição dos sistemas tradicionais que em muitas situações são representadas por lagoa (s) revestida (s) à céu aberto permitindo a emissão de gases atmosféricos aceleradores do efeito estufa. Nesse contexto, a biodigestão e a compostagem são soluções que se apresentam como tecnologias redutoras de emissões de gases de efeito estufa.

Biodigestão

A biodigestão é um processo de fermentação anaeróbia (sem a presença de oxigênio) da matéria orgânica realizado dentro de um reator (biodigestor) e os produtos finais são o biogás e o biofertilizante. O Biogás rico em metano (CH₄) é queimado em motores estacionários geradores de energia elétrica que pode ser utilizada na própria unidade e/ou distribuída na rede da concessionária gerando créditos ao produtor que pode ser deduzido em qualquer outra conta de energia elétrica do mesmo CPF ou CNPJ (Figura 1).

FIGURA 1 | Processo de geração de energia elétrica a partir da biodigestão.

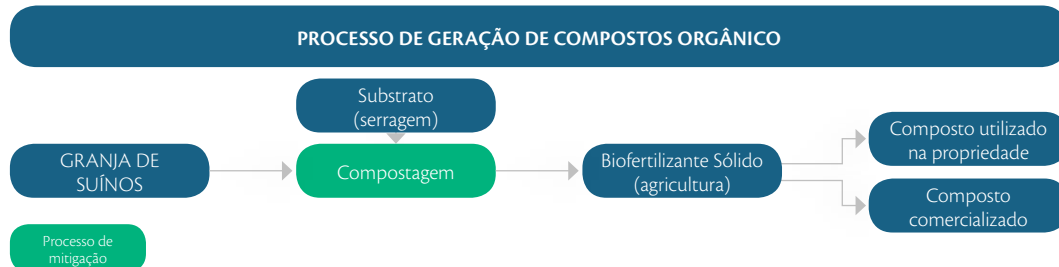


Compostagem

A compostagem é um processo de fermentação aeróbia (com oxigênio) que utiliza, como substrato nas leiras, uma fonte de carbono (serragem, maravalha, palha, casca de arroz) e tem como produto final um composto orgânico concentrado (NPK) e sem odor. O

produto desta solução pode se tornar fonte de renda para o produtor, pois o adubo orgânico sólido gerado na compostagem pode ser aproveitado na própria propriedade como fertilizante, substituindo os adubos químicos e aumentando o nível de matéria orgânica no solo ou também pode ser comercializado fora das áreas de alta concentração da produção de suínos (Figura 2).

FIGURA 2 | Processo de geração de composto orgânico.



4.2 Indicadores de Análise

As análises econômicas foram realizadas com base nos indicadores econômicos, a saber:

- TIR;
- VPL;
- *Pay Back*.

O estudo utilizou as condições do Programa ABC como premissas para viabilizar a implantação das tecnologias de Tratamento de Dejetos Suínos:

- Taxa de 7,5% ao ano considerando que pelo montante financiado nos projetos os produtores se enquadrariam como beneficiários do Pronamp;
- Financiamento de 100% do valor dos investimentos, observando o limite de até R\$ 2 milhões por cliente, por ano safra; e
- Prazo de até 10 anos, incluindo carência de até 5 anos.

As projeções contemplaram um fluxo de caixa (prazo) para a análise de 10 anos.

A taxa mínima de atratividade utilizada para cálculo do VPL foi a mesma dos juros praticados pela linha BNDES ABC, ou seja, 7,5% ao ano.

4.3 Premissas Gerais Adotadas para as Projeções

As premissas gerais adotadas visando permitir as análises foram:

- Os valores dos materiais e equipamentos utilizados no estudo são uma média nacional de preços praticados por empresas de referência, sendo o frete por conta do comprador (frete FOB);
- O custo por kWh da energia elétrica utilizado nos estudos (biodigestão e compostagem) foi padronizado, considerando a média do valor dos estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. O valor adotado foi de R\$ 0,36; e
- Os valores de mão de obra utilizados tomam como referência o salário mínimo nacional.

4.3.1 Biodigestor

Para os projetos de biodigestão adotou-se:

- A estimativa de produção de biogás (m^3 /animal) utilizada no estudo é a praticada pelas empresas que fornecem tecnologia para este segmento, e presume que o biodigestor esteja em boas condições e com um adequado manejo dos dejetos;
- Para o estudo foi utilizado a concentração de 65% de metano no biogás;

AVALIAÇÃO ECONÔMICA
DE TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

- No estudo da viabilidade optou-se por trabalhar com três tipos de simulação:
 - Geração Distribuída, o que permite que o crédito do excedente de energia elétrica produzido na unidade de suínos seja utilizado para deduzir as despesas em outras contas de energia da mesma concessionária e com o mesmo CPF ou CNPJ. Nesse caso consideração da produção de energia elétrica com base na capacidade máxima de produção de biogás das granjas;
 - Sem Geração Distribuída, quando o suinocultor investe objetivando a sua autossuficiência energética. Nesse caso consideração da produção de energia elétrica com base na capacidade máxima de produção de biogás das granjas, assumindo que esse seria o gasto dessas; e
- Consumo Próprio, no qual com base na demanda energética mensal das granjas (Tabela 3), utilizam-se grupos geradores e biodigestores de menor porte, ou seja, não ocorre o aproveitamento da capacidade máxima de produção de biogás das unidades de produção, mas o suficiente para atender sua demanda.
- Para as projeções foram considerados os biodigestores e geradores apresentados na Tabela 4 para os projetos de geração distribuída e sem geração distribuída.

Tabela 03 | Biodigestores e geradores utilizados nos diferentes sistemas de produção para os projetos de geração distribuída e sem geração distribuída.

SISTEMA DE PRODUÇÃO	Ciclo Completo			UPL			UT		
	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande
Nº Matrizes	250	500	1000	500	1000	2000			
Nº Animais na engorda							500	1500	4000
Investimento BIODIGESTOR (R\$)	230.000,00	290.000,00	380.000,00	200.000,00	250.000,00	350.000,00	105.000,00	190.000,00	270.000,00
Tamanho do Biodigestor (m³)	1.200	2.200	4.000	800	1.700	3.000	250	700	2000
GERADOR UTILIZADO	50 KVA	80 KVA	120 KVA	80 KVA	120 KVA	330 KVA	30 KVA	50 KVA	120 KVA

4.3.2 Compostagem

Para os projetos de compostagem adotou-se:

- No estudo de viabilidade da compostagem foi utilizado a relação de 10 litros de efluente bruto para cada 1 kg de substrato (serragem e/ou maravalha) e três lotes no período de um ano;
- Definiu-se que o valor de mercado por tonelada de composto é de R\$ 220,00, tomando-se como base o seu potencial agrônomo. Entendemos que esse valor é razoável/modesto diante dos preços praticados por outros compostos orgânicos como a cama de frango. Salientamos que o composto oriundo do tratamento dos dejetos suínos apresenta vantagens em relação à cama de frango por não apresentar mau cheiro o que permite a comercialização/uso deste como condicionador de solo em jardinagem; e
- Os demais parâmetros podem ser observados nos projetos em anexo.

4.4 Análise Econômica

4.4.1 Análise dos Investimentos Necessários

Os maiores investimentos observados entre os projetos de biodigestão, foram nas projeções de

UPL com 2 mil matrizes (projetos 16 e 17), considerando que nesses é utilizado um gerador de 330 kVa (gerador de maior escala entre todos os projetos de biodigestão). Da mesma forma as projeções de UT para 500 animais apresentam os menores valores de investimento necessário por exigirem biodigestores e geradores de menor porte. Vale destacar que UT produzem menores volumes de dejetos.

Projetos que envolvem geração distribuída apresentam um maior valor necessário de investimento quando comparados com seus equivalentes sem utilização de geração distribuída. Tal fato está relacionado à geração distribuída demandar investimentos adicionais em painéis de proteção e de gerenciamento exigências das concessionárias seguindo regras da ANEEL.

Entre os projetos de compostagem os maiores investimentos são observados para granjas de Ciclo Completo de mil matrizes e UPL de 2 mil matrizes (projetos 09 e 18 respectivamente). A implantação da compostagem nesses sistemas exige um maior montante de recursos a ser investido, pois apresentam a necessidade de construção de galpões de alvenaria de maior escala, além do custeio associado do ao 1º ano serem superiores ao das outras projeções (apresentam maior necessidade de mão de obra, maior valor de seguro, mais gasto com energia elétrica e com aquisição da maravalha).

AVALIAÇÃO ECONÔMICA
DE TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Tabela 04 | Investimentos necessários dos 27 projetos.

Número	Projeto	Investimento Total (R\$)
1	Biodigestor - Ciclo Completo 250 matrizes - Geração Distribuída	R\$ 368.344,03
2	Biodigestor - Ciclo Completo 250 matrizes - Sem Geração Distribuída	R\$ 319.384,03
3	Compostagem - Ciclo Completo 250 matrizes	R\$ 262.097,60
4	Biodigestor - Ciclo Completo 500 matrizes - Geração Distribuída	R\$ 462.047,76
5	Biodigestor - Ciclo Completo 500 matrizes - Sem Geração Distribuída	R\$ 410.027,76
6	Compostagem - Ciclo Completo 500 matrizes	R\$ 376.202,88
7	Biodigestor - Ciclo Completo 1.000 matrizes - Geração Distribuída	R\$ 592.738,73
8	Biodigestor - Ciclo Completo 1.000 matrizes - Sem Geração Distribuída	R\$ 533.578,73
9	Compostagem - Ciclo Completo 1000 matrizes	R\$ 604.607,76
10	Biodigestor - UPL 500 matrizes - Geração Distribuída	R\$ 366.171,84
11	Biodigestor - UPL 500 matrizes - Sem Geração Distribuída	R\$ 314.151,84
12	Compostagem - UPL 500 matrizes	R\$ 258.525,56
13	Biodigestor - UPL 1.000 matrizes - Geração Distribuída	R\$ 451.939,15
14	Biodigestor - UPL 1.000 matrizes - Sem Geração Distribuída	R\$ 392.779,15
15	Compostagem - UPL 1.000 matrizes	R\$ 369.058,80
16	Biodigestor - UPL 2.000 matrizes - Geração Distribuída	R\$ 806.140,68
17	Biodigestor - UPL 2.000 matrizes - Sem Geração Distribuída	R\$ 763.300,68
18	Compostagem - UPL 2.000 matrizes	R\$ 590.125,28
19	Biodigestor - Unidade de Terminação 500 animais - Geração Distribuída	R\$ 237.548,21
20	Biodigestor - Unidade de Terminação 500 animais - Sem Geração Distribuída	R\$ 187.568,21
21	Compostagem - Unidade de Terminação 500 animais	R\$ 169.618,88
22	Biodigestor - Unidade de Terminação 1.500 animais - Geração Distribuída	R\$ 331.686,05
23	Biodigestor - Unidade de Terminação 1.500 animais - Sem Geração Distribuída	R\$ 282.114,05
24	Compostagem - Unidade de Terminação 1.500 animais	R\$ 213.260,65

SUINOCULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

25	Biodigestor - Unidade de Terminação 4.000 animais - Geração Distribuída	R\$ 484.730,93
26	Biodigestor - Unidade de Terminação 4.000 animais - Sem Geração Distribuída	R\$ 421.378,73
27	Compostagem - Unidade de Terminação 4.000 animais	R\$ 322.365,08

4.4.2 Indicadores Econômicos

Conforme Tabela 5, dentro das premissas adotadas, os indicadores econômicos demonstraram:

- Entre os projetos de tratamentos de dejetos para sistemas de produção de ciclo completo, o projeto 09 de compostagem para 1 mil matrizes apresenta os melhores resultados econômicos avaliados, com 25,72% de TIR e *payback* ocorrendo no 3º ano. Apresentam ainda viabilidade econômica os projetos 7 e 8. No caso do projeto 7, que trabalha com geração distribuída, apesar da viabilidade, não apresenta atratividade, devido à TIR de 4,90% obtida ser inferior à TMA 7,50%. As demais projeções não demonstraram viabilidade econômica;
- Apresentam ainda viabilidade os projetos 15 e 18 de compostagem, para mil e 2 mil matrizes respectivamente, e os projetos 15, 14, 16 e 17 que trabalham com escalas de biodigestores para granjas de mil e 2 mil matrizes. Vale destacar que apesar da viabilidade, o projeto 14 não apresenta atratividade econômica. Não apresentaram viabilidade econômica os projetos de 10, 11, 12 e 13;
- Para projetos de tratamentos de dejetos para Unidades de Terminação de Suínos, os projetos de 25, 25, e 27 demonstram viabilidade econômica, os quais trabalham com a maior escala projetada (4 mil animais). O projeto 27, que trabalha com compostagem apesar da viabilidade não demonstra atratividade. Os projetos de 19 a 24, não demonstram viabilidade econômica.

Os projetos que demonstraram inviabilidade econômica precisam de um maior tempo para terem retorno (11 a 19 anos), extrapolando o prazo de 10 anos adotado.

Para os projetos de biodigestão, vale destacar que as projeções consideraram apenas a economia de energia para a receita, não prevendo nenhum tipo de entrada advinda do biofertilizante.

AVALIAÇÃO ECONÔMICA
DE TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Tabela 05 | Resultado dos projetos.

Número	Projeto	VPL (R\$)	TIR (%)	Payback
1	Biodigestor - Ciclo Completo 250 matrizes - Geração Distribuída	-R\$ 487.281,15	-	19 anos.
2	Biodigestor - Ciclo Completo 250 matrizes - Sem Geração Distribuída	-R\$ 386.998,10	-	19 anos.
3	Compostagem - Ciclo Completo 250 matrizes	-R\$ 128.856,79	-	13 anos.
4	Biodigestor - Ciclo Completo 500 matrizes - Geração Distribuída	-R\$ 343.269,42	-	16 anos.
5	Biodigestor - Ciclo Completo 500 matrizes - Sem Geração Distribuída	-R\$ 236.718,68	-	14 anos.
6	Compostagem - Ciclo Completo 500 matrizes	-R\$ 85.076,28	-0,47%	11 anos.
7	Biodigestor - Ciclo Completo 1.000 matrizes - Geração Distribuída	-R\$ 43.790,96	4,90%	5 anos.
8	Biodigestor - Ciclo Completo 1.000 matrizes - Sem Geração Distribuída	R\$ 77.384,39	12,03%	5 anos.
9	Compostagem - Ciclo Completo 1000 matrizes	R\$ 378.627,05	25,72%	3 anos.
10	Biodigestor - UPL 500 matrizes - Geração Distribuída	-R\$ 347.932,40	-	19 anos.
11	Biodigestor - UPL 500 matrizes - Sem Geração Distribuída	-R\$ 241.381,66	-	16 anos.
12	Compostagem - UPL 500 matrizes	-R\$ 138.639,84	-	13 anos.
13	Biodigestor - UPL 1.000 matrizes - Geração Distribuída	-R\$ 141.639,04	-6,75%	11 anos.
14	Biodigestor - UPL 1.000 matrizes - Sem Geração Distribuída	-R\$ 20.463,69	5,68%	5 anos.
15	Compostagem - UPL 1.000 matrizes	R\$ 43.246,25	11,51%	5 anos.
16	Biodigestor - UPL 2.000 matrizes - Geração Distribuída	R\$ 595.214,29	26,84%	3 anos.
17	Biodigestor - UPL 2.000 matrizes - Sem Geração Distribuída	R\$ 679.033,97	30,15%	3 anos.
18	Compostagem - UPL 2.000 matrizes	R\$ 355.521,74	25,13%	3 anos.
19	Biodigestor - Unidade de Terminação 500 animais - Geração Distribuída	-R\$ 345.408,46	-	19 anos.

SUINOCULTURA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

20	Biodigestor - Unidade de Terminação 500 animais - Sem Geração Distribuída	-R\$ 243.036,19	-	19 anos.
21	Compostagem - Unidade de Terminação 500 animais	-R\$ 280.725,61	-	19 anos.
22	Biodigestor - Unidade de Terminação 1.500 animais - Geração Distribuída	-R\$ 278.603,40	-	17 anos.
23	Biodigestor - Unidade de Terminação 1.500 animais - Sem Geração Distribuída	-R\$ 177.066,81	-	14 anos.
24	Compostagem - Unidade de Terminação 1.500 animais	-R\$ 206.271,53	-	19 anos.
25	Biodigestor - Unidade de Terminação 4.000 animais - Geração Distribuída	R\$ 172.805,68	18,14%	4 anos.
26	Biodigestor - Unidade de Terminação 4.000 animais - Sem Geração Distribuída	R\$ 252.478,37	25,13%	3 anos.
27	Compostagem - Unidade de Terminação 4.000 animais	-R\$ 23.143,30	4,74%	5 anos.

4.4.3 Produção de Energia Elétrica para Consumo Próprio

Além dos estudos de viabilidade econômica para a geração de energia elétrica com e sem geração distribuída, foram também realizadas projeções para a geração de energia elétrica suficiente apenas para uso da granja. Com base na demanda energética mensal do sistema de produção (Tabela 6), utilizando-se grupos geradores e biodigestores de pequeno porte, ou seja, não ocorre o aproveitamento da capacidade máxima de produção de biogás das unidades de

produção, mas é o suficiente para atender apenas a demanda energética da granja.

No entanto, ressalta-se que no mercado brasileiro ainda é pequena a disponibilidade de tecnologia e equipamentos para geração em pequena escala (menores que 30 kVa), tais como biodigestores de menor custo e grupos geradores de menor potência. Sendo assim, a viabilidade dos projetos aqui apresentada foi feita segundo um critério de proporcionalidade com os projetos de geração a partir do uso total do biogás.

TABELA 06 | Demandas energéticas mensais consideradas nas projeções de consumo próprio.

Nº de Animais	kWh por mês
Ciclo Completo	
250,00	5.000,00
500,00	10.000,00
1000,00	20.000,00
Unidade de Produção de Leitões	
500,00	5.000,00
1000,00	10.000,00
2000,00	20.000,00
Unidade de Terminação	
500,00	1.000,00
1500,00	3.000,00
4000,00	8.000,00

OBS: Valores da demanda de kWh por mês determinados por meio de média dos valores de gasto observados junto a granjas questionadas. Como resultado determinou-se a demanda energética baseada em 20 kWh/mês por matriz no ciclo completo, 10 kWh/mês por matriz na unidade de produção de leitões e 2 kWh/mês por suíno na unidade de terminação. Vale destacar que esses valores foram definidos com base em uma pequena amostragem de granjas brasileiras.

- Para as projeções de consumo próprio adotou-se uma demanda energética média (para dimensionamentos), não considerando que ocorre uma demanda oscilante em granjas.
- No custo/hora de manutenção é considerada a mão de obra e o treinamento operacional para atuarem no sistema, as EPIs utilizadas por este operador, os gastos com óleos lubrificantes para motor e todas as peças de reposição que na medida se desgastam devem ser substituídas.
- Para as projeções foram considerados os biodigestores e geradores apresentados na Tabela 7 para as projeções de consumo próprio.

SUINOCULTURA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Tabela 07 | Biodigestores e geradores utilizados nos diferentes sistemas de produção para os projetos de consumo próprio.

SISTEMA DE PRODUÇÃO	Ciclo Completo			UPL			UT		
	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande
Nº Matrizes	250	500	1000	500	1000	2000			
Nº Animais na engorda							500	1500	4000
Investimento BIODIGESTOR (R\$)	29.091,18	58.182,35	116.364,71	21.763,64	43.527,27	87.054,55	1.989,47	5.968,42	15.915,79
Tamanho do Biodigestor (m³)	69,26	138,56	277,06	51,82	103,64	207,27	4,74	14,21	37,89
GERADOR UTILIZADO	15 KVA	15 KVA	2 x 15 KVA	15 KVA	15 KVA	2 x 15 KVA	15 KVA	15 KVA	15 KVA

OBS: Vale destacar que no mercado brasileiro existe uma grande carência de empresas fabricantes de geradores de “pequeno porte” (menores que 30 kVa).

Tabela 08 | Investimentos Necessários para os Projetos de Consumo Próprio.

Número	Projeto	Investimento Total (R\$)
1	Biodigestor - Ciclo Completo 250 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 68.433,00
2	Biodigestor - Ciclo Completo 500 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 101.166,00
3	Biodigestor - Ciclo Completo 1000 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 194.886,00
4	Biodigestor - UPL 500 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 60.958,91
5	Biodigestor - UPL 1000 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 86.217,82
6	Biodigestor - UPL 2000 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 164.989,64
7	Biodigestor - Unidade de Terminação 500 animais - Consumo Próprio	R\$ 47.144,40
8	Biodigestor - Unidade de Terminação 1.500 animais - Consumo Próprio	R\$ 48.613,20
9	Biodigestor - Unidade de Terminação 4.000 animais - Consumo Próprio	R\$ 56.830,11

AVALIAÇÃO ECONÔMICA
DE TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Tabela 09 | Resultado dos projetos.

Número	Projeto	VPL (R\$)	TIR (%)	Payback
1	Biodigestor - Ciclo Completo 250 matrizes - Consumo Próprio	-R\$ 21.405,85	-7,04%	11 anos.
2	Biodigestor - Ciclo Completo 500 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 30.311,37	16,46%	4 anos.
3	Biodigestor - Ciclo Completo 1000 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 88.662,04	20,30%	4 anos.
4	Biodigestor - UPL 500 matrizes - Consumo Próprio	-R\$ 6.096,93	3,84%	5 anos.
5	Biodigestor - UPL 1000 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 60.929,20	26,37%	3 anos.
6	Biodigestor - UPL 2000 matrizes - Consumo Próprio	R\$ 149.897,70	30,55%	3 anos.
7	Biodigestor - Unidade de Terminação 500 animais - Consumo Próprio	-R\$ 73.451,00	-	19 anos.
8	Biodigestor - Unidade de Terminação 1.500 animais - Consumo Próprio	-R\$ 30.233,06	-	14 anos.
9	Biodigestor - Unidade de Terminação 4.000 animais - Consumo Próprio	R\$ 73.617,79	38,80%	3 anos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



SUINOCULTURA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

- AFONSO, Esther Ramalho et al. **Impacto de estratégias nutricionais no dejetos de suínos**. São Carlos, 2014. Disponível em: <http://posvnp.org/simposios/2014/resumos/AugustoHauberGameiro.pdf>.
- ALEXANDRE J. R. et al. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza on line**, v. 10, n. 1, p. 23-28, 2012. Disponível em: http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/05_AlexandreJRetal_023028.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2015.
- ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, 1991. v.1,2.
- ANGNES, G.; OLIVEIRA, P. A. V.; MILLER, P. R. M. Emissão de gases em sistemas de compostagem no tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 10.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 41., 2012, Londrina. **Anais...** Londrina, 2012.
- ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; WELTER, R. A. Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 648-657, set./dez. 2007.
- ASAE. **Manure Production and Characteristics**. Standarts D384.1. St. Joseph: ASAE Agricultural sanitation and Waste Management Commitec, 1993.
- AUBERT, CLAUDE. Le compostage des fumiers de volailles : Recueil des interventions – le compostage à la ferme des effluents d'élevage. ACTA, 1998.
- BELLAVER, C., OLIVEIRA, P. A. Balanço da água nas cadeias de aves e suínos. **Avicultura Industrial**, Itu, v. 101, n. 1183, p. 39-44, 2009.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Ed. UFLA, 2006.
- BLANCO, Thiago. Utilização de Ractosuín na alimentação suína. **Rural Pecuária**, 26 set. 2012. Disponível em: <<http://blog.ruralpecuaria.com.br/2012/09/uti-lizacao-de-ractosuín-na-alimentacao.html>>. Acesso em: 1 Jun. 2014.
- BONAZZI, G. A. A. **Liquami zootecnici**: manuale per l'utilizzazione agronômica. Verona: L'Informatore Agrario, 2001.
- BONHOTAL, J.; SCHWARZ, M.; RYNK, R. Composting animal mortality. **Cornell Waste Management Institute**, New York, 2014. Disponível em: <compost.css.cornell.edu/naturalrenderingFS.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2015.
- BRASIL. Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de

março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 jan. 1997, Seção 1, p. 470.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: plano ABC. Brasília, 2012.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009**. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília, 2009.

_____. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Suinocultura de baixa emissão de carbono**. Brasília: MAPA, 2015.

BRIGANÓ, Marcus Vinícius et al. Desempenho e características de carcaça de suínos submetidos a diferentes programas de restrição alimentar na fase dos 30 aos 118 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 8, ago., 2008.

BRUMM, Michael; DAHLQUIST, James; HEEMSR-TA, Jill. Impact of feeders and drinker devices on pig

performance, water use and manure volume. **Swine Health and Production**. v. 8, n. 2, p.51-57, 2000.

BÜZEN, S. et al. Recentes avanços na nutrição de suínos. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE SUINOCULTURA, 2., 2008, Chapecó/SC.

C3 ENERGY. Disponível em: <<http://www.c3energy.com.br/>>. Acesso em: 9 jul. 2015.

CAMPESTRINI, Evandro; SILVA, Vagner Thiago Mozer da; APPELT, Matias Djalma. **Utilização de enzimas na alimentação animal**. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/027V2N6P259_272_NOV2005.pdf>. Acesso em: 6 Jun. 2015.

CARDOSO, Lucas Scherer. Na Medica Certa: pesquisas e novas tecnologias reduziram em 50% o consumo de água na suinocultura. **Ciência para a Vida**, p.27. set./dez. 2014. Disponível em: <http://revista.sct.embrapa.br/download/XXI_n8_pt.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2015.

CARREIRO, B. V.; SOUZA, L. D. S.; LIMA, F.; FREITAS, T. S.; LEITE, M. A. **Avaliação de dois métodos de limpeza de instalações de suínos**. 2010. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/Eventos/encivi/ivencivi-2010/avaliacao-de-dois-metodos-de-limpeza-de-instalacoes-de-suinos.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2015.

CARVALHO, Nathália Leal; ZABOT, Valdirene. Nitrogênio: nutriente ou poluente?. **Revista Eletônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 6, n. 6, p. 960-974, 2012. Disponível em: < <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/4671/2990>>. Acesso em: 12 set. 2014.

CHASTAIN, John P. et al. **Swine manure production and nutrient content**. 1999. Chap. 3. Disponível em: <https://www.clemson.edu/extension/livestock/camm/camm_files/swine/sch3a_03.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2014.

CONAMA. Resolução n. 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 7 abr. 2008, n. 66, Seção 1, p. 64-68.

_____. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 mar. 2005, n. 053, p. 58-63.

CORDEIRO, L. A. M. et al. **O aquecimento global e a agricultura de baixa emissão de carbono**. Brasília: MAPA, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Abc/8.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.

CORDEIRO, M. B. et al. Efeito de sistemas de criação no conforto térmico ambiente e no desempenho produtivo de suínos na primavera. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1597-1602, 2007.

COSTA, O. A. D. et al. **Sistema alternativo de criação de suínos em cama sobreposta para a agricultura familiar**. Concórdia: Embrapa Aves e Suínos, 2006. (Comunicado Técnico 419).

COSTA, O. A. D.; MORÉS, N.; SOBESTIANSKY, J.; PERDOMO, C. C.; BARIONI JUNIOR, W.; GUZZO, R.; COIMBRA, J. B. S.; AMARAL, A. L. **Caracterização do sistema hidráulico e da qualidade da água em granjas de suínos da região Sul do Brasil nas fases creche, crescimento e terminação**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 1-5. (Comunicado Técnico, 247).

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. Manejo de dejetos de suínos. **Bipers**, ano 7, n. 11, mar. 1998. (Boletim Informativo. Pesquisa & Extensão). Publicação conjunta do CNPSA e da EMATER/RS.

DIAS, C. P.; SILVA, C. A.; MANTECA, X. **Bem-estar dos suínos**. Londrina: Midiograf, 2014.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coleção de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002.

DUARTE, Karina Ferreira. Nutrição de suínos X Meio Ambiente. **Agrolink**, 8 jun. 2012. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/colunistas/nutricao-de-suinos-x-meio-ambiente_4299.html>.

EM MS, fazenda dá exemplo de boas práticas ambientais na suinocultura. **Porkworld**, Porto Alegre, 21 mar. 2014. Disponível em: <<http://www.porkworld.com.br/noticia/em-ms-fazenda-da-exemplo-de-boas-praticas-ambientais-na-suinocultura>>. Acesso em: 3 jun. 2015.

EMBRAPA comprova utilização de microalgas no tratamento dos dejetos suínos e geração de biogás. **Rural Pecuária**, São Jose do Rio Preto, 28 maio 2015. Disponível em: <<http://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/novas-tecnologias/embrapa-comprova-utilizacao-de-microalgas-no-tratamento-dos-dejetos-suinos-e-geracao-de-biogas.html>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

EMBRAPA. **Fertilizantes organominerais serão feitos a partir do dejetos de suínos**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/06/fertilizantes-organominerais-serao-feitos-a-partir-do-dejeto-de-suinos>>. Acesso em: 9 jun. 2015.

FERREIRA, Rony Antonio et al. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revis-**

ta Brasileira de Zootecnia, v.35, n.3, (supl.), p.1056-1062, 2006.

_____. Redução da proteína bruta e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.818-824, 2007.

FONSECA, L. S. **Balço eletrolítico em rações para suínos em crescimento**. 2012. 42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT. Fraunhofer Institute For Interfacial Engineering And Biotechnology. **Organic farming without cabbage flies**. Disponível em: <<http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2012/march/organic-farming-without-cabbage-flies.html>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

FREITAG, D. C. et al. Redução da proteína bruta em rações sobre os balanços metabólicos de suínos mantidos em diferentes condições térmicas. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 61-70, jul./dez. 2014.

FUKUMOTO, Y., OSADA, T., HANAJIMA, D., HAGA, K., 2003. Patterns and quantities of NH₃, N₂O and CH₄ emissions during swine manure composting without

forced aeration – effect of compost pile scale. **Biore-source Technol.** 89, 109–114.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE – FATMA. **Instrução Normativa, nº 11.** Suinocultura. Recomendações técnicas para aplicação fertilizantes orgânicos de suínos e monitoramento da qualidade do solo adubado. Florianópolis, 2014. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br/ckfinder/userfiles/arquivos/ins/11/IN%2011%20Suinocultura.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2015.

GABBI, Alexandre Mossate. **Metabolismo nitrogenado em animais.** 2010. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/nitrogenado_gabbi.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2014.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas.** 2003. 231f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GERBER, P. J. et al. **Tackling climate change through livestock:** a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: FAO, 2013.

GIROTTO, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos.** 2007. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GWYOTHER, C. L. et al. The environmental and biosecurity characteristics of livestock carcass disposal methods: A review. **Waste Management**, New York, v. 31, n. 4, p. 767–778, 2011.

HAUSCHILD, L. **Modelagem individual e em tempo real das exigências nutricionais de suínos em crescimento.** 2010. 142p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - UFSM/RS, Santa Maria, 2010.

HENN, A. **Avaliação de dois sistemas de manejo de dejetos em uma pequena propriedade produtora de suínos:** condição de partida. 157 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HIGARASHI, M. M; KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. Redução da carga poluente: sistemas de tratamento. In: SEGANFREDO, M. A. **Gestão ambiental na suinocultura.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 119-148.

KUNZ, A.; ALBINO, J.; MIELE, M.; BORTOLI, M. **Sistrate:** suinocultura com sustentabilidade ambiental e geração de renda. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011.

LIMA, G.J.M.M. Nutrição de suínos: ferramenta para reduzir a poluição causada pelos dejetos e aumentar a lucratividade do negócio. In: SEGANFREDO, M. A. **Gestão ambiental na suinocultura.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Cap. 3, p. 63-101.

LOPES, Claudia. **Adsorção e compartimentos de cobre e zinco em latossolo vermelho com aplicação de dejetos suíno**. 2009. 81 p. Dissertação (Mestrado) – UDESC, Lages, 2009.

LORA, Alfredo G. Redução da excreção de nutrientes pelo uso de diferentes estratégias nutricionais em aves e suínos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO ANIMAL E ALIMENTOS SEGUROS CBNA, 2007, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/img/20071030_trabalho.pdf>. Acesso em: 10 out. 2014.

LOVATTO, Paulo Alberto et al. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha: interface vegetal. **Ciência Rural** [online], v.40, Abr. 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33117312008>>. Acesso em: 3 jun. 2015.

LOZANO, A.P. et al. Níveis de fitase em rações para suínos em fase de terminação. **Arch. Zootec.**, v. 60, n. 232, p. 839-850, 2011.

LUDKE, M. C. M.; LÓPEZ, J.; LUDKLE, J. V. Fitase em dietas para suínos em crescimento: (I) Impacto ambiental. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32 n. 1, p. 97-102, 2002.

MANZKE, Naiana E. et al. **Novos Desenvolvimentos na Nutrição dos Leitões nas Fases de Crescimento**

e Terminação. Disponível em: <http://www.suino-tec.com.br/arquivos_edicao/sinsui2011_05_Gustavo_Lima.pdf>. Acesso em: 10 Jun 2015.

MARQUES, H. L.; ANTUNES, R. Quebra de paradigmas ambientais na produção. **Suinocultura Industrial**, Iту, 17 jun. 2014. Disponível em: <http://www.suino-culturaindustrial.com.br/noticia/quebra-de-paradigmas-ambientais-na-producao/20140617091550_f_050>. Acesso em: 3 jun. 2015.

MARTÍNEZ-RAMÍREZ, H.R.; OLIVEIRA, E. Rael; GRACIOLI, D.L. CBNA resposta dos suínos para aminoácidos e nitrogênio. In: VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 6, 2014, Estância de São Pedro. **Sala Suínos**. Rio Claro: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2014.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-486, maio/jun. 2011.

MASTER NUTRIÇÃO ANIMAL. **Master Núcleo Geração**. 2015. Disponível em: <http://www.masternutricao.com.br/interno.php?s=produtos_suinos>. Acesso em: 29 jun. 2015.

MELO, T. V. Água na nutrição animal. 2005. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/Xtv0002.htm>>. Acesso em: 3 jun. 2015.

MENTEN, F.F.M. **Eficácia, efeito sinérgico e modo de ação de agentes antimicrobianos como promotores de crescimento em suínos.** 1995. 106 p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

METZ, M.; GARCIA, M. D. C.; PAIXÃO, S. J.; PÖTTER, L. Desempenho zootécnico de suínos sob piso ou diferentes alturas de cama sobreposta: uma méta-análise. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22., 2004, Inijui. **Anais...** Inijui, 2014.

MIELE, M.; SILVA, M. L. B.; NICOLOSO, R. S.; CORRÊA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; SANDI, A. J.; Tratamento dos efluentes de usinas de biogás. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 24, n. 1, jan./mar. 2015.

MIGLIAVACCA, Flauri. Desmitificando a carne suína: da banha às doenças. **Rural Centro**, 5 fev. 2011. Disponível em: <<http://ruralcentro.uol.com.br/noticias/desmitificando-a-carne-suina-da-banha-as-doenças-34848>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

MOREIRA, Ivan et al. Efeitos da restrição energética para suínos na fase final de terminação sobre o desempenho, característica de carcaça e poluição ambiental. **Acta Sci. Anim. Sci.**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 179-185, 2007.

MOREIRA, J. A. et al. Impacto ambiental provocado pelo P em dietas suplementadas com enzima fitase e

proteína ideal para suínos em crescimento: estudo do fluxo do P no metabolismo animal. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.62, n.5, p.1206-1215, 2010.

_____. Phytase enzyme in diets containing defatted rice bran for growing swine. **Sci. Agric.**, v. 60, p. 631-636, 2003.

MORES, N. et al. Efeito do óxido de zinco no controle da diarreia pós-desmame em leitões infectados experimentalmente com *Escherichia coli*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**, v. 50, n. 5, p. 513-523, 1998.

MUNIZ, Mêndelson Henrique Baldassa et al. Fontes orgânicas e inorgânicas de zinco e cobre como melhoradores de desempenho em leitões desmamados. **R. Bras. Zootec.** [online], v.39, n.9, p. 1999-2005, 2010.

NATIONAL FARM ANIMAL CARE COUNCIL (NFACC). **Code of practice for the care and handling of pigs.** Ottawa, 2014.

NICKS, B.; DESIRON, A.; CANART, B. BILAN ENVIRONNEMENTAL ET ZOOTECHNIQUE DE L'ENGRAISSEMENT DE QUATRE LOTS DE PORCS SUR LITIÈRE BIOMAÎTRISÉE. **JOURNÉES DE LA RECHERCHE PORCINE EN FRANCE**, V.27, P.337-342, 1995.

NICOLOSO, R. S. **ESTUDO TÉCNICO DA DESTINAÇÃO DO FERTILIZANTE ORGÂNICO**

SÓLIDO PRODUZIDO EM UMA USINA DE BIOGÁS NO MUNICÍPIO DE CONCÓRDIA-SC. CONCÓRDIA: EMBRAPA: SUÍNOS E AVES, 2014. (DOCUMENTOS, 170).

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: a alternativa energética.** São Paulo: Nobel, 1986.

NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos.** 2003. 117p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

NUTRITIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th ed. Washington: National Academic Press, 2001.

_____. **Nutrient requirements of poultry.** 9th ed. Washington: National Academic Press, 1994.

_____. **Nutrient requirements of swine.** 10th ed. Washington: National Academic Press, 1998.

OLIVEIRA, P. A. V. **Comparaison des systèmes d'élevage des porcs sur litière de sciure ou caillebotis intégral.** 1999. 272p. Thèse (Docteur) - I' ENSA de Rennes, France. (n. 99-24, D-32).

- _____. Impacto ambiental causado pela suinocultura. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOO-

TECNIA, 5., CONGRESSO NACIONAL DE ZOO-TECNIA, 12., 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba-MG: Zootec, 2003. p.143-161.

_____. Modelo matemático para estimar a evaporação d'água contida nos dejetos, em sistemas de criação de suínos sobre cama de maravalha e piso ripado, nas fases de crescimento e terminação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n. 3, p. 398-406, 2003.

_____. Produção de suínos em sistemas sustentáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL, 2., 2012, Chapecó. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012.

_____. Produção e manejo de dejetos de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001, Jaboticabal/ SP, **Anais...** 2001. p. 164-177.

_____. Programas eficientes de controle de dejetos na suinocultura. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p.143-158p.

_____. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos:** manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Aves e Suínos, 2004.

OLIVEIRA, P. A. V. et al. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. (Documentos, 157).

_____. Comparaison de l'évaporation d'eau en élevage de porcs sur litière de sciure ou caillebotis intégral, **Journées de la Recherche Porcine en France**, v.30, p.355-361, 1998.

_____. Compostagem usada para o tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2; CONGRESSO DE SUINOCULTURA DO MERCOSUL, 4, 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campinas: Animal World, 2004. p. 522-523.

_____. Desenvolvimento de unidade de compostagem automatizada para o tratamento dos dejetos líquidos de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48, 2011, Belém. **Anais...** Belém: UFRA, 2011. CD-ROM.

_____. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993.

_____. Utilização de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11, 2003, Goiânia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. p. 433-434.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2006b. (Série Documentos DOC-115).

_____. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2006a. (Série Documentos DOC-114).

OLIVEIRA, P. A. V.; NUNES, M. L. A.; ARRIADA, A. A. Compostagem e Utilização de Cama na Suinocultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2001, Campinas. **Anais**. Campinas: CBNA, 2001. p. 391-406.

OLIVEIRA, P. A.; NUNES, M. L. A. **Sustentabilidade ambiental da suinocultura**. 2013. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/administracao/artigos/sustentabilidade-ambiental-suinocultura-t1710/124-p0.htm>>. Acesso em: 9 jun. 2015.

OLIVEIRA, P. A. V. (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993.

OLIVEIRA, Paulo Armando et al. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. PNMA II – Programa Nacional do Meio Ambiente, 2004. 109p.

OLIVEIRA, Paulo Armando; SILVA, Adroaldo. **As edificações e os detalhes construtivos Voltados para o manejo de dejetos na Suinocultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. PNMA II – Programa Nacional do Meio Ambiente, 2006. 40p.

- OLIVEIRA, V. et al. Metabolismo do nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo baixos teores de proteína bruta. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas v.13 n. 2, p. 257-260, abr./jun. 2007.
- OLIVER, A. P. M. et al. **Manual de treinamento em biodigestão**. Salvador: Instituto Winrock – Brasil, 2008. Disponível em: <http://ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2015.
- OSBORNE. **Individually manage and feed sows and gilts in group housed settings without individual confinement**. 2015. Disponível em: <<http://www.osbornelivestockequipment.com/team-system/>>. Acesso em: 20 jun. 2015.
- PAILLAT, J.-M.; ROBIN, P.; HASSOUNA, M.; LETERME, P., 2005. Predicting ammonia and carbon dioxide emissions from carbon & nitrogen biodegradability during animal waste composting. **Atmos. Environ.** 39, 6833–6842.
- PEDROSO-DE-PAIVA, D. **Compostagem**: destino correto para animais mortos e restos de parição. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/compostagem_destino_correto_para_animais_mortos_e_restos_de_paricao_000fy7aw9502wx5ok0pvo4k37obz7nl.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2015.
- PENA, S.M. et al. Efeito de estratégias nutricionais para redução de nutrientes poluidores nos dejetos sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** [online]. v.65, n.1, p. 231-240, 2013.
- PENZ JR., A. M. A influência da nutrição na preservação do meio ambiente. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2000. p. 53-69.
- PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Produção de Suínos e meio Ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, Gramado, RS. **Anais...** Gramado, 2001. p. 8-24.
- PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. de; KUNZ, A. **Sistemas de tratamento de dejetos suínos**: inventário tecnológico. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. Documentos, 85. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57909/1/doc85.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2015.
- PEREIRA, E.R.; DEMARCHI, J.J.A.A.; BUDIÑO, F.E.L. A questão ambiental e os impactos causados pelos efluentes da suinocultura. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/QAmbiental/index.htm>. Acesso em: 27 maio 2015.
- PIGTEK MANNEBECK. **Animal Control (MAC) INTEC System**. 2014. Disponível em: <<http://s15.a2zinc.net/clients/IPPA/IPC2013/public/Booth>>.

aspx?IndexInList=&Upgrade=&FromPage=&BoothID=101833&Task=ProductsDetails&PRODID=2>. Acesso em: 28 jun. 2015.

PIGTEK MANNEBECK. **Go Group ...** Go Mannebeck for individualized sow care. 2015. Disponível em: <http://www.choretimehog.com/products.php?product_id=501>. Acesso em: 28 jun. 2015.

POMAR, C. et al. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, supl especial, p. 266-237, 2009.

PRIMARY INDUSTRIES STANDING COMMITTEE (PISC). **Model code of practice for the welfare of animals**: pigs. 3. ed. Victoria: CSIRO Publishing, 2008.

PROBIOGÁS. **Projeto Brasil–Alemanha de fomento ao aproveitamento energético de biogás no Brasil**. Rio de Janeiro, 2015.

RAMME, M. A.; KUNZ, A. A utilização de peneiras na separação de fases sólido-líquido em dejetos suínos. *Ágora: Revista Divulgação Científica*, Mafra, v. 16, n. 2, 2009.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. (Org.). **Normais climatológicas do Brasil**: 1961-1990. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009.

RIBEIRO, A. M. L.; OELKE, C. A. Como formular rações para reduzir a capacidade poluente sem afetar o desempenho. In: VIII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 8., 2013, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2013. v. 1. p. 159-178.

RIZZONI; L. B. et al. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, ano 9, n. 18, jan. 2012. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/W34eb-ZOEZuzvEvG_2013-6-28-18-12-37.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2015.

ROBIN, PAUL; AUBERT, CLAUDE; BLINÉ, DELPHINE; TRICOT, GAELLE; VACHER, VIVIEN., 2001. Maîtrise du compostage de fumiers de volailles à la ferme : mélange initial, retournements, couvertures in **Sciences & Techniques Avicoles** – n° 35. Avril.

ROBIN, PAUL; HASSOUNA, M.; LELEU, C.; RAMONET, Y.; PAILLAT, J.-M. 2006 Protocole de mesure simplifiée des émissions gazeuses en élevage. UMR Sol Agronomie Spatialisation/INRA. Rennes. 22 p. disponível em <http://www.rennes.inra.fr/umrsas/cnouvl.htm>

ROSTAGNO, Horacio Santiago et al. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos**: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SANDER, J. E.; WARBINGTON, M. C.; MYERS, L. M. Selected methods of animal carcass disposal. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, New York, v. 220, n. 7, p. 1003-1005, abr. 2002.
- SANTOS NIETO, Viviane Maria Oliveira dos. Planos nutricionais de **fósforo** digestível para **suínos** machos castrados dos. 30 aos 100 kg. 2015. 92 fls. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- SANTOS, Shinayder Cristina Guimarães. **Lixiviação de nitrogênio em um Latossolo vermelho cultivado com soja e milho após aplicação de dejetos líquidos de suínos**. 2009. 82f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Rio Verde.
- SANTOS, Tânia Mara Baptista dos et al. Níveis de Fitase e Temperatura Ambiente na Excreção de Fósforo e Nitrogênio em Dejetos Suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5., 2010, Corumbá. **Anais...** Corumbá, 2010.
- SAVARIS, V. D. L.; FERREIRA, R. A.; POZZA, P. C. **Balanco eletrolítico em rações para suínos**. Cajati: Serrana Nutrição Animal, 2006. (Boletim Técnico).
- SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizantes. In: DIA DE CAMPO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1994, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPNSA, 1994. p.47. (EMBRAPA-CNPNSA, Documento, 32).
- SCHULTZ, Guilherme. **Boas Práticas Ambientais na Suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007.
- SEGANFREDO, M. A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
- SEGANFREDO, M. A. Uso de dejetos suínos como fertilizantes e seus riscos ambientais. In: _____. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 149-175.
- SESTI, L.; SOBESTIANSKY, J.; BARCELLOS, D. E. S. N. Limpeza e desinfecção em suinocultura. **Suinocultura Dinâmica**, Concórdia, n. 20, p.1-15, 1998.
- SOUZA, Cecília de Fátima et al. Caracterização de dejetos de suínos em fase de terminação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 2, p. 128-133, marz.-abr., 2009.
- SUZIN, L. et al. Precipitação de fósforo em efluente nitrificante utilizando soda cáustica. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA -JINC, 7., 2013, Concórdia. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2013. p. 33-34.
- TAVARES, J. M. R. **Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura**. 2012. 230 f. Dis-

sertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration piles. **Process Biochemistry**, London, v. 37, n. 8, p. 869-880, 2002.

VANOTTI, M. **Management of wastes from pig production and their environmental benefits**. 2012. Disponível em: <<http://en.engormix.com/MA-pig-industry/management/articles/development-clean-technologies-management-t2390/124-p0.htm>>. Acesso em: 5 jul. 2015.

WILKINSON, K. G. The biosecurity of on-farm mortality composting. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 102, n. 3, p. 609–618, 2007.

WILLIAMS, A. P.; EDWARDS-JONES, G.; JONES, D. L. Jones. In-vessel bioreduction provides an effective storage and pre-treatment method for livestock carcasses prior to final disposal. **Bioresource Technology**, New York, v. 100, n. 17, p. 4032–4040, 2009.

ZANGERONIMO, M. G. et al. Desempenho e excreção de nitrogênio de leitões dos 9 aos 25 kg alimentados com dietas com diferentes níveis de lisina digestível e proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36 n. 5, p. 1382-1387, 2007.

