

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**GABRIELA SOUZA DE FREITAS**

**SUSTENTABILIDADE NO AGRONEGÓCIO: UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS  
COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA EM UMA FAZENDA MINEIRA**

**Uberlândia – MG  
Outubro – 2012**

**GABRIELA SOUZA DE FREITAS**

**SUSTENTABILIDADE NO AGRONEGÓCIO: UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS  
COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA EM UMA FAZENDA MINEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de Agronomia, da Universidade  
Federal de Uberlândia, para obtenção do  
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Msc Jaluza Maria Lima  
Silva Borsato

**Uberlândia – MG  
Outubro – 2012**

**GABRIELA SOUZA DE FREITAS**

**SUSTENTABILIDADE NO AGRONEGÓCIO: UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS  
COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA EM UMA FAZENDA MINEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de Agronomia, da Universidade  
Federal de Uberlândia, para obtenção do  
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 25 de outubro de 2012

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Adriane de Andrade Silva  
Membro da Banca

---

Eng. Agr. Pedro Afonso Couto Junior  
Membro da Banca

---

Prof<sup>a</sup>. Msc. Jaluza Maria Lima Silva Borsato  
Orientadora

## **RESUMO**

O presente artigo tem por objetivo apresentar como a geração de energia renovável por meio de biodigestores em uma fazenda de criação de suínos pode gerar benefícios ao meio ambiente. Como metodologia realizou-se uma pesquisa descritiva com abordagem qualitativa, por meio de um estudo de caso em uma fazenda no município de Uberlândia – MG. Os resultados mostraram que a utilização dos biodigestores para a produção do biogás transformou em duas bases para o desenvolvimento sustentável, a energia renovável e o fertilizante orgânico. Estes resultados proporcionaram a fazenda benefícios sociais, ambientais e financeiros como a redução de custos com energia elétrica, adubação química, óleo diesel e GLP, atendendo, assim o tripé da sustentabilidade.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.</b>	<b>Sustentabilidade no agronegócio.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.</b>	<b>Suinocultura.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.</b>	<b>Energia renovável.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4.</b>	<b>Biodigestores e o biogás.....</b>	<b>12</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
<b>4.1.</b>	<b>Descrição da empresa.....</b>	<b>16</b>
<b>4.2.</b>	<b>Sistema de integração.....</b>	<b>16</b>
<b>4.3.</b>	<b>Processo de geração do biogás por meio dos biodigestores.....</b>	<b>17</b>
<b>4.4.</b>	<b>Visão dos funcionários.....</b>	<b>18</b>
<b>4.5.</b>	<b>Visão dos proprietários.....</b>	<b>18</b>
<b>4.6.</b>	<b>Benefícios ambientais e sociais.....</b>	<b>19</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>21</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas do desenvolvimento econômico mundial está relacionado com a produção energética de cada país. Tal dependência acontece devido ao uso de fontes de carbono fóssil, das quais 36% correspondem ao petróleo; 23%, ao carvão; e 21%, ao gás natural (HERNANDEZ, 2008). Por isso, a importância da produção de energias alternativas para suprir a demanda energética das grandes nações e proporcionar a expansão dos países em crescimento a partir de fontes provenientes da agricultura (VILELA & ARAÚJO, 2006; PAULILLO *et al.*, 2006).

De acordo com tal realidade, a produção de energia renovável tem sido bastante estimulada em diversos países. Gonçalves Júnior *et al.* (2009) estimaram que as fontes alternativas de energia provenientes da biomassa devem movimentar expressivos volumes de recursos nas transações agrícolas internacionais, nos próximos anos.

Existem hoje diversas alternativas tecnológicas de aproveitamento da biomassa para geração de energia, tecnicamente viáveis para a agricultura familiar. Uma delas que vem despertando interesse é a tecnologia de biodigestão anaeróbia de resíduos dos animais, e particularmente de resíduos gerados com a criação animal, pela implantação de biodigestores.

Segundo Gaspar (2003), a tecnologia de biodigestão anaeróbia de dejetos animais, principalmente de suínos, apresenta diversas vantagens. Uma delas é a produção de biogás e biofertilizantes, produtos de elevado valor agregado, redução da poluição dos recursos hídricos, facilidade de implantação e operação, e redução da pressão sobre as matas pelo consumo de lenha.

De outro lado, verifica-se que são ainda escassos os estudos com ênfase nos aspectos econômicos da implantação de biodigestores em pequenas escalas de produção, embora essa tecnologia seja encontrada em regiões com forte presença de atividade de suinocultura, em especial nos estados da região Sul do Brasil.

A suinocultura no Brasil representa uma das maiores atividades da agricultura nacional, sendo extremamente vantajosa principalmente pela possibilidade de maior produção em menor espaço físico. A carne suína representa quase a metade do consumo e da produção mundial de carnes, sendo considerada a principal fonte de proteína animal (PEREIRA *et al.*, 2009). O Brasil ocupa a quarta posição na produção mundial de carne suína.

Neste contexto, a questão problema que orienta esta pesquisa é: Como a geração de energia renovável por meio de biodigestores em uma fazenda de criação de suínos pode gerar benefícios ambientais?

Como objetivo principal pretende-se apresentar como a geração de energia renovável por meio de biodigestores em uma fazenda de criação de suínos pode gerar benefícios ao meio ambiente. E como objetivos específicos busca-se apresentar o processo de criação de suínos em uma fazenda; descrever o processo de geração de energia renovável (biogás) por meio da utilização dos dejetos de suínos; e descrever os benefícios ambientais da utilização dos biodigestores para a produção do biogás.

O presente estudo justifica-se pela importância da sustentabilidade no agronegócio bem como a importância do agrônomo nesse processo de obtenção de energia renovável.

O trabalho encontra-se estruturado em cinco seções além desta. A segunda seção apresenta a revisão da literatura sobre o tema. A terceira seção trará o desenvolvimento do Material e Métodos utilizados na pesquisa. Na quarta desenvolver-se-á a análise dos resultados e na quinta e última seção apresentará as considerações finais do trabalho.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Sustentabilidade no agronegócio**

A sustentabilidade, segundo Guimarães (1994) *apud* Barbieri (1997), compreende quatro dimensões, a saber: sustentabilidade ecológica, ambiental, social e política. É interessante analisar este pressuposto pelo enfoque do uso da energia e minerais em um sistema de produção de suínos, em que se observa maior sustentabilidade quanto menor for a importação de energia e exportação de nutrientes pela propriedade rural, tudo isto com o menor impacto possível.

A busca do desenvolvimento sustentável baseia-se em três critérios fundamentais os quais devem ser obedecidos simultaneamente: equidade social, prudência ecológica e eficiência econômica, conforme apresentado na Figura 1. “As empresas são o motor central do desenvolvimento econômico e devem ser também, um motor vital do desenvolvimento sustentável. Para isto, é imprescindível que elas definam adequadamente sua relação com a sociedade e com o meio ambiente” (KRAEMER, 2005).



**Figura 1** – Desenvolvimento Sustentável – Tripé da sustentabilidade empresarial

Fonte: [www.copesul.com.br](http://www.copesul.com.br)

Apontado como o grande vilão das problemáticas ambientais e sociais, a “evolução” do agronegócio brasileiro, foi dada historicamente, graças à expansão das fronteiras agrícolas e uso dos recursos naturais, uma “forma especial de mineração do solo” e recursos naturais (HOLANDA, 1936).

O advento da agroindústria no Brasil (década de 70) coloca o foco nas indústrias processadoras e de fornecimento de insumos, relegando ao agricultor o papel coadjuvante neste enredo. Na prática, avançou-se de um nível individual (centrado no agricultor) de produção para um nível corporativo (centrado nas corporações a jusante e montante). As agroindústrias instalaram-se e instalam-se em regiões onde há mínimas condições de se propor um modelo integrado de produção, cada dia mais exigente, pautado por: colonizações de exploração; incentivos governamentais (fomento, crédito, renúncia fiscal, subsídios, etc); compartilhamento de responsabilidades com estado; elite agrária com áreas produtivas e estrutura física; disponibilidade mínima de capital (agrário e/ou industrial) e recursos naturais abundantes. (ÁVILA, 2007).

Dentre as inúmeras definições de sustentabilidade encontradas na literatura especializada, a de Conway (1986), é suficiente para a interpretação do termo: "sustentabilidade é a habilidade de um sistema em manter sua produtividade, quando ele se encontra sujeito a intenso esforço ou alterações".

Assim, para manter a sustentabilidade de um sistema, quando ele sofre alterações na sua base de recursos, são necessárias mudanças de atitudes e o direcionamento de ações por

parte das gerações atuais, com a finalidade de suprir, em nível razoável, as necessidades das gerações futuras. Esse pensamento está implícito no conceito de desenvolvimento sustentável emitido por WCED (1987), podendo-se concluir então que esse tipo de desenvolvimento é aquele capaz de promover a sustentabilidade (IWLA, 1997).

Especificamente relacionado com a agricultura, que é o principal suporte da sustentabilidade, pode-se classificar seu ambiente nos seguintes níveis: global, nacional, regional, de propriedade, de ecossistema e de sistema de produção (CAMINO & MÜLLER, 1993), sendo o último também denominado agro ecossistema (ALTIERI, 1987).

As diferentes práticas agrícolas atuais abrangem desde os modelos alternativos, tais como a agricultura orgânica, biodinâmica, biológica, natural e outras, consideradas sustentáveis (PASCHOAL, 1995), até os modelos intensivos de produção, que comportam inúmeras externalidades negativas, contrastando com o sucesso na produtividade e no suprimento de alimentos para a humanidade (SHIKI, 1995).

## **2.2. Suinocultura**

No Brasil, a suinocultura está presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país. Estima-se que atualmente 733 mil pessoas dependam diretamente da cadeia produtiva da suinocultura brasileira, sendo responsável pela renda de 2,7 milhões de brasileiros (ROPPA, 1999 *apud* TAKITANE *et al*, 1999). O setor da suinocultura possui uma importância considerável, tendo em vista que, gera mais de 150 mil empregos entre produção, industrialização e comercialização, sendo uma das maiores fontes de impostos do Estado (GUIVANT, 1997).

A problemática ambiental da suinocultura está no fato de que, a partir do momento em que se optou por explorações em regime de confinamento, o total de dejetos gerados, anteriormente distribuído na área destinada à exploração extensiva, ficou restrito a pequenas áreas. Além disso, houve aumento crescente da demanda por produtos de origem animal e aumento do emprego de tecnologia moderna (mecanização de operações, melhor alimentação do rebanho, controle mais eficiente de doenças, etc.), o que resultou em aumento do efetivo do rebanho, acompanhado por índices elevadíssimos de produtividade (SILVA, 1973; KONZEN, 1983; OLIVEIRA, 1993).

O lançamento direto em cursos d'água, feito sem controle por longos anos, passou a ser considerado ameaça para o meio ambiente como um todo e para a qualidade de vida da

humanidade, tendo como principais consequências a mortalidade acentuada dos peixes e a eutrofização. Do ponto de vista ecológico, o termo “eutrofização” designa o processo de degradação que sofrem os lagos e outros corpos d’água quando excessivamente enriquecidos de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, que limitam a atividade biológica (BRANCO, 1971).

Em termos da Demanda Bioquímica de Oxigênio, nota-se a crescente contaminação das águas dos rios e dos lençóis freáticos, além dos transtornos causados pelo odor e pela concentração de gases de efeito estufa (FURTADO, 2007). Para conter este descaso, a Resolução n. 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu as condições e padrões de lançamentos de efluentes e de outras providências.

De acordo com a legislação vigente, o lançamento dos resíduos em cursos d’água somente pode ser feito após o tratamento dos mesmos, o que consiste na compatibilização da composição final ou remoção dos poluentes, de forma que tal procedimento não resulte em problemas ambientais tão acentuados (ITABORAHY, 1999).

Konzen (1983) afirmou que os dejetos de suínos são compostos por dejeções (fezes e urina), água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, cabelos e poeira decorrentes do processo criatório. A quantidade total de dejetos produzidos pelo suíno em determinada fase de seu desenvolvimento é um dado fundamental para o planejamento das instalações e equipamentos a serem utilizados para o transporte e distribuição do mesmo na lavoura. A quantidade e qualidade dos dejetos são afetadas por fatores zootécnicos (tamanho, sexo, raça e sistema de criação), ambientais (temperatura e umidade) e dietéticos como digestibilidade, conteúdo de fibra e proteína (DARTORA *et al.*, 1998).

O sistema de produção suinícola mais adotado no Brasil é o de integração com alguma empresa do segmento alimentício. Segundo Miele e Waquil (2007), neste sistema de produção, o produtor rural fornece a mão-de-obra, as despesas com energia, água e manejo dos dejetos, enquanto as empresas integradoras fornecem a ração, a assistência técnica, os medicamentos e outros insumos necessários, com o objetivo de manter seu contrato de exclusividade na aquisição do produto final. Em razão desse modelo adotado, a suinocultura do estado de Minas Gerais passou a exercer um grande papel econômico no setor agrícola do país, classificando-se como o quarto maior estado em quantidade de animais abatidos e o primeiro na região Sudeste, com 4.199.138 cabeças (IBGE, 2009).

A elaboração de um plano de uso para observar a concentração de nutrientes nos dejetos constitui-se em um outro valioso instrumento de auxílio ao cumprimento das legislações ambientais vigentes e à preservação ambiental (KONZEN, 2009).

### 2.3. Energia renovável

Segundo dados do Balanço Energético Nacional referente ao ano de 2004, as principais fontes de energia para o consumo no segmento agropecuário foram óleo diesel (58%), lenha (26%), energia elétrica (15%) e outros (1%) (BRASIL, 2005). No triênio 2002-2004, dados oficiais disponíveis mostraram elevação dos preços pagos pela energia, pois os preços do óleo diesel apresentaram aumento de 41%, da lenha aumento de 52% e da energia elétrica aumento de 36%, em média, nesse período.

O desenvolvimento e a implementação de alternativas tecnológicas com vistas à geração de energia a custos reduzidos podem gerar impactos socioeconômicos positivos. Uma das alternativas tecnológicas mais promissoras diz respeito ao aproveitamento da biomassa para geração de energia, que propicia uso mais racional dos recursos disponíveis na exploração agrícola, reduz a transferência de renda para outros agentes e diminui a dependência de fontes externas de energia. (ESPERANCINI *et al.*, 2007).

Atualmente a redução das reservas de carbono fóssil, juntamente com a crescente demanda energética da sociedade moderna, tem acarretado uma grande alta nos preços do petróleo, situação agravada em virtude das reservas mais importantes desse produto se concentrar em poucas regiões no mundo (ANGONESE *et al.*, 2006; FARRELL *et al.*, 2006).

Desde a década de 1960 o uso intensivo de energia não-renovável proporcionou conquistas imprescindíveis para a humanidade, porém, o surgimento de dificuldades complexas que, isoladas ou em cadeia, vêm causando alterações climáticas de forma irreversível. Desse modo, nasce a necessidade da redução das emissões de carbono para a atmosfera e a adoção de medidas emergenciais, como a utilização de fontes energéticas renováveis e limpas (KIM, 2006).

Várias são as fontes de energia renováveis existentes, mas a biomassa poderá ser uma alternativa viável. A ampliação da participação da biomassa a partir da utilização de fontes amiláceas na matriz energética é, entre outras, uma oportunidade de se executar, de modo sustentável, as políticas de cunho social, ambiental e econômico (CABELLO, 2006). A produção de etanol por fermentação de substratos amiláceos vem sendo objeto de pesquisas que buscam aperfeiçoar a conversão desses materiais de modo mais rápido e a custos reduzidos (SALLA *et al.*, 2007).

Nos anos 2000, o País apresentou uma matriz energética com significativa participação de energias renováveis a partir da cana-de-açúcar tendo acumulado importante experiência na produção de álcool como combustível (DANTAS NETO *et al.*, 2006).

Dentre as matérias primas vegetais fornecedoras de energia, o milho tem sido objeto de maiores investigações devido principalmente à sua presença no cenário econômico norte americano (GRAY *et al.*, 2006).

A análise de agroecossistemas sob a ótica de seus fluxos energéticos pode ser um instrumento para avaliação de balanço energético em sistemas de produção de suínos, e, segundo Mello (1986), está em fase de aperfeiçoamento. Os balanços energéticos são indicadores relacionadores de energia e constituem promissora abordagem técnica para se avaliar e investigar problemas relacionados à sustentabilidade e eficiência de sistemas agrícolas (GIAMPIETRO *et al.*, 1992).

Sistemas biointegrados podem maximizar o aproveitamento energético dos dejetos gerados pela suinocultura, dentro do próprio agroecossistema, reduzindo a contaminação exterior dos recursos naturais. (ANGONESE *et al.*, 2006).

#### **2.4. Biodigestores e o biogás**

A utilização de biodigestores contribui para a integração das atividades agropecuárias, aproveitando o esterco ao qual, normalmente, é dado pouco ou nenhum valor comercial, convertendo-o em duas bases para o desenvolvimento sustentável: em energia renovável e em fertilizante orgânico; com isto, proporciona aumentos na produção agrícola e energia para a transformação dos produtos, agregando valor, organizando a produção, aumentando a conservação e melhorando a logística de comercialização (FERNANDES; TESTEZLAF, 2002).

Uma das formas de tratamento de dejetos de suínos é a utilização de sistemas anaeróbios, que possui baixo consumo energético, baixa produção de sólidos e produção de biogás (SIEBENMORGENT *et al.*, 1988; SANTOS; LUCAS, 2004).

Dejetos gerados de suinoculturas apresentam elevado potencial de poluição mas, por outro lado, podem ser uma alternativa energética como fertilizante e, também, como alimento para outras espécies (OLIVEIRA, 1993). A utilização de biodigestores é uma alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos de suínos, o que permite a agregação de valor ao resíduo mediante a utilização do biogás produzido em sistemas de geração de energia e

calor, além de contribuir para uma rápida amortização dos custos da tecnologia instalada (SEIXAS, 1980). Um dos produtos resultantes do processo que ocorre dentro do biodigestor é o chamado biogás. Também chamado de gobar gás ou gás dos pântanos, o biogás é uma mistura de gases, com predominância de metano (CH<sub>4</sub>) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Também fazem parte dessa mistura o nitrogênio, o oxigênio, o hidrogênio e o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S). O sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), como também é chamado, é o gás que dá o odor pútrido característico do biogás (RANZI *et al.*, 2004).

A composição do biogás varia principalmente conforme a temperatura no interior do biodigestor, o resíduo com que é alimentado e o tempo de retenção hidráulica. O metano, que é o gás predominante na composição do biogás, é inodoro, insípido e incolor. Devido à presença do metano, o biogás é um gás inflamável, com valores caloríficos que variam conforme a porcentagem de metano. Com isso, é possível a utilização do biogás como substituto de muitos combustíveis (RANZI *et al.*, 2004).

O biogás pode ser usado em fogões, geladeiras, aquecedores, lampiões, ferros de passar roupa, refrigeradores, motores e geradores dentre muitos outros equipamentos que podem ser adaptados para funcionar com o biogás. Para o uso do biogás em motores e outros equipamentos, recomenda-se a retirada do H<sub>2</sub>S, que é corrosivo (RANZI *et al.*, 2004).

Em relação à produção de biogás cada metro cúbico de biomassa em digestão pode produzir, em média, 0,64 m<sup>3</sup> de biogás dia<sup>-1</sup>, sendo necessários de 20 a 30 dias para uma boa digestão dos dejetos (KONZEN, 1983).

Comitre (1995) salienta que, além de ser difícil determinar um padrão médio de edificações rurais, encontrar coeficientes energéticos compatíveis com a realidade rural brasileira representa uma tarefa extremamente difícil, mesmo assim, OLIVEIRA (2002), comparando o valor calórico contido em 1m<sup>3</sup> de diversas fontes de energia, apresenta o valor de 5.155 kcal para o biogás (65-70% de CH<sub>4</sub>), 7.931 kcal para o metano, 9.293 kcal para o gás natural, 19.446 kcal para propano e 24.561 kcal para o butano. O poder energético do esterco de suínos precisa ser considerado, pois 1 m<sup>3</sup> de esterco produz em torno de 0,5 m<sup>3</sup> de biogás e 1 m<sup>3</sup> de biogás é equivalente energético a 0,66 litros de diesel ou 0,70 litros de gasolina (OLIVEIRA, 1993).

Valores compreendidos entre 5,7 e 7,6 L por suíno por dia são constatados para suínos em faixa de peso de 57 a 97 kg; este volume de dejetos produzidos pode situar-se entre 10 e 8% da massa do animal (SEVRIN-REYSSAC *et al.*, 1995).

Em Uberlândia-MG, a fazenda Água Limpa, gera biogás através de biodigestores tubulares em uma área da fazenda e transporta o biogás gerado por um gasoduto de baixa pressão a uma distância de 11 km, onde gera energia elétrica para movimentar a agroindústria e a produção de ração da fazenda (REICHL, 2003).

Os balanços energéticos são indicadores relacionados a energia e constituem promissora abordagem técnica para se avaliar e investigar problemas relacionados à sustentabilidade e eficiência de sistemas agrícolas (GIAMPIETRO *et al.*, 1992). Zhang *et al.* (1990) em estudo realizado com dejetos de suínos, encontraram valor de 0,57 m<sup>3</sup> de biogás produzido a cada m<sup>3</sup> de biodigestores.

Quesada *et al.* (1987) obtiveram uma eficiência energética de 0,06, avaliando um sistema de produção de suínos no Rio Grande do Sul, mas se percebe que o estudo não apresenta sistema de tratamento com obtenção de biogás e os autores não consideraram a utilização dos fertilizantes. A possibilidade de integração de atividades dentro de uma mesma propriedade e aproveitamento total dos resíduos proporciona maior sustentabilidade, em termos de eficiência energética e ambiental. Outro ponto importante realce, é o avanço da tecnologia de produção de ração e o melhoramento genético dos animais, resultando numa conversão alimentar melhor, possibilitando desta forma, melhoria no índice energético.

O desenvolvimento do conhecimento sobre a digestão anaeróbia é um dos mais promissores no campo da biotecnologia, uma vez que é fundamental para promover, com grande eficiência, a degradação dos resíduos orgânicos que são gerados em grandes quantidades nas modernas atividades rurais e industriais. À medida que os sistemas de produção animal se intensificam e se modernizam, também se intensificam as necessidades energéticas e de tratamento dos resíduos (LUCAS JÚNIOR, 1987) .

Uma das possíveis medidas a serem tomadas visando à sustentabilidade do sistema, seria a possibilidade da produção, *in loco*, da alimentação dos animais que, para o atual modelo de criação, se depara com problemas técnicos relativos ao processo de produção das rações (ANGONESE *et al.*, 2006).

No estado de Minas Gerais, o primeiro modelo de biodigestor anaeróbio que atendia à comercialização das RCEs, teve início no ano de 2003, na região do Alto Paranaíba, na Fazenda Becker, localizada no município de Patos de Minas (KONZEN, 2005). Este projeto da Fazenda Becker foi o primeiro projeto de MDL aceito pela Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento deste estudo realizou-se uma Pesquisa Descritiva com abordagem qualitativa, utilizando como método de procedimento o estudo de caso em uma empresa rural na cidade de Uberlândia.

Segundo Andrade (2002), a pesquisa descritiva preocupa-se em observar os fatos, registrá-los, analisá-los, classificá-los e interpretá-los, e o pesquisador não interfere neles. Assim, os fenômenos do mundo físico e humano são estudados, mas não manipulados pelo pesquisador.

Justifica-se a utilização deste instrumento, ao fato do objetivo do estudo estar bem definido, os pesquisadores sabem exatamente o que pretendem com a pesquisa, como buscar as informações e como verificar a frequência com que elas ocorrem.

Para Beuren (2004), na pesquisa qualitativa concebem-se análises mais profundas em relação ao fenômeno que está sendo estudado. Além disso, abordar um problema qualitativamente pode ser uma forma adequada para conhecer a natureza de um fenômeno social.

Para Beuren (2004), este estudo é preferido pelos pesquisadores que desejam aprofundar seus conhecimentos a respeito de um determinado caso específico.

Para Yin (2005), os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Realizou-se a pesquisa na Fazenda Nossa Senhora das Graças durante o primeiro semestre de 2011. Os dados foram coletados por meio de entrevista não estruturada com o proprietário e com os funcionários de diversos setores da propriedade que sofrem influência dos biodigestores e observação direta das atividades da granja. A entrevista foi conduzida com perguntas direcionadas à sustentabilidade da atividade suinícola, sobre o planejamento administrativo, levando em consideração fatores ambientais, organização, lideranças, e controle bem como os benefícios diretos e indiretos dos biodigestores.

### **4. ANÁLISE DE RESULTADOS**

#### **4.1. Descrição da empresa**

A fazenda Nossa Senhora das Graças, localizada em Uberlândia – MG, de propriedade do Espólio de Maria Cristina Cury de Castro iniciou suas atividades na suinocultura em outubro de 1998. Atualmente em uma área de 302,4 ha a empresa conta com um quadro de 23 funcionários que residem no local, e possuem ampla qualidade de vida, como acesso a luz, telefone, transporte escolar, dentre outros.

No ano de 2003, atentos à questão ambiental e por enfrentar problemas com o forte odor das granjas que perturbavam a população dos bairros vizinhos, os quais, devido ao intenso crescimento periférico urbano, cada vez mais se aproximavam da propriedade, os proprietários iniciaram a instalação de biodigestores que tratariam os dejetos dos suínos gerando biogás que posteriormente seria transformado em energia elétrica e biofertilizante.

A propriedade conta também com uma pequena granja de aves, um rebanho leiteiro e uma área de cultivo de eucalipto, além de pomares e horta onde os produtos são todos utilizados na subsistência de funcionários e proprietários.

Atualmente a granja de suínos apresenta 03 módulos de produção de suinocultura para terminação, 05 galpões para creche, criados em integração com a empresa *Brasil Foods*, que é a fusão das empresas Sadia S.A. e Perdigão S.A.

#### **4.2. Sistema de integração**

O sistema de integração funciona da seguinte maneira: o produtor fornece a matéria-prima, parte do investimento (instalações, mão de obra operacional, manutenção) e o seu conhecimento prático. Já a indústria fornece a tecnologia que deve ser empregada na produção, os animais de alto valor genético, o alimento específico e a assistência técnica necessária ao produtor.

Teoricamente, parece perfeito e vantajoso para ambos os lados, mas nos últimos anos esta relação vem sofrendo um grande desgaste, principalmente por parte dos produtores. Segundo eles, as indústrias se aproveitam da sua força de mercado para se favorecer, redigindo contratos sem a opinião dos produtores, o que cria uma dependência das granjas com as empresas. Ou seja, sem fazer parte do sistema integrado, dificilmente o produtor consegue comercializar o seu produto (VIZZOTTO, 2011).

A produção de suínos é feita mediante acordo com a determinação da integradora. A Sadia é a única empresa brasileira que ainda divide o sistema de produção em 03 fases: Maternidade, Creche e Terminação.

A propriedade trabalha apenas com as fases de creche e terminação, sendo que na fase intermediária os leitões chegam à fazenda recém-desmamados e são recriados por cerca de 45 dias. Nestes galpões, o fundamental nos dez primeiros dias é recriar um ambiente similar com a convivência materna. Leitões que ingressam nas creches com média de 07 kg saem com cerca de 30kg e seguem para a fase de terminação, onde ficarão alojados por aproximadamente 120 dias, em regime de engorda, saindo prontos para o abate com peso em torno de 130kg.

#### **4.3. Processo de geração do biogás por meio dos biodigestores**

A utilização de biodigestores contribui para a integração das atividades agropecuárias, aproveitando o esterco ao qual, normalmente, é dado pouco ou nenhum valor comercial, convertendo-o em duas bases para o desenvolvimento sustentável: em energia renovável e em fertilizante orgânico; com isto, proporciona aumentos na produção agrícola e energia para a transformação dos produtos, agregando valor, organizando a produção, aumentando a conservação e melhorando a logística de comercialização (FERNANDES & TESTEZLAF, 2002).

O sistema de produção gera resíduos (biomassa) que o biodigestor transforma em metano que, por sua vez, é utilizado como combustível substituto da gasolina no motor que aciona o gerador. Segundo Zanandrea (2010), o biogás é gerado por meio da mistura gasosa, resultante da fermentação anaeróbia da matéria orgânica, proporcionada por certas bactérias anaeróbias, denominadas de bactérias metanogênicas. O biogás pode ser produzido artificialmente com a utilização de um equipamento denominado biodigestor anaeróbio, ou seja, o biodigestor. Conforme Coldebella (apud Zanandrea, 2010), o biogás é um produto da ação digestiva das bactérias metanogênicas, composto, principalmente, por gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ), embora apresente traços de nitrogênio (N), hidrogênio (H) e gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Ele se forma por intermédio da decomposição de matéria orgânica (biomassa) em condições anaeróbicas.

Os dejetos são conduzidos para o biodigestor, que é revestido com vinimanta de PVC. O biogás é transportado do biodigestor até o conjunto motor-gerador por tubulação que

contém pontos de purga d'água, para remoção de umidade que se desenvolve na digestão anaeróbia. Com o objetivo de evitar o efeito corrosivo do  $H_2S$ , são utilizados filtros de limalha de ferro.

A quantidade de biogás a ser produzida no biodigestor ( $Dbio$ ) é determinada pela degradação do dejetos. Segundo observações de campo (OLIVEIRA & HIGARASHI, 2006), o consumo do gerador ( $Cg$ ) pode variar entre 20 a 25  $m^3$  hora-1. No entanto, adotou-se o valor de 25  $m^3$  hora-1, para garantir uma margem de segurança na operação do biodigestor. O índice de eficiência de produção de biogás ( $k$ ) pode variar de 0,35 a 0,60  $m^3$  biogás  $m^3$  biomassa-1 de acordo com OLIVEIRA & HIGARASHI (2006) e KUNZ & OLIVEIRA (2006).

Após passar pelo biodigestor, o efluente é conduzido ao tanque de sedimentação, construído em alvenaria, de formato retangular, de profundidade crescente no sentido da saída do efluente, com capacidade de 800  $m^3$ , mas produzindo apenas 500  $m^3$ . Dispondo de duas saídas, uma de fundo, para retirada do lodo (biofertilizante) e outra superior, para saída da fração mais líquida, a estrutura ainda conta com uma bomba, com vazão de saída de 70.000 litros por hora e dois autopropelidos para fertirrigação.

O biofertilizante é o efluente gerado pela biodigestão que resulta da fermentação anaeróbia da biomassa de um biodigestor, é considerado um produto final de toda reação, e não somente um subproduto de grande importância para a agricultura.

#### **4.4. Visão dos funcionários**

De acordo com os funcionários, após a implantação do sistema de biodigestores, o trabalho deles reduziu, pois não é mais necessário todo o cuidado que antes tinham que tratar com os dejetos. Além disso, notou-se uma incrível redução do mau cheiro e das moscas que antes pairavam sobre o sistema de produção, tornando assim, o ambiente de trabalho muito mais agradável.

#### **4.5. Visão dos proprietários**

Segundo os proprietários a instalação do sistema de biodigestão foi extremamente benéfica porque se trata de um sistema de tratamento que atende a legislação da suinocultura, além de reduzir os problemas ecológicos que antes eram freqüentes.

Outro ponto em destaque foi a intensa melhoria na qualidade dos pastos, aproveitamento energético e principalmente a certeza da correta condução ambiental da propriedade.

#### **4.6. Benefícios ambientais e sociais**

O processo de geração de biogás proporcionou a propriedade diversos benefícios tanto sociais como ambientais, os quais são elencados a seguir:

- Gera energia para a manutenção da fazenda;
- Substituição do gás GLP, o qual pode ser usado para o aquecimento de água para banhos dos leitões nas creches;
- Poupa o meio ambiente da exploração de recursos naturais desnecessários;
- Substituição do óleo diesel para o funcionamento do motor utilizado na fertirrigação que antes consumia 100 litros de óleo diesel/dia, por um motor ecologicamente correto a base de biogás;
- Redução do mau cheiro causado pelos dejetos quando dispensados diretamente, sem tratamento, e obviamente, o fim da poluição do solo e águas superficiais e subterrâneas pelos dejetos;
- Redução das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para o desenvolvimento sustentável;
- O tratamento dos efluentes evita o contato humano com os resíduos e à proliferação de pragas e outras doenças correlacionadas à falta de saneamento básico.
- O uso do biofertilizante proporciona uma redução de gastos com adubação mineral e pode ser utilizado em diversas culturas, demonstrando resultados satisfatórios.

Além disso, a produção do biogás proporciona a substituição de toda energia elétrica consumida pela fazenda acarretando uma redução de custos para a empresa. Fazendo a equivalência de geração de energia elétrica, verificou-se que cada m<sup>3</sup> de biogás pode gerar 5,0 KWh de energia elétrica. Considerando que na fazenda são gerados 1.290.000 kg de dejetos

por mês, esta quantidade de dejetos equivale a uma produção aproximada de 375.000 KWh conforme apresentado no Tabela 1.

Tabela 1 - Potencial de geração de biogás e energia elétrica

m <sup>3</sup> biogás/dia x 5 tanques	m <sup>3</sup> biogás/mês	Energia elétrica (kWh)
2500	75000	375.000

Os resultados apresentados pela pesquisa constatou a viabilidade da transformação de dejetos em biogás e energia elétrica, tanto para os produtores de suínos, quanto para a região em que está inserida a cidade de Uberlândia, pois além dos benefícios ambientais e sociais, ele também proporciona retorno financeiro com a redução de custos com energia elétrica, adubação química, óleo diesel e GLP, atendendo, portanto, ao tripé da sustentabilidade.

## 5. CONCLUSÃO

O principal objetivo do trabalho foi apresentar como a geração de energia renovável por meio de biodigestores em uma fazenda de criação de suínos pode gerar benefícios ao meio ambiente. Para o desenvolvimento do trabalho realizou-se um estudo de caso em uma fazenda no município de Uberlândia, cuja atividade principal era a suinocultura.

Além da criação de suínos, a propriedade conta também com uma pequena granja de aves, um rebanho leiteiro e uma área de cultivo de eucalipto, além de pomares e horta onde os produtos são todos utilizados na subsistência de funcionários e proprietários.

Atentos à questão ambiental e por enfrentar problemas com o forte odor das granjas que perturbavam a população dos bairros vizinhos, os proprietários vislumbraram a possibilidade da instalação de biodigestores que tratariam os dejetos dos suínos gerando biogás que posteriormente transformaria em energia elétrica e biofertilizante.

A utilização de biodigestores contribui para a integração das atividades agropecuárias, aproveitando o esterco ao qual, normalmente, é dado pouco ou nenhum valor comercial, convertendo-o em duas bases para o desenvolvimento sustentável: em energia renovável e em fertilizante orgânico.

A partir deste processo, a geração do biogás proporcionou a fazenda benefícios sociais e ambientais, como: substituição do gás GLP, que pode ser usado para o aquecimento de água

para banhos e dos leitões nas creches; substituição do óleo diesel para o funcionamento do motor utilizado na fertirrigação que antes consumia 100 L de óleo diesel/dia por um motor ecologicamente correto a base de biogás; a redução do mau cheiro causado pelos dejetos quando dispensados diretamente, sem tratamento; e o fim da poluição do solo e águas superficiais e subterrâneas pelos dejetos.

Os resultados apresentados com este estudo contribuem para o desenvolvimento de alternativas de produção de energia renovável a partir da integração das atividades agrícolas. Além disso, existem hoje diversas alternativas tecnológicas de aproveitamento da biomassa para geração de energia, tecnicamente viáveis para a agricultura familiar. Uma das alternativas que vem despertando grande interesse é a tecnologia de biodigestão anaeróbia de resíduos dos animais, e particularmente de resíduos gerados com a criação animal, pela implantação de biodigestores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M.A. **Agroecology**: the scientific basis of alternative agriculture. Boulder: Westview Press, 1987. 285p
- ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E. ; MATSUO, M. S.;
- ÁVILA, M.L. et al. **Cidades, agronegócio e sustentabilidade**. Publicado no Seminário População, Pobreza e Desigualdade, realizado em Belo Horizonte-MG – Brasil, de 05 a 07 de novembro de 2007.
- BARBIERI, J.C. **Desenvolvimento e meio ambiente**: as estratégias de mudanças da agenda 21. Petrópolis: Vozes, 1997, p.23-45.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**. 2005. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2011
- CABELLO, C. Produtos derivados de fécula de mandioca-etanol. In: Workshop sobre Tecnologias em Agroindústrias de Tuberosas Tropicais, 4, 2006, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2006. p.02-06
- CAMINO R. de; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales**: bases para establecer indicadores. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Projeto IICA/GTZ, 1993. 134p. (Serie Documentos de Programas/IICA, 38)
- COMITRE, V. A questão energética e o padrão tecnológico da agricultura brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25, n.12, p.29-35, 1995.

- DARTORA, V.; PERDOMO, C.C.; TUMELERO, I.L. **Manejo de dejetos de suínos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 1998, 41p. (Boletim Informativo Pesquisa- EMBRAPA Suínos e Aves/Extensão EMATER/RS). Comunicado técnico, 268).
- ESPERANCINI, M.S.T. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do estado de São Paulo, **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.110-118, jan./abr. 2007
- FAETH, P. **Análisis económico de la sustentabilidad agrícola**. Agroecología y Desarrollo, Santiago, n.7, p.32-41, 1994
- FARRELL, A. E.; PLEVIN, R. J.; TURNER, B.T.; JONES, A. D.; O'HARE, M.; KAMMEN, D. M. Ethanol can contribute to energy and environmental goals. *Science*, v.311, p.506- 508, 2006
- FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.45-50, 2002
- FILHO, D. O.; TEIXEIRA, C. A.; RIBEIRO, M. C. Racionalização energética de uma estação de pressurização de um perímetro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.135-143, 2004
- FURTADO, P. G. **O Uso de biodigestores como opção rentável para o tratamento de dejetos de suínos**. Fortaleza, 2007. Disponível em: <http://www.pecnordeste.com.br/pec2008/pecnordeste/doc/suinocultura/Paulo%20Guilherme%20Furtado.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2011.
- GASPAR, R.M.B.L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo - PR**. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Estratégia Organizacional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003
- GIAMPIETRO, M.; CERRETELLI, G.; PIMENTEL, D. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.38, n.3, p.219-244, 1992
- GONÇALVES JUNIOR, C.A. et al. Um estudo das deliberações da Câmara Setorial do Açúcar e do Álcool, usando análise de correspondência. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v.47, n.1, p.183-210, 2009.
- GRAY, K. A.; ZHAO, L.; EMPTAGE, M. Bioethanol. **Current Opinion in Chemical Biology**, v.10, p.141-146, 2006

GUIVANT, J. S. Suinocultura e Poluição no Oeste de Santa Catarina: Os Desafios de Implementar uma Política Ambiental. **Raízes**, nº 16 dez/1997 Edição Especial

HERNANDEZ, D.I.M. **Efeitos da produção de etanol e biodiesel na produção agropecuária do Brasil**. 2008. 163f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Curso de Pós-graduação em Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Brasília, DF. Disponível em: <http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/1085/1/dissertacao2008DoraIsabelMHernandez.pdf>

HOLANDA, S. B. d. **Raízes do Brasil**. Rio: [de Janeiro] J. Olympio, 1936. ix, 176 p., 2 l. p. IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Net, Brasília, censo 2009. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/brasil\\_em\\_sintese/tabelas/habitacao.htm](http://www.ibge.gov.br/brasil_em_sintese/tabelas/habitacao.htm). Acesso em 10 abr. 2011

ITABORAHY, C.R. **Desempenho de sistemas estático e dinâmico com aguapé (Eichhornia crassipes) no tratamento de águas residuárias da suinocultura**. 1999. 65 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 1999

IWLA - Izaak Walton League of America. Coming to terms with sustainability. Gaithersburg: IWLA, 1997. 24 p

JÚNIOR, J. L.; GALBIATTI, J.A.; ORTOLANI, A.F. Produção de biogás a partir de estrume de ruminantes e monogástricos com e sem inóculo. In: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, 16., 1987, Jundiaí. **Resumos...** Jundiaí: DEA/IA/SBEA, 1987. p.65

KIM, S. D. B. E. Ethanol fuels: E10 or E85 e life cycle perspectives. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.11, n.2, p.21-117, 2006

KONZEN, E.A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA, 1983, 36p.(EMBRAPA Suínos e Aves, Circular Técnica, 6).

KONZEN, E. A. Aproveitamento energético e biogás: a experiência da suinocultura no tratamento de efluentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007, Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.abes.locaweb.com.br/XP/XPEasyPortal/Site/XPPortalPaginaShow.php?id=457>.

Acesso em: 10 abr. 2011.

KRAEMER, M.E.P. **Contabilidade Ambiental** – relatório para um futuro sustentável, responsável e transparente. GestioPolis, Bogotá-COL, mar. 2005. Disponível em <http://www.gestiopolis.com/Canales4/fin/relatorio.htm>. Acesso em: 16 jun. 2011.

MARTINE, G. e GARCIA, R. C. **Os Impactos sociais da modernização agrícola**. Editora Caetés: Distribuição, Editora Hucitec, 1987. 271 p.

- MELLO, R. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina.** Florianópolis: UFSC,1986. 139p. Dissertação Mestrado
- MIELE, M.; WAQUIL, P. D. Cadeia produtiva da carne suína no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, ano XVI, n. 1, 2007, p. 75-87. 2007. Disponível em: <http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/revistaAgricola/rpade2007/REv.%20Pol.%20Agr.%202001-2007.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2011.
- NETO, J. D.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. A. de; AZEVEDO, H. M. de; AZEVEDO, C. A. V. de. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.283-288, 200.
- OLIVEIRA, P.A, Programas eficientes de controle de dejetos na suinocultura, In: I Congresso latino americano de suinocultura, 143-158, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...Concórdia: EMBRAPA – Suínos e aves.**
- OLIVEIRA, P.A.V. (coord). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).
- PASCHOAL, A.D. Modelos sustentáveis de agricultura. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v.2, n.1, p.11-16, 1995.
- PAULILLO, L.F. et al. Análise da competitividade das cadeias de agroenergia no Brasil. In: BUAINAIN, A.M.; BATALHA, M.O. (Coord.). Análise da competitividade das cadeias agroindustriais brasileiras. São Carlos, SP: DEP-UFSCAR/ IE-UNICAMP, 2006. 119p
- PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. O.; KUNZ, A. **Sistema de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83 p. (Documentos, 85).
- PEREIRA, S. M; LOBO, D. S.; JÚNIOR., W. F. R.; Custos e análise de investimento para transporte de dejetos suínos com posterior geração de bioenergia no município de Toledo-PR. **Custos e Agronegócio on line** - v. 5, n. 2 - Mai/Ago - 2009. Disponível em [www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br) Acesso em 25 mai 2011.
- QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P. Balanços energéticos uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v.39, n.1, p.20-28, 1987.
- RANZI, T. J. D.; ANDRADE, M. A. N. Estudo de viabilidade de transformação de esterqueiras e bioesterqueiras para dejetos de suínos em biodigestores rurais visando o aproveitamento do biofertilizante e do biogás. In: Encontro de energia no meio rural e geração

distribuída, 5., 2004, Campinas. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004. 1 CD-ROM.

REICHL, J. Agroindústria vai utilizar o biogás. Uberlândia: **Jornal Correio**, 04/05/2003. p.A8. il.

SALLA, D. A.; FURLANETO, F. P. B.; CABELLO, C.; KANTHACK, R. A. D. Análise energética das operações de cultivo da mandioca no Médio Paranapanema, Estado de São Paulo (*Manihot esculenta* Crantz ). In: Congresso Brasileiro da Mandioca, 12, 2007, Paranavaí. **Anais...** Paranavaí: CERAT, 2007. CD-Rom

SANTOS, T. M. B.; LUCAS J. J. Balanço energético em galpão de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.1, p.25-36, 2004.

SEIXAS, J. **Construção e Funcionamento de Biodigestores**, Brasília, EMBRAPA - DID, 1980. 60p. (EMBRAPA - CPAC. Circular técnica, 4).

SEVRIN-REYSSAC, J.; LA NOÛE, J.; PROULX, D. Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Paris: Lavoisier. 118p. 1995. **Éditions Technique & Documentation**.

SHIKI, S. Sustentabilidade do sistema agroalimentar nos cerrados: em busca de uma abordagem incluyente. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v.2, n.1, p.17-30, 1995

SIEBENMORGENT, T. J.; SCHULTE, D. D.; BALLARD, J. L. Integration of a cogeneration system into a swine operation: 1. Model development and system description. **Transactions of the ASAE**, v.31, n.5, p.1556-1565, 1988.

SILVA, P.R. Estudo das características dos resíduos das instalações de confinamento de suínos. In: Congresso brasileiro de engenharia sanitária, 7., 1973, salvador. **anais...salvador: associação brasileira de engenharia sanitária**, 1973. p.1-18.

TAKITANE, I. C. & SOUZA.M. C. M. Produção de suínos no Brasil: impactos ambientais e sustentabilidade. **Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**, Foz do Iguaçu, 1999.

URQUIAGA, A.; ALVES, B. J. R.; BOODEY, R. M. Produção de biocombustíveis: a questão do balanço energético. **Política Agrícola**, v.14, n.1, p.42-46, 2005.

VILELA, D.; ARAÚJO, P.M.M. **Contribuições das câmaras setoriais e temáticas à formulação de políticas públicas e privadas para o agronegócio**. Brasília, DF: MAPA/SE/CGAC, 2006. 496p

VIZZOTTO, R. Em busca da Integração Perdida. **Revista Suinocultura Industrial**, nº 1/2011, ed. 238.

WCED - **World Commission on Environment and Development**. Our common future. Oxford: Oxford University Press, 1987. 400p

ZHANG, R. H.; NORTH, J. R.; DAY, D. L. Operation of a field scale anaerobic digester on a swine farm. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.6, n.6, p.771-776, 1990.