

UNIVERSIDADE
BRASIL

Reaproveitamento energético dos resíduos da suinocultura na Universidade Brasil - Fernandópolis - SP

Energy reuse of pig farming waste at Brazil University –
Fernandópolis - SP

RESUMO

A atividade suínica gera elevada quantidade de dejetos que, dispostos inadequadamente, provocam largos impactos ao ambiente. Uma solução pode ser a utilização desses dejetos como fonte alternativa de energia, por meio do reaproveitamento energético do biogás gerado em sua decomposição. Estudar a viabilidade inicial de implementação de um sistema para o reaproveitamento energético dos resíduos da suinocultura na Universidade Brasil, Campus Fernandópolis – SP, objetivou a presente pesquisa. Estudo comparativo, de caráter não experimental, pautou-se em publicações científicas e especializadas, na coleta, obtenção e análise de dados locais por observação. Adotando-se índices médios de produção de biogás foi possível identificar que um suíno alojado produz cerca de 10,9 L/dia de resíduos, com um potencial de geração de 0,08 m³/dia/animal de biogás. 200 suínos na fase de crescimento/terminação produziram 2.180 L/dia de resíduos, o que resultaria no equivalente em biogás a 0,03 kg/dia/animal de gás de cozinha (GLP) ou 0,08 kWh/dia/animal em energia elétrica (kWh). Essa equivalência totaliza 16m³/dia de Biogás (6kg/dia de GLP ou 16 kWh/dia de eletricidade). Em um mês seriam 13 botijões de 13 kg de GPL ou 480 kWh de energia elétrica. Sob essa óptica a utilização de biodigestores pode ser uma solução viável para tratar esses dejetos. A quantidade de dejetos produzidos, composição, clima, tipo de confinamento, eficiência do biodigestor e correto manejo são variáveis essenciais à boa operação do sistema, que, mostra-se promissor como uma possível alternativa, sendo necessários estudos mais aprofundados quanto aos valores de investimento em equipamentos e infraestruturas complementares.

Palavras-chave: Energia; Biogás; Produção; Viabilidade.

ABSTRACT

Pig farming generates a large amount of waste, which, if improperly disposed of, has a significant impact on the environment. One solution could be to use this waste as an alternative source of energy, by reusing the biogas generated during decomposition. The aim of this research is to investigate the initial feasibility of implementing a system for the energy reuse of pig farming waste at Universidade Brasil, Campus Fernandópolis – SP. This is a comparative, non-experimental study based on scientific and specialized publications, as well as on the collection and analysis of local data by observation. By using average biogas production rates, it was possible to identify that one housed pig produces around 10.9 L/day of waste, with the potential to generate 0.08 m³/day/animal of biogas. Two hundred pigs in the growth and termination phase would produce 2,180 L/day of waste, which would result in the biogas equivalent of 0.03 kilogram/day/animal of cooking gas (LPG), or 0.08 kWh/day/animal of electric power (kWh). This equivalence totals 16 m³/day of biogas (6 kilograms/day of LPG, or 16 kWh/day of electric power). In one month, that would correspond to thirteen 13-kilogram LPG cylinders, or 480 kWh of electric power. From this perspective, the use of biodigesters could be a viable solution for treating this waste. The amount of waste produced, its composition, the climate, the type of confinement, the efficiency of the biodigester, and its correct management are all essential variables for the system to operate properly, which is showing promise as a possible alternative. However, further in-depth studies are needed on the investment values of complementary equipment and infrastructure.

Keywords: Energy; Biogas; Production; Feasibility.

Maysa Procópio da Silva

<https://orcid.org/0009-0008-9675-3686>
Universidade Brasil, Fernandópolis, São Paulo, Brasil

Evandro Roberto Tagliaferro

<https://orcid.org/0000-0003-2557-031X>
Universidade Brasil, Fernandópolis, São Paulo, Brasil

**Autor correspondente*



1 Introdução

Os dejetos dos suínos foram considerados, no decorrer da história, como originadores de colossais fontes de poluição, tendo como característica o acúmulo de animais em pequenas áreas, com o objetivo de alcançar o consumo interno e externo de carne, produtos, subprodutos e derivados. Como consequência, a poluição hídrica, originada nos dejetos, caracterizada pela presença de grande quantidade de carga orgânica e coliformes fecais, acrescida das dificuldades dos resíduos industriais e domésticos vem causando preocupações ambientais, como a degradação dos recursos naturais renováveis, em especial a água. Com intuito de tentar amenizar esses impactos a utilização do biogás se tornou uma possibilidade para a mitigação desses problemas ambientais (EMBRAPA/CNPQA, 1994).

A poluição oriunda dos dejetos dos suínos pode ser remodelada em fonte de capital, onde essa poluição torna-se fabricante de energia, tanto para si própria quanto para terceiros. Vale ressaltar que essa energia a ser produzida é limpa, não se esgota e é renovável. A necessidade de buscar novas fontes de energia elétrica renovável vem aumentando constantemente em todo o mundo (Silva; Francisco, 2010).

A ânsia pelo biogás exacerbou-se entre 1970 e 1980 no Brasil, principalmente entre os suinocultores. A estimulação para a implantação de biodigestores aconteceu principalmente através de programas governamentais com intuito da geração de energia e a fabricação de biofertilizante, reduzindo assim o impacto ambiental (Kunz, 2005 Oliveira, 2005).

O biodigestor se estrutura resumidamente em uma câmara lacrada onde a biomassa é convertida pelas bactérias, excluindo o oxigênio (digestão anaeróbica). Consequentemente a fermentação faz com que ocorra a transmissão do biogás e a geração de biofertilizantes. No mercado encontram-se inúmeros modelos de biodigestores que se baseiam, à grosso modo, em um tanque, com intuito de guardar e permitir a conversão da biomassa, e o gasômetro (campânula), que serve para a armazenagem do biogás. Os biodigestores mais utilizados são o canadense, chinês e indiano (Gaspar, 2003).

A produção de eletricidade oriunda do biogás não necessita de condições climáticas, o que não acontece na geração de energia solar e eólica. O biogás, quando manuseado corretamente é inerentemente simples, não apresentando riscos à vida humana e nem para o meio ambiente. A utilização de biogás em propulsores de combustão interna é exercida em algumas usinas geradoras de energia (Baggio, 2017).

As referências de projetos disponíveis são replicados da literatura estrangeira e até mesmo adaptações de outras fontes de resíduos para a suinocultura. Algumas questões estão interligadas a este quadro como: escassez de formação pessoal, falta de orientação técnica e a inexistência de controle



ambiental por órgãos responsáveis, embora haja acesso a legislações avançadas (Silva, 2010).

O mecanismo de decomposição anaeróbica é um sistema composto predominantemente pelo metano (50%-70%) e CO₂. Os gases que foram capturados e acondicionados em nichos denominados gasômetros irão ser utilizados para a queima ou uma posterior utilização.

Segundo a Clean Energy (2004), o biogás é adquirido através da fermentação dos resíduos sólidos tendo uma aptidão calórica que varia entre 5000 a 7000 kcal/m³, alterando-se de acordo com o nível de metano. Caso o biogás seja elevadamente purificado, pode gerar uma quantidade de 12000 kcal/m³.

A pesquisa objetivou estudar a viabilidade inicial para a implementação de um sistema para o reaproveitamento energético dos resíduos da suinocultura na Universidade Brasil, Campus Fernandópolis – SP, com intuito de obter informações sobre os resíduos/dejetos dos suínos, métodos de obtenção de biogás por meio de biodigestores e sua conversão em energia, contribuindo, ainda, para com a redução da emissão de gases do efeito estufa, destinação correta dos dejetos animais, redução de esterqueiras e propagação de moscas, consequentemente ocasionando uma melhoria no ambiente e seu entorno.

2 Materiais e Métodos

Estudo descritivo, dedutivo, bibliográfico, de abordagem qualitativa, natureza comparativa, de caráter não experimental, se debruçou na investigação do reaproveitamento energético de dejetos da suinocultura, diante da circunstância da matriz elétrica e da pecuária brasileira, com intuito de obter informações factuais sobre os resíduos/dejetos dos suínos, métodos de obtenção de biogás por meio de biodigestores e sua conversão em energia.

O levantamento bibliográfico deu início às atividades de pesquisa, por meio da coleta e análise de dados em publicações especializadas, livros, periódicos e artigos científicos. Na sequência, foram obtidas informações, por observação, da atividade de suinocultura, geração de resíduos/dejetos e potencial para conversão energética. Os dados levantados foram descritos e analisados.

Todas as informações foram sistematicamente confrontadas com o material bibliográfico selecionado, traçados paralelos com a bibliografia técnica específica e outras relativas aos temas abordados, sobretudo aquelas descritas pelas áreas da engenharia, economia, medicina veterinária e meio ambiente.

Os resultados contribuem para o entendimento quanto à possível implantação inicial de um sistema de reaproveitamento energético dos dejetos da suinocultura na Universidade Brasil, Campi Fernandópolis - SP.



3 Resultados e Discussão

3.1. Reaproveitamento Energético

A tecnologia empregada para o reaproveitamento da energia oriunda da biomassa, como a digestão anaeróbica, elaborada, sobretudo com o intuito de melhorar resíduos e efluentes biológicos, está se tornando gradativamente mais aplicada por anuir o reestabelecimento da energia por meio do biogás, também prevenindo e remediando a poluição ambiental (IEA, 2005).

A principal colaboração deste sistema são os dejetos gerados nas propriedades, que ao passarem por um processo cheguem à produção do biogás, ademais utilização destes resíduos como fertilizantes. O gás metano (CH₄) presente na formação do biogás, obtendo um poder calorífico que varia entre 5.000 a 7.000 Kcal por metro cúbico, podendo chegar a 12.000 Kcal por metro cúbico, outrora que tenha suprimido todo o gás carbônico da mistura, gerando assim, uma energia mais barata, e maior aproveitamento dos dejetos, não compactuando com sua liberação no meio ambiente (Batista, 1981).

Na tabela 1 identifica-se a competência de produção do biogás e a concentração de metano, por espécie animal. Percebe-se que os resíduos dos suínos apresentam maior rendimento, em torno de 560 m³ de biogás, com uma taxa de gás metano de 50%, validando que a fabricação do biogás através dos resíduos de suínos é maior do que outros dejetos mencionados. Vale evidenciar que a elaboração de CH₄ pode mudar de acordo com as espécies diante sua alimentação, uma vez que indivíduos confinados propendem a produzir elevadas quantidades de CH₄ (Colatto; Langer, 2012).

Tabela 1. Perspectiva de produção de biogás por biomassa

Biomassa utilizada (dejetos)	Produção de Biogás (a partir de material seco em m ³ .t ⁻¹)	Percentual de gás metano produzido
Bovinos	270	55%
Suínos	560	50%
Equinos	260	Variável
Ovinos	250	50%
Aves	285	Variável

Fonte: Colatto; Langer (2012)

Se os microrganismos obtiverem êxito no processo, o biogás é alcançado com misturas de 60 ou 65% do volume total contendo metano, à medida que 35 ou 40% demais consistirem especialmente, em gás carbônico e quantidades menores de outros gases (Seixas et al., 1980).

De acordo com Oliveira (2004), na região Oeste, a geração média de energia detendo da fonte de biogás é em torno de 600 a 1800 kWh/mês, assim sendo, os benefícios conferidos aos biodigestores, indo desde a conservação de recursos locais, integração de valores econômicos nas propriedades,



decrecentes custos com energia elétrica até a auto independência em energia elétrica da propriedade.

3.1.1. Digestão Anaeróbica

A digestão anaeróbica é caracterizada por um processo que muda a matéria orgânica em uma fonte de energia, podendo ser o biogás e o metano, preservando os nutrientes. Esta conversão acontece em condições anóxicas/anaeróbicas, por ato coordenado e independente de uma população de bactérias (Carneiro, 2013).

É composta por quatro etapas, sendo a primeira etapa a hidrólise, equivalente a decomposição de resíduos orgânicos, particularmente como proteínas, gorduras, ácidos graxos, açúcares e carboidratos (Rohstofee, 2010). A segunda fase, denominada acidogênese, onde as bactérias têm o encargo de converter-se em compostos oriundos da primeira etapa em aminoácidos, glicose e ácidos gordos e voláteis até mesmo em ácidos orgânicos (Fritsch; Hartmeir; Chang, 2008).

Na terceira etapa, conhecida como acetogênese, bactérias revertem ácidos que foram gerados na terceira etapa em dióxido de carbono e acetato (Zheng et al., 2009). A última parte do processo é a metanogênese que é responsável por transformar acetato e o dióxido de carbono em metano, derivando assim o biogás (Carneiro, 2013).

Vários são os protótipos de biodigestores, mas, usualmente, são constituídos de um recipiente (tanque) para armazenar e dar início à digestão da biomassa e o gasômetro (campânula) para abrigar o biogás (Gaspar, 2003).

O modelo horizontal canadense tem sua preparação realizada em uma caixa de carregamento dos dejetos em alvenaria, tendo sua largura maior que sua profundidade, proporcionando maior exposição solar, possibilitando uma elevada produção de biogás. O protótipo indiano tem como característica uma campânula como gasômetro, na qual, pode estar imerso sobre a biomassa em fermentação ou num selo de água externo. E o modelo chinês é constituído por uma câmara cilíndrica em alvenaria para a fermentação, com o teto impermeável, designado ao armazenamento do biogás (Silva; Sà, 2019).

3.1.2. Biogás

O biogás é um composto gasoso formado essencialmente por gás carbônico e metano, que é originado por uma ação biológica de decomposição da matéria orgânica, mediante a digestão anaeróbica. É um biocombustível composto em quantidades menores de gás sulfídrico (H₂S), azoto (NH₃, N₂) e vapor de água; sendo necessário remover estes compostos para a utilização do biogás (Friehe; Weiland; Schattauer, 2009).

Fundamentado por Weiland (2009), a execução do biogás decorrente da digestão anaeróbica,



apresenta consideráveis vantagens em relação a outras formas de produção da bioenergia. O desenvolvimento de energia mediante o biogás diminui radicalmente a emissão de GEE se comparada aos combustíveis fósseis. Além de que, a queima do combustível altera o metano em dióxido de carbono, o qual é 23 vezes menos poluente, no que diz respeito aos impactos sobre mudanças climáticas.

A produção do biogás de resíduos de animais depende, além da temperatura, pH, alcalinidade e do manejo adotado, também da própria particularidade do resíduo, que se torna substrato para o desenvolvimento dos microrganismos no biodigestor. A capacidade na geração de biogás está ligada a inúmeros fatores, como a dieta dos animais, sistema digestivo, que fazem com que a potencialidade seja distinta na produção do biogás (Zheng et al., 2009).

Uma possibilidade de conversão do biogás é o biometano, que depois de um processo tecnológico de purificação e concentração em CH₄, mostrando perspectivas da utilização como combustível veicular e para a injeção na rede de gás natural (Zheng et al., 2009).

A geração de energia elétrica a partir do biogás como combustível é capaz de ser dividida nas consecutivas tecnologias: - Conjunto Gerador de Eletricidade – Contém um motor de combustão interna de Ciclo de Otto, que pode ser a base de álcool, gasolina ou diesel; sendo ajustado para o uso do biogás como combustível, agregado a um gerador de energia autônomo da rede de energia elétrica local. - Conjunto Gerador Economizador de Eletricidade – Integra um motor de combustão interna Ciclo de Otto (álcool, gasolina ou diesel) adaptado para a utilização do biogás como combustível, fixado a um motor assíncrono, de dois ou quatro polos, passando a gerar a energia ao ser conectado à rede de energia elétrica local (Oliveira, 2004).

3.1.3. Biofertilizantes

A produção de suínos origina enormes quantidades de dejetos que podem ser reaproveitados, por ter teores significativos de N e P, podendo-se melhorar as características físicas e propriedades químicas e biológicas do solo por exemplo (Scherer et al., 2007).

Esta criação está se transformando para a sustentabilidade dos agroecossistemas, sendo necessário a realização do tratamento correto dos dejetos suínos, voltando a se inserir nos sistemas de produção (Diesel et al., 2002).

Os resíduos orgânicos da suinocultura, é constituído pelas fezes, ração, urina, pelos dos animais, água e pó originados do desperdício dos comedouros e bebedouros (Gonçalves Júnior et al, 2008).

Quando coletados e armazenados no biodigestor, os resíduos brutos passam pela conversão bioquímica pela atividade dos microrganismos que operam a anaerobiose (Cortez et al., 2008), modificando os compostos orgânicos em substâncias com disposições mais simples, como dióxido de



carbono, água, metano e o biofertilizante.

Para Scherer et al. (2007), descreveram a probabilidade da utilização do biofertilizante suíno como adubo orgânico, para a concepção de plantas, isso devido aos teores elevados de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, mostrando-se como um potencial provedor de nutrientes para o crescimento das plantas.

A combinação dos elementos de diferentes sistemas, auxilia na preservação do meio ambiente e ser referência no ciclo de reciclagem, onde o resíduo de uma atividade (exemplo: produção de suíno) se torna um insumo de outra atividade produtiva (exemplo: lavoura), tornando-se uma alternativa em potencial para o incremento e diminuição de custos com adubação mineral na pecuária, principalmente para os produtores de pequenas propriedades rurais (Bezerra et al., 2008).

Uma alternativa para o tratamento adequado dos dejetos, com obtenção de biofertilizante e biogás, é a compostagem, que se constitui em um processo de decomposição biológica dos dejetos orgânicos, derivada de uma população de microrganismos em condições apropriadas de temperatura, umidade e aerobiose. Após as fases de degradação e maturação este processo oferece um item estável e rico em matéria orgânica (biofertilizante) que pode ser classificado como adubo orgânico (fertilizante) ou composto orgânico (regenerador de solo) (ABNT, 1996).

Durante o processo de compostagem há a geração de biogás que pode ser capturado em estruturas e com equipamentos especiais e utilizado como combustível junto aos sistemas de reaproveitamento energético (Bezerra et al., 2008).

3.1.4. Suinocultura

A cadeia produtiva de suínos é de extrema importância no desenvolvimento financeiro e social de vários estados brasileiros. Visto a exigência que vem surgindo do mercado, os produtores de suínos têm sido impulsionados a buscarem novas tecnologias que tenham custo de produção menores, não necessite de altos investimentos e que tenha ótimos índices de produtividade.

O sistema de criação ao ar livre (Siscal) é uma alternativa econômica viável, que promove o bem-estar e saúde animal, melhora a reciclagem dos compostos das fezes e urinas, não implicando na poluição do ambiente. Em controvérsia a compactação e erosão laminar nas áreas (Stevenson, 1997).

No país a produção de suínos é referente as características da capital e regiões. De acordo com Sá et al. (2008) não há um sistema de criação pré-determinado, mas sim, a criação das espécies nos mais diferentes sistemas. Os sistemas de produção de suínos são classificados em 4 tipos: Sistema Extensivo ou solto, Sistema Semi-Extensivo, Sistema Intensivo de Suínos Criados Ao Ar Livre (SISCAL) e Sistema Intensivo de Suínos confinados.



O sistema extensivo ou à solta é caracterizado por pequenas criações sendo para subsistência, voltada para o consumo próprio com baixo índice tecnológico. No sistema semi-extensivo os produtores têm um conhecimento maior sobre a suinocultura, é caracterizado pelas instalações que protegem contra fatores climáticos e piquetes. Os animais são selecionados de acordo com idade, sexo e o manejo de reprodução é realizado após a seleção dos animais do plantel (Solerro, 2006).

O sistema intensivo de suínos criados ao ar livre é uma possibilidade para quem está ingressando na área ou quer aumentar a produção e não tem recursos financeiros suficientes. Dalla Costa (2001) diz que a particularidade do SISCAL é a apresentação satisfatória do desempenho, juntamente com o baixo custo de implantação. O ponto chave está interligado na presença dos animais no piquete com vegetação adequada nas fases de reprodução, maternidade e creche. É válido mencionar que os equipamentos no SISCAL apresentam pouca durabilidade. Neste modelo de criação a alimentação é intercalada com ração e pastagem tornando-a mais econômica.

E por último o sistema intensivo de suínos confinados, que busca atingir o maior índice de produtividade em um curto período de tempo. Os suínos são confinados com alimentação balanceada para cada fase de crescimento, mão-de-obra adequada e assistência profissional. O melhoramento genético é implantado em todo plantel, otimizando a produção. Todas as atividades que irão ser desenvolvidas são planejadas com antecedência. A desvantagem desta criação é a quantidade de dejetos que são produzidas e o bem-estar animal.

O Ciclo Completo (CC) abrange todas as fases da produção de suínos, iniciando pela aquisição do material genético até o momento da entrega dos animais para o abate no frigorífico. A Unidade Produtora de Leitões (UPL) gera os leitões até a sua saída da creche; a Unidade de Terminação (UT) adquire os leitões de uma UPL e encarrega-se pelas etapas de crescimento e de terminação (Amaral et al., 2006).

A geração de proteína suína brasileira é predominantemente designada ao consumo doméstico. No ano de 2015, 84,8% da produção foi agregada ao mercado interno. Ainda que o Brasil seja o quarto maior exportador, o volume que é exportado retrata 8% apenas do total transacionado mundialmente (Ramos, 2016).

É visível a importância social da suinocultura, já que em 2006, 85% das granjas mais de 1,27 milhões de suínos são classificados como agricultura familiar. Evidencia uma atividade que influencia a colocação do homem no campo, gerando mais empregos em toda a cadeia produtiva (IBGE, 2006).

3.1.5. Geração de dejetos na Suinocultura e seus impactos

A produção em alta escala da suinocultura e a alta concentração de animais por área, produz um volume significativo de resíduos. Seus maiores poluentes são o nitrogênio (N), fosforo (P), e metais



pesado, como zinco e cobre, ademais os microrganismos fecais patogênicos (Cools et al., 2001 apud Fernandes, 2012). A manipulação inadequada dos dejetos, provoca sérios problemas ambientais sobre a água, a terra e o ar.

Um das primordiais aplicações dos resíduos suínos é a fertilização agrícola do solo. Porém, essa atividade, sem o acompanhamento correto de um profissional, eleva o risco de poluição do meio ambiente, pela infiltração do nitrogênio no solo e do escurrimento do fósforo (Oliveira, 2005).

As esterqueiras para o depósito dos dejetos dos suínos é uma possibilidade de baixo valor para evitar que os resíduos se infiltrem no solo contaminando os recursos hídricos. A esterqueira viabiliza a fermentação do esterco, diminuindo o seu índice de poluir, permitindo o aproveitamento após trinta dias de fermentação como adubos para as lavouras. Outra vantagem dessa ação é o período de curtimento, a elevada temperatura que provém da fermentação, destruindo a grande parte de pragas e germes causadores de doenças (Freitas, 2008).

A estrutura é similar a um tanque grande, onde os resíduos são dispostos em torno de cento e vinte dias. Durante a fase de armazenamento, o resíduo sofre a degradação anaeróbia, por isso as esterqueiras têm a profundidade mínima de 2,5 m, tendo potencial de liberar gases que são responsáveis pelos odores, em especial nos meses de verão, pois, a elevação da temperatura ambiente facilita a atividade biológica e a volatilização de gases. O abastecimento da esterqueira pode acontecer diariamente ou quando os resíduos estão maturados, sendo utilizados para fertilização do solo (Kunz, 2005).

O manejo incorreto dos resíduos de suínos leva uma produção exacerbada de moscas. As espécies de alta prevalência é a mosca doméstica e a mosca dos estábulos, além das varejeiras. Um dos problemas ocasionados pelas moscas é como elas se alimentam, as que se criam no esterco só se alimentam de líquidos, conseqüentemente preferem secreções e líquidos do corpo dos animais, como feridas. As moscas ocasionam incomodo e são eficazes na disseminação de bactérias, vírus, ovos e larvas de helmintos. Disseminam as doenças de cinco formas: 1. Peças bucais; 2. Próprio vômito; 3. Pelos do corpo; 4. Nas partes pegajosas das patas; 5. Através das fezes (Harwood; James, 1979).

As moscas criam e andam sobre o esterco, sobrevoando as instalações e se alimentam sobre as porcas, suas secreções e restos de leites que ficam sobre os tetos. Como sequela, os leitões vão se infectar ao mamar, podendo conter agentes infecciosos como a diarreia. Tornando-se ineficaz o processo de desinfecção do ambiente.

O nível do biogás gerado é variável de acordo com elementos zootécnicos (tamanho, peso e raça), ambiental (temperatura e umidade), e dietéticos (digestibilidade, conteúdo de fibra e vitaminas). Um animal produz geralmente sete litros de resíduos por dia, o que mostra a geração de esgoto de cinco pessoas (Perdomo, 1998).



Na Tabela 2 é possível observar o volume e as fontes de diluição dos dejetos. Fica evidente que a urina e fezes constituem os maiores volumes de dejetos, posteriormente a água de higiene e após a perda de bebedouros.

Tabela 2. Volume e fontes de dejetos

Categoria dos suínos	Fezes e urina (L/dia)	Água de higiene (L/dia)	Perda de bebedouros (L/dia)	Total (L/dia)
Unidade de produção de leitões (matriz alojada)	19,0	16,0	7,9	42,9
Unidade de terminação (suíno alojada)	6,8	2,8	1,3	10,9
Unidade de ciclo completo (matriz alojada)	55,0	32,0	15,5	102,5

Fonte: Oliveira (2005)

A Tabela 3 apresenta a geração de dejetos nas diferentes etapas do sistema de produção. O ápice da produção ocorreu durante a fase de lactação, gerando 18 kg/dia de esterco e urina, sendo produzidos 27 litros de dejetos líquidos.

Tabela 3. Geração de dejetos nas diferentes fases de produção

Categoria animal	Esterco + urina (kg/dia)	Dejetos líquidos (L/dia)
Suínos	4,90	7,0
Porca – gestação	11,00	16,0
Porca – lactação + leitões	18,00	27,0
Cachaço	6,00	9,0
Leitões na creche	0,95	1,4

Fonte: Konzen (1983)

A emissão dos gases voláteis pelas fezes e urina de suínos gera um impacto. De acordo com Lopes, Filho e Alves (2013), carbamato de amônia, que é um composto dos dejetos, apresenta odor desagradável e com alta capacidade de se dissociar nos gases de amônia e dióxido de carbono. Tendo impacto direto no conforto da população, na forma de maus odores e proliferação de insetos.

A amônia sobretudo também pode favorecer a chuva ácida, que tem interferência tóxicas sobre a água e solo. O dióxido de carbono é um dos gases que atuam na geração do efeito estufa, intensificando o aquecimento global (Genova, 2015). Além do dióxido de carbono o metano é um subproduto da



decomposição anaeróbia que causa impacto ambiental. Segundo Lopes, Filho e Alves (2013), é um gás que é 21 vezes mais potente que ocasiona o efeito estufa, se comparado ao gás carbônico.

Os sistemas de confinamento favoreceram a utilização de medidas de manejo dos dejetos na forma líquida, o que fez que se tornasse um agravatório para adversidades de captação, armazenagem, tratamento, transporte e distribuição dos dejetos. Por consequência, a habilidade poluidora oriunda da suinocultura foi intensificada, se mostrando necessário o manejo correto dos seus resíduos.

3.2. Reaproveitamento energético na Suinocultura

No interior do biodigestor acontece a biodigestão anaeróbia, processo de degradação da matéria orgânica, apresentando o biogás e o fertilizante como produto final. O biodigestor consegue eliminar até 80% da carga orgânica dos resíduos, diminuindo os microrganismos que causam doenças (Schultz, 2007).

Os resíduos suínos apresentam a biomassa com maior rendimento de biogás/tonelada, mensurando cerca de 560 m³ de biogás, evidenciando um bom índice de gás metano (50%). Como matéria-prima a geração de 1m³ de biogás é necessário apenas 12 kg de dejetos, sendo assim, se um animal produzir em média de 2,19 kg de dejetos/dia, serão necessários em média 5 animais para gerar 12 kg/diários de dejetos, conseqüentemente a produção de 1m³ de biogás (Schultz, 2007).

Para produzir 130 h kWh é ideal o poder calorífico de 6,5 kWh m³ e a quantidade de biogás é de 20 m³/hora. 2,49 kg/dia de resíduos por suíno é apto de produzir uma quantidade de 0,2 m³/dia de biogás, ou seja, para gerar 20 m³/hora é ideal ter 2.400 suínos o que corresponde a 6000 kg/dia de dejetos (Schultz, 2007).

Os biodigestores são separados em batelada e contínuos. Em bateladas os biodigestores adquirem o carregamento da matéria orgânica, que é substituído somente quando ocorre o período correto para a digestão do lote. Os biodigestores contínuos são arquitetados para que sejam abastecidos regularmente, o que permite a cada entrada de substrato a ser processado, exista a retirada do efluente já tratado (Rizzoni, 2012).

Diversos estabelecimentos possuem biodigestores, o utensílio apresenta uma solução para o impacto ambiental, reduzindo os odores provenientes dos resíduos, diminui a multiplicação de vetores, e reduz a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. O uso de biodigestores se tornou uma possibilidade de energia limpa, que pode gerar um retorno financeiro com a venda de créditos de carbono (Assad, 2013).

Supõe-se que a população de suínos gere resíduos suficientes para produzir em média 4 milhões de m³/dia de biogás. Tendo um consumo mensal de 170 kwh, esta energia elétrica oriunda da



suinocultura brasileira poderia beneficiar cerca de 350 mil residências. O custo de produção de energia, utilizando os créditos de carbono de R\$41,00/MWh, pode ser diminuído para R\$52,00 a R\$149,00 por MWh, sem mensurar os custos de obtenção desses créditos (Souza et al., 2019).

Adotando-se índices médios de produção de biogás apresentados pela literatura é possível identificar que um suíno alojado produz cerca de 10,9 L/dia de resíduos (Oliveira, 2005) e o potencial de geração de biogás é de 0,08 m³/dia/animal (BGS EQUIPAMENTOS, 2024).

3.2.1. Reaproveitamento energético na Suinocultura da Universidade Brasil – Fernandópolis

Na Universidade Brasil adota-se o sistema intensivo de animais (confinamento), visando condições controladas de genética, nutrição, instalações e sanidade. Sua estrutura contém dez baias, um espaço para aplicação de vacinas e manejo dos animais e um brete de embarcação.

No período atual, a suinocultura está passando por um processo de ampliação, onde estão sendo feitas mais duas baias. Cada baía tem capacidade de armazenar vinte animais, sendo que, ao todo sua capacidade máxima é de 200 suínos.

Os animais permanecem na universidade durante as fases de crescimento e terminação, até chegarem ao peso ideal (aproximadamente 100 kg a 120 kg), quando então são destinados para o abate.

Observa-se que os aspectos ambientais, internos e externos, das estruturas influenciam diretamente sobre os suínos em todos os períodos de produção e ocasionam diminuição na produtividade e prejuízos econômicos.

Em ocasiões de estresse térmico, o sistema imunológico dos animais fica debilitado, levando a uma menor resistência às infecções. O galpão da Universidade é classificado como pressão positiva, pois suas cortinas são reguláveis e há circulação do vento pelos ventiladores.

Os suínos não possuem glândula sudorípara, por isso necessitam da umidade do ambiente. A fundamental forma de soltura de calor pelos animais é por via latente, que acontece pela respiração por meio da perda de água por evaporação nas vias aéreas e juntamente com a evaporação da água em contato com a pele, oriundo dos resíduos líquidos ou que estão sobre o piso em que se deitam (Dalla Costa, 2013). A umidade do ar deve estar entre 40 e 70%.

É de extrema importância que as estruturas das baias sejam adequadas, pois se não poderá causar estresse aos animais e possíveis lesões. O piso deve conter a inclinação de 2 a 3% para facilitar o escoamento dos dejetos. No tipo de criação intensiva os animais ficam a maior parte do tempo descansando, o que representa maior contato entre o corpo do suíno e o piso (Huyh et al., 2004). De acordo com a normativa europeia (CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA, 1998; EUROPEAN COMMISSION, 2008), os pisos ripados em concreto devem ter a largura máxima das aberturas e largura

mínima das vigas, que devem ser de 14 mm/50 mm e 18 mm/80mm para animais em fase de creche e de crescimento/terminação.

As baias da Universidade apresentam um piso de concreto, liso, porém não é escorregadio, onde é colocado estrado de plástico, evitando problemas nos cascos e claudicação (Figura 1)

Figura 1. Estrado de plástico sobre piso de concreto



Fonte: Arquivo pessoal (2024)

Para preservar a temperatura microclimática, algumas condições naturais podem ser aproveitadas, como a orientação do galpão em relação ao sol e as áreas com sombreamento em volta. Assim, os galpões necessitam estar colocados no sentido leste-oeste em comparação ao sol, decrescendo a entrada de raios solares no interior do galpão.

São utilizados bebedouros automáticos para ingestão de água e comedouros manuais.

Os comedouros manuais são necessários até para auxiliar na realização dos experimentos com a alimentação. Além de proporcionar maior exatidão e organização aos dados coletados, torna-se nítida a identificação de quais rações estão oferecidas em cada baia do galpão (Figura 2A).

Visando raças com padrões genéticos altos, utiliza-se a linhagem AGEPIC da Agroceres, que contém uma mistura entre as raças Landrace, Large White, Pietran e Duroc. Essa linhagem é especializada em boas características maternas, elevado rendimento de carcaça, praticamente não possui o gene de halotano que é responsável pelo estresse.

A universidade é responsável pela interação com empresas de referência no mercado, que financiam experimentos, onde visa, a inovação e o aprendizado dos alunos, trazendo oportunidade e

tecnologias para o conhecimento sobre as instalações, nutrição e sanidade dos suínos (Figura 2B).

Figuras 2. **A.** Baia. Comedouro. Estrado de plástico sobre piso de concreto. **B.** Galpão. Visitação de alunos. Manejo. Experimentação



Fonte: Arquivo pessoal (2024)

Considerando a capacidade de alojamento completa da granja da Universidade Brasil na fase de crescimento/terminação (200 suínos) seriam produzidos 2.180 L/d ia de resíduos.

Aplicando o  ndice de potencial de geração de biogás de 0,08 m³/dia/animal, o equivalente do biogás em gás de cozinha (GLP) de 0,03 kg/dia/animal e o equivalente em energia elétrica (kWh) de 0,08 kWh/dia/animal se obt m: Biogás: 200 x 0,08 = 16m³/dia; o que equivale a GLP: 200 x 0,03 = 6kg/dia ou Eletricidade: 200 x 0,08 = 16 kWh/dia.

Em um mês, portanto, o reaproveitamento energético decorrente dos dejetos dos suínos, em um cálculo bem conservador, resultaria no equivalente a 13 botijões de 13 kg de GPL ou 480 kWh de energia elétrica.

4 Conclusão

O uso dos biodigestores é uma das soluções tecnológicas eleita para tratar os dejetos de suínos e já foi constatado sua viabilidade econ mica aprovadas por médios e grandes produtores, carecendo



apenas de divulgação adequada dos resultados.

Verifica-se que a produção de biogás, obtida a partir de dejetos animais, depende de muitas variáveis e fatores como: quantidade de dejetos produzidos, sua composição, tipo de alimentação dos animais, clima, tipo de confinamento, eficiência do biodigestor, além de variações econômicas de mercado que influenciam nos valores de energia e biogás.

O sistema adotado pela Universidade Brasil mostra-se inicialmente promissor para implementação de uma possível alternativa para o reaproveitamento energético por meio dos dejetos da suinocultura. Em um mês, o reaproveitamento energético resultaria no equivalente a 13 botijões de 13 kg de GPL ou 480 kWh de energia elétrica.

A princípio, considerando que estes resíduos seria apenas descartados e considerando os riscos ambientais e à saúde, o seu reaproveitamento poderia ser considerado viável. Contudo, se faz necessário estudos mais detalhados, principalmente quanto aos aspectos econômicos, para poder, de fato, afirmar que tal iniciativa seria economicamente viável.

Estes estudos envolvem sobretudo, valores de investimentos específicos na obtenção ou construção de biodigestor e demais estruturas necessárias ao processo de reaproveitamento do biogás, além de investimento na capacitação técnica o que reflete em mão de obra profissional e treinamentos específicos para que se obtenha maiores resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.591**: compostagem: terminologia. Rio de Janeiro, 1996.

AMARAL, A. L. et al. **Boas práticas de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 60 p. (Circular Técnica, 50). Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_k5u59t7mpdf. Acesso em 19 mai. 2024.

ASSAD, E. **Rede Clima e Agricultura do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e coordena projetos na área de mudanças climáticas e seus impactos na agricultura, 2013**. Disponível em: <http://www.euproduzoepreservo.com.br/solucao-sustentavel-para-o-problema-dos-dejetos>. Acesso em 19 mai. 2024.

BAGGIO, P. L. **Estudo das tecnologias existentes para geração de energia elétrica a partir do biogás**. 2017. 117 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9533/1/PB_COELT_2017_2_22.pdf. Acesso em: 03 mai. 2023.

BATISTA, Laurentino Fernandes. **Manual técnico construção e operação de biodigestores**. Brasília, DF, 1981, (Manuais, 24).



BGSEQUIPAMENTOS (2024). **Cálculo da produção de biogás**. Disponível em: <https://www.bgsequipamentos.com.br/calculo-da-producao-de-biogas/>. Acesso em: 07 mai. 2024.

BEZERRA, L. L.; DA SILVA FILHO, J. H.; FERNANDES, D.; ANDRADE, R.; MADALENA, J. A. S. (2008). Avaliação da aplicação de biofertilizante na cultura do milho: crescimento e produção. **Revista Verde**, v. 3, n. 3, p. 131-139, 2008.

CARNEIRO, D. R. C. **Viabilidade técnica e econômica de uma unidade centralizada de co-digestão anaeróbia de resíduos orgânicos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia – FEUP, Portugal, 2013.

CLEAN ENERGY. **Biogás** – Parte 1. Disponível em: <http://cleanenergy.blogspot.com/2004/11/o-biogs-parte-1-introduo-o-biogs-tem.html>. Acesso em: 20 mai. 2024.

COLATTO, L; LANGER, M. Biodigestor: resíduo sólido pecuário para produção de energia. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 119-128, jul./dez. 2011

COMMISSION EUROPEAN. Council Directive 2008/120/EC of 18 december 2008 laying down minimum standards for the protection of pigs (Codified version). **Official Journal of the European Union**, 2008.

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. Directiva 98/58/CE del Consejo de 20 de julio de 1998. Relativa a la protección de los animales em las explotaciones ganaderas. **Diario Oficial de la Unión Europea**, n.L221, 8 de ago. 1998, p. 23, 1998.

COOLS, D. *et al.* **Survival of E. Coli and Enterococcus spp. Derived from pig slurry in soils of diferente texture**. *Applied Soil Ecology*, v. 17, p. 53-62, 2001. *In*: FERNANDES, D. M, Biomassa e biogás da suinocultura. 209 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, 2012. Disponível em: http://www.te.de.unioeste.br/tede/tde_busca/processaArquivo.php?codArquivo=950. Acesso em 19 mai. 2024.

CORTEZ, L. A. B., LORA, E. E. S., GÓMEZ, E. O. Biodigestão de efluentes. *In*: **Biomassa para Energia**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008.

DALLA COSTA. Efeito do manejo pré-abate sobre alguns parâmetros fisiológicos em fêmeas suínas pesadas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 852-858, 2013.

DIESEL. R. *et al.* Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **Boletim Informativo de Pesquisa-Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS, BIPERS** n. 14, 2002.

EMBRAPA/CNPSA. **Dia de Campo sobre manejo e utilização de dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1994. 47p.

FREITAS, J.Z. **Manual Técnico Programa Rio Rural 04**. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento. Niterói-RJ, 2008.

FRIEHE, J.; WEILAND, P.; SCHATTAUER, A. Fundamentos da Fermentação Anaeróbia. *In*: FNR. FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (Alemanha) (org.). **Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização**. 5. ed. Gülzow: FNR, 2009. p. 20-30.

FRITSCH, M.; HARTMEIER, W.; CHANG, J. S. Enhancing hydrogen production of Clostridium



butyricum using a column reactor with square-structured ceramic fittings. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 33 p. 6549-6557, 2008.

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 Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/85585>. Acesso em: 03 mai. 2023.

GENOVA, J. L.; PUCCI, L. E.; SARUBBI, J. Estratégias para diminuir o impacto ambiental da suinocultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, artigo 209, v. 12, n. 1, p. 3891-3902, fev. 2015. Disponível em: http://www.nutritimw.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO290.pdf. Acesso em: 19 mai. 2024.

GONÇALVES JUNIOR, A. C.; LINDINO, C. A.; ROSA, M. F.; BARICCATTI, R.; GOMES, G. D. (Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizantes suíno utilizando macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador. **Acta Scientiarum Technology**, v.30, n. 1, p. 9-14, 2008.

HARWOOD, R.F.; JAMES, M.T. **Entomology in human and animal health**. 7. ed. New Vork: Mac Miltall, 1979. 258 p.

HUYNH, Thi Thanh Thuy *et al.* Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1385-1396, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Segunda apuração. 2006. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ca/default.asp?o=2&i=P>. Acesso em: 19 mai. 2024.

IEA, 2005. **Biogas production and utilisation**. Disponível em: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/56_Task37booklet.pdf. Acesso em mai. 2024.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1983.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M.M.; OLIVEIRA Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, set./dez. 2005.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. **Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás**. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/121642>. Acesso em: 01 mai. 2023.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. Biodigestor para o tratamento de dejetos de suínos: influência da temperatura ambiente. Comunicado Técnico, Concórdia: **Embrapa Suínos e Aves**, 416, 1-5, 2005. 5 p. (Comunicado Técnico, 416).

LOPES, C. R. M.; FILHO, N. R. A.; ALVES, M. I. R. A. Impactos ambientais e sociais causados por voláteis emanados por excretos de suínos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 3556-3565, 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/MULTIDISCIPLINAR/IMPACTOS%20AMBIENTAIS.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2024.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Produção e aproveitamento do biogás. *In*: OLIVEIRA, P. A. V. de.



Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. Cap. 4, p.43-55.

OLIVEIRA, P. A. V. **Projeto de biodigestores e estimativa de produção de biogás em sistema de produção.** Embrapa Suínos e Aves, 2005.

PERDOMO, C.C; COSTA, R.R; MEDRI, V; MIRANDA, C.R. **Dimensionamento de sistema de tratamento e utilização de dejetos suínos.** Concórdia: EMBRAPACNPSA, 1999. 5p. (EMBRAPA - CNPSA. Comunicado Técnico, 234).

RAMOS, C. S. Receita com exportação de suínos em 2015 recuou 20,4% a US\$ 1,279 bi. **Valor Econômico**, 12 jan. Disponível em: <http://www.valor.com.br/agro/4388386/receita-com-exportação-de-suínos-em-2015-recuou-204-us-1279-bi>. Acesso em: 19 mai. 2024.

RIZZONI, L.B.; TOBIAS, A.C.T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J. A. D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 9, n. 18, p. 1-20, 2012.

ROHSTOFFE, F. N. **Guia prático do Biogás:** geração e utilização. Ministério da Nutrição, Agricultura e Defesa do Consumidor da Alemanha, 2010.

SÁ, C. O.; SÁ, J. L.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A. **Sistemas de produção animal de base ecológica no semi-árido sergiano.** In. V Congresso Nordestino de Produção Animal. Anais... Aracajú. 2008.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e a adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007.

SCHULTZ, G. **Boas práticas ambientais na suinocultura.** Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007.

SEIXAS, J. *et al.* **Construção e funcionamento de biodigestores.** Brasília: EMBRAPA - DID, 1980. EMBRAPA-CPAC. Circular técnica, 4.

SILVA, L. N. M.; SÁ, F. L. **Biodigestor em propriedades rurais:** uma alternativa para confinamentos bovinos. 2019. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/4b497-silva,-l.-n.-m.-biodigestor-em-propriedades-rurais-uma-alternativa-para-confinamentos-bovinos.-tcc,-2019.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

SILVA, N. P.; FRANCISCO, A. C. **Geração de energia elétrica a partir de dejetos suínos:** um estudo de caso em uma propriedade rural na região oeste do estado do Paraná. 2010. Disponível em: <https://oa.mg/work/10.3738/nucleus.v7i2.370>. Acesso em: 01 mai. 2023.

SOLLERO, B. P. **Diversidade genética das raças naturalizadas de suínos no Brasil por meio de marcadores microsatélites.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília. Brasília, p. 87, 2006.

SOUZA, S. N.; PEREIRA, W. C.; NOGUEIRA, C. E. C., PAVAN, A. A. e SORDI. A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum. Technology** Maringá, v. 26, n. 2, 2004



SGANZERLA, Edílio. **Biodigestor, uma solução**. Porto Alegre: Agropecuária, 1983.

STEVENSON, P. **Factory farming and the myth of cheap food**: the economic implications of intensive animal husbandry systems. Compassion in World Farming Trust; Petersfield, Reino Unido. 1997. 28p

WEILAND, P. Biogas Production: Current State and perspectives. **Applied Microbiology and Biotechnology**, [S.l.], v. 85, n. 4, p. 849-860, 24 set. 2009.

ZHENG, Y. et al. Anaerobic digestion of saline creeping wild ryegrass for biogas production and pretreatment of particleboard material. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 4, p. 1582-1588, 2009.