



VI-272 – BALANÇO ENERGÉTICO DE UM GALPÃO DE AVES

Jordanna Barreira Lustosa⁽¹⁾

Aluna de graduação do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas e Bolsista de PIBIC/CNPq.

Juan Carlos Valdés Serra⁽²⁾

Professor Adjunto III do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas

Endereço⁽¹⁾: 109 Norte Av. NS 15 ALCNO 14 Bloco III Sala 26 Palmas - TO - CEP: 77001090 - Brasil – Fone: (63) 3232 8021 Fax: 3232 8020 - e-mail: jordannalustosa@yahoo.com.br.

RESUMO

O iminente esgotamento das reservas naturais de combustíveis fósseis e a necessidade premente de ampliação do parque gerador brasileiro têm motivado a busca permanente por fontes alternativas de energia e de novas tecnologias que efetivamente correspondam ao uso racional das fontes energéticas. A avicultura é uma atividade com alto consumo energético, porém, também tem a característica de produzir resíduos com considerável potencial, conhecido como cama de aviário que consiste na mistura da excreta, foi realizado um balanço energético, por meio do cálculo do poder calorífico dos componentes energéticos de entrada e saída envolvidos no processo de produção de frango. A alternativa mais vantajosa para o tratamento do resíduo considera-se que seja a biodigestão anaeróbia, já que além de permitir a redução do potencial poluidor, promove a geração do biogás, utilizado como fonte de energia alternativa, podendo assim, contribuir para um equilíbrio energético nas operações que se desenvolvem dentro do galpão. O resultado do balanço energético realizado na granja estudada verifica-se que o biogás gerado pode ser utilizado para gerar energia elétrica através de um motor-gerador o que supre integralmente o consumo de energia elétrica da granja e utilizaria parte da energia gerada para ser usada em substituição de outras atividades que hoje funcionam com outro tipo de fonte energética, evitando com isto uma série de problemas ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Alternativa, Biodigestão Anaeróbia, Biogás, Componentes Energéticos.

INTRODUÇÃO

Com a utilização, em grande escala, dos combustíveis oriundos do petróleo, que além de não serem uma fonte renovável, tiveram por várias vezes seus fornecimentos comprometidos e preços super-valorizados por crises políticas e econômicas. A partir da crise do petróleo, nos anos 70, ocorreu uma busca de fontes alternativas de energia, no Brasil e no mundo. Para o meio rural, a alternativa que se mostrou promissora foi o biogás obtido a partir da digestão da matéria orgânica vegetal e/ou animal, sendo estas encontradas em qualquer propriedade agropecuária (PALHARES, 2004).

A avicultura é uma atividade com alto consumo energético, porém, também tem a característica de produzir resíduos com considerável potencial energético, como a cama de frango que, ao ser processada de forma a disponibilizar essa energia, poderia contribuir para um equilíbrio energético nas operações que se desenvolvem dentro do galpão (SANTOS, 2004).

A cama de aviário consiste na mistura da excreta (fezes e urina), com o material utilizado como substrato para receber e absorver a umidade da excreta, penas e descamações da pele das aves e restos de alimento e água caídos dos comedouros e bebedouros. É preciso lembrar, que há variação nos materiais e nas quantidades utilizadas como substrato para formação da cama, oscilando também o número de lotes criados sobre a mesma cama. A cama de aviário é um tipo de biomassa combustível, com poder calorífico variando de 9 a 13,5 MJ/kg (SORDI, 2004).

Vale ressaltar que essa cama de frango podia ser vendida como insumo na alimentação de ruminantes, porém com a proibição pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do uso deste resíduo para alimentação de ruminantes (Instrução Normativa nº 15, de 17 de julho de 2001, DOU de 18-07-01) os produtores terão que buscar outros meios de aproveitamento e/ou tratamento para a cama, e o que era uma



renda a mais se tornou um problema ambiental, devido a grande quantidade de cama de frango, até então sem uso.

A biodigestão ou digestão anaeróbia se mostrou como uma das alternativas mais vantajosas para o tratamento de resíduos, pois além de permitir a redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários dos dejetos ao mínimo, promove a geração do biogás, utilizado como fonte de energia alternativa e permite a reciclagem do efluente, podendo ser utilizado como biofertilizante (AMARAL, 2004).

A matéria orgânica de dejetos de animais, restos de alimentos e rejeitos industriais estão sujeitas à degradação orgânica por microorganismos em ambiente aeróbio ou anaeróbio. Na degradação anaeróbia, microorganismos quebram a matéria orgânica complexa (proteínas, lipídios) em substâncias simples (metano e dióxido de carbono). Este processo é conhecido como biodigestão anaeróbia, que além de se obter uma mistura de gases com grande potencial energético (biogás), tem-se o benefício da diminuição do potencial poluidor da matéria inicial (substrato). O material que deixa o processo de biodigestão (efluente) já possui um número relativamente baixo de DBO (DBO – demanda bioquímica de oxigênio). Os animais de corte confinadas no galpão necessitam de condições favoráveis para que possam viver; portanto, um sistema de condicionamento térmico deve ser empregado para suprir as necessidades impostas, além de uma unidade de geração de potência para satisfazer as demandas elétricas inseridas neste processo (FLORENTINO, 2007).

Segundo PALHARES, 2004, o biogás é uma energia proveniente da biomassa sendo esta definida como uma fonte de energia renovável, assim como, a energia solar, eólica, hidráulica, geotérmica e dos oceanos. A energia da biomassa compreende basicamente combustíveis provenientes de produtos que sofreram fotossíntese, servindo desta forma, como um reservatório de energia solar indireta. Com a utilização do biodigestor, essa cama de frango passa a ser uma maneira de gerar energia para a própria granja, diminuindo assim os custos e deixando o balanço energético positivo. O biogás produzido a partir da biodigestão da cama de frango pode ser utilizado no aquecimento dos pintinhos, através de equipamentos onde ocorrerá a queima do biogás e conseqüente produção de calor, fundamental para sobrevivência nas duas primeiras semanas de vida destes animais. Pode também substituir a energia elétrica, como por exemplo, na iluminação (lâmpias), no aquecimento da água (para esterilização de equipamentos, lavagem das instalações, em fogões, na moagem grãos, etc)

Balanço energético é a apuração da energia investida num sistema de produção ou até mesmo de um país, como o Balanço Energético Nacional - BEN, instituído em 1976 e publicado anualmente pelo Ministério de Minas e Energia do Governo Brasileiro. É calculado por meio da análise do processo de produção e pela análise das matrizes de entrada e saída de energia, as quais são calculadas por meio do poder calorífico das matérias-primas envolvidas no processo e permite a identificação se o país ou setor de produção apresentou saldo energético favorável (SANTOS, 2004).

O balanço de energia nos sistemas agrícolas vem sendo estudado por diversos pesquisadores, e se baseia no princípio físico de conservação de energia, também conhecido como primeiro princípio da termodinâmica, ou seja, a variação de energia em um processo pode ser explicada pelo balanço de energia, isto é, entradas, saídas e variação da energia interna. 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. Sistemas biointegrados podem maximizar o aproveitamento energético dos dejetos gerados pela avicultura, dentro do próprio agroecossistema, reduzindo a contaminação exterior dos recursos naturais (ANGONESE, 2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado com base em estimativas de entrada e saída de energia, obtida durante o acompanhamento de lotes de frangos de corte, em uma granja comercial pertencente à Empresa Frango Norte, localizado no município de Paraíso-TO. Foi realizado o balanço energético dos galpões, com base em dados obtidos via questionário, sendo este último aplicado aos funcionários e ao dono da granja, com os dados devidamente coletados passou-se para uma segunda etapa, onde se calculou a estimativa de energia contida em cada elemento do galpão, tendo como base as equações e coeficientes energéticos desenvolvidos por SANTOS (2004).



Neste estudo, não serão incluídos insumos energéticos provenientes dos setores de suporte da produção de frangos de corte, como armazenagem, distribuição, sistema de crédito, fábrica de ração, matéria-prima para a fabricação da ração, bens de capital e outros, bem como os coeficientes energéticos de medicamentos, vacinas e produtos desinfetantes. Será quantificado o poder calorífico de cada componente envolvido no processo de produção de frangos de corte (direto e indireto, entradas e saídas), utilizados posteriormente para cálculo do coeficiente de eficiência energética. Dessa forma, serão determinados os consumos de ração (kg), produção de frango vivo (kg), aves mortas e descartadas (kg), produção de cama de frango (kg), água (L), gás, energia elétrica (kWh), combustíveis (L), mão-de-obra (hora-homem), máquinas e implementos (horas) e instalações e equipamentos (m² e horas). Os equipamentos elétricos utilizados no galpão para cada lote, durante o período estudado e suas respectivas potências, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Equipamentos elétricos utilizados no galpão e suas respectivas potências.

Equipamentos	Quantidade	Potência
Silo para armazenagem de ração	1	1 motor 1,47 kW (2cv)
Sistema de alimentação para a distribuição de ração	3	1 motor 1,47 kW (2cv)
Lâmpadas fluorescentes	63	60 W
Comedores automáticos	4 linhas	1 motor 1,47 kW (2cv)
Sistema de nebulização	100 bicos	1 motor 3,7 kW (5cv)/3galpões
Exaustor	8	1 motor 0,4 kW (1/2 cv)/un
Bomba de alta pressão	1	1.200 W

As estimativas de tempo de utilização de mão-de-obra, instalações e equipamentos para a realização dos manejos de rotina no galpão foram realizadas anotando-se o tempo (horas) necessário de cada item para realização de cada tarefa. O dia de trabalho adotado na granja, para efeito de todos os cálculos, foi considerado de 12 horas. Na Tabela 2, são apresentadas as instalações e equipamentos utilizados no galpão comercial de frango de corte durante o período estudado.

Tabela 2. Instalações e equipamentos utilizados em cada lote no sistema de produção de frangos de corte.

Especificação	Quantidade
Galpão	1.800 m ²
Bomba alta pressão	1 unidade
Comedouro automático	600 unidades
Bebedouro tipo NIPPLI	2400 unidades
Exaustor	8 unidades
Sistema de nebulização	100 bicos (tubulação de PVC – 25 mm)
Silo para armazenagem de ração	1 unidade
Sistema de alimentação para a distribuição da ração	3 unidades
Aquecedor a lenha	1 unidade

Na caracterização dos componentes energéticos direta e indiretamente envolvidos no sistema de produção de frangos de corte, serão consideradas as seguintes mensurações para cada lote estudado:

Energia direta:

- número e pesos médios (kg) das aves vivas, descartes e mortas,
- combustível: óleo diesel, óleo lubrificante e graxa (L);
- ração (kg), água (L), eletricidade (kWh) : consumo por ave e por fase;
- palha de arroz e cama de frango: quantificação total e por ave (kg);
- mão-de-obra: horas.

Energia indireta:

- máquinas e equipamentos: consumo, horas;
- instalações e equipamentos: utilização, m², horas.

A determinação do valor energético dos componentes direta e indiretamente envolvidos no sistema de produção de frangos de corte foi calculada através de equações que relacionam, a estimativa de energia



contida nas aves, ração, maravalha, cama de frango, energia elétrica, máquinas e equipamentos, instalações e mão-de-obra. Para estimar esses valores usa-se como parâmetros os coeficientes médios energéticos, medido em Kcal Kg⁻¹, e teores de matéria seca, medidos em porcentagem, valores esses pré-estabelecidos e diferenciados para cada componente. Depois dos cálculos dos componentes energéticos de entrada e saída devidamente realizados, por meio da relação da energia produzida e consumida, calcula-se o coeficiente de eficiência energética (ξ), representado pela equação 1.

$$\xi = \frac{\sum E_{produção}}{\sum E_{consumo}} \quad \text{equação (1)}$$

em que:

$E_{produção}$ = estimativa de energia produzida no processo de produção $\sum (E_{\text{direta produção}} + E_{\text{indireta produção}})$

$E_{consumo}$ = estimativa de energia consumida no processo de produção $\sum (E_{\text{direta produção}} + E_{\text{indireta produção}})$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estimou-se a energia passível de recuperação por meio da biodigestão anaeróbica da cama de frangos, utilizando-se de cálculos que considerou a produção total de cama, potencial da cama de frango para produção de biogás.

Após a coleta dos dados via questionário, os valores encontrados foram lançados nas equações, de estimativa de energia desenvolvida por SANTOS (2004) pode-se verificar que a atividade de criação de frango de corte possui alto consumo energético, onde o total de energia envolvida foi de 953×10^3 Mcal. Essa energia está dividida em energia de entrada, ou seja, composta pelo investimento que o produtor teve que aplicar no galpão, nesse estudo a energia entrada foi de 676×10^3 Mcal sendo esta subdividida em energia direta $386,2 \times 10^3$ Mcal e indireta $289,8 \times 10^3$ Mcal, essa última se refere aos investimentos que durarão por no mínimo por dez anos. O outro tipo de energia é a de saída correspondente ao frango pronto para abate, a cama de frango e as aves mortas, essa energia correspondeu a 277×10^3 Mcal.

Da forma como se apresentam as energias de saída, ou seja, 50,77% correspondem à cama de frango, sendo essa atualmente sendo vendida como fertilizante, 48,89% correspondendo aos frangos e 0,33% as aves mortas e descartadas, não tendo nenhum aproveitamento energético visto que são dispostas em fossas na própria granja. Pode-se afirmar que praticamente toda a energia de saída (produzida) é exportada do sistema.

De toda energia envolvida no processo de produção de frango de corte, dentro do galpão 70,93% corresponde a energia de entrada ao passo que a energia de saída é de apenas 29,06%, e com esses valores, por meio dos cálculos descobriu-se que a eficiência energética foi igual a 0,4(40%), ou seja, que a cada 100 Mcal de energia importada pelo sistema, obtêm-se 40 Mcal de energia produzida. Segundo QUESADA et al. (1987) e BEBER (1989), coeficiente de eficiência energética menor que 1 indica um sistema que importa, praticamente, toda a energia consumida no processo produtivo, característica essa de um sistema altamente tecnificado como é o caso da produção de frango.

Depois dos cálculos devidamente executados, pode-se concluir que a quantidade média de energia requerida para produzir 1 Kg de frango vivo, no sistema estudado, foi igual a 11,49 Mcal.

Ressalta-se que este foi um estudo de caso, realizado com base em um galpão específico e que é comum encontrar sistemas semelhantes, consumindo e produzindo quantidade diferente de energia. Essas diferenças podem ser explicadas pela variação de instalações, equipamentos e manejo.

Uma solução para aumentar o potencial de energia produzida e fazer a reciclagem do total de cama produzida por biogás. Levando-se em consideração o potencial médio de produção de biogás obtido por SANTOS (2001) igual a $0,1001 \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$ de cama *in natura*, e a produção média de cama no período igual a 126 dias, visto que a cama é reutilizada por três lotes, foi de 172500 Kg, observa-se que poderia ser recuperados $17267,25 \text{ m}^3$ de biogás, o equivalente a 47802 Mcal.



A produção de biogás apresenta-se como uma possibilidade de agregar valor ao resíduo gerado, podendo ser utilizado dentro do galpão em equipamentos adaptados, favorecendo um equilíbrio energético, uma vez que a cama de frango *in natura* é exportada do galpão, resultando em maior desequilíbrio. Há de se considerar, também, o benefício adicional do biofertilizante, que apresenta em sua composição nutrientes prontamente disponíveis para as plantas.

No processo, os dejetos são colocados em um biodigestor - câmara hermética onde a matéria orgânica, diluída em água, sofre um processo de fermentação, que resulta na produção de um efluente de gás metano. Um compressor bombeia o gás para o gerador de eletricidade, o metano produzido no biodigestor é comprimido e usado para alimentar o gerador. A eletricidade produzida pode ser usada em iluminação, aquecimento de granjas e secagem de grãos. Além da economia na conta de luz e os ganhos ambientais, os biodigestores também possuem outra vantagem: os resíduos, depois de serem tratados, se transformam em um eficiente fertilizante natural, que pode ser usado na própria fazenda ou comercializado.

Além da eficiência energética que a empresa terá com o uso do biogás, seu uso permitirá um balanço energético, econômico e ambiental equilibrado, esse último em especial, de difícil valoração, porém com contribuição significativa para o atendimento das bases de desenvolvimento sustentável.

Para facilitar a visualização dos resultados obtidos na realização do balanço energético na granja em estudo faz-se uso das Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Energia consumida e produzida (Mcal) no sistema de produção de frango de corte.

Energia consumida (entrada) Mcal	Valor
Palha de arroz	17354 (Mcal)
Pintos de 1 dia	1243 (Mcal)
Ração pré-inicial	20677 (Mcal)
Ração inicial	83827 (Mcal)
Ração de crescimento	171299 (Mcal)
Ração abate	90209 (Mcal)
Energia Elétrica	1932 (Mcal)
Água	148 (Mcal)
Mão-de-obra	113 (Mcal)
Máquinas e equipamentos	30,1 (Mcal)
Combustível	274 (Mcal)
Instalações	289861,5 (Mcal)
Energia produzida (saída) Mcal	
Cama de frango	140635 (Mcal)
Frango	135448 (Mcal)
Aves mortas	1157 (Mcal)

Tabela 4. Balanço energético do sistema de produção de frango de corte.

Componente	Média
Total de entrada (10^3 Mcal)	676
Total de saída (10^3 Mcal)	277
Eficiência Energética	0,4
Fluxo líquido de energia (10^3 Mcal)	399
Energia para produzir 1 Kg de frango vivo (Mcal)	11,49
Total de energia envolvida no sistema	953

CONCLUSÕES

Podemos concluir que, através das equações estudadas durante este projeto, a atividade de criação de frango de corte faz uso de grande quantidade de energia, sendo que dessa energia total, 676×10^3 Mcal representa a energia de entrada, e 277×10^3 Mcal a energia de saída que leva a um coeficiente energético igual a 0,4 (40%), constatou-se também que a energia suficiente para produzir 1kg de frango é igual a 11,49 Mcal.



Uma alternativa para aumentar o potencial de energia produzida na granja, pode ser realizada a reciclagem do total de cama e transformar esta em biogás. Sendo que o valor calculado neste projeto do potencial médio de produção de biogás obtido a partir da cama em um período de 126 dias foi igual a 172500 kg de matéria orgânica (cama), verifica-se com este valor que pode ser recuperados 17267,25 m³ de biogás, o que equivale a 47802Mcal. Sendo assim pode ser utilizado este biogás para gerar energia elétrica através de um motor-gerador o que reduziria o consumo de energia elétrica para zero e utilizaria parte da energia gerada para ser usada em substituição de outras atividades que hoje funcionam com outro tipo de fonte energética, como por exemplo, o aquecimento (lenha), evitando com isto uma série de problemas ambientais.

Assim sendo uma boa alternativa para o aumento da eficiência energética seria um redirecionamento da cama de frango para um biodigestor para assim gerar biogás, pois, a produção de biogás apresenta-se como uma possibilidade de agregar valor ao resíduo gerado, podendo ser utilizado dentro do galpão em equipamentos adaptados, favorecendo um equilíbrio energético. Há de se considerar, também, o benefício adicional do biofertilizante, que apresenta em sua composição nutrientes prontamente disponíveis para as plantas.

Além do baixo custo de operação e manutenção do biodigestor, visto que o processo é natural, outros benefícios como preservação do meio ambiente, produção de fertilizante de alta qualidade, geração de energia a partir de fontes renováveis e a implantação de novos postos de trabalho, podendo contribuir para negociação de créditos de carbono e obtenção de financiamentos através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), criado através do Protocolo de Kyoto, e apoiado pelo Banco Mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, João Wagner et al. **Geração de energia a partir do biogás gerado por resíduos urbanos e rurais**. Nota técnica VII. CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. 2003. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/ctnbio/default.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2008
2. AMARAL, Cecília Maria Costa do. et al. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica**. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.6, p.1897-1902, nov-dez, 2004. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/cr/v34n6/a35v34n6.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2007.
3. ANGONESE, André R., Alessandro T. Campos, Carlos E. Zacarkim, Melissa S. Matsuo I & Francielly Cunha. **Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.10, n.3, p.745-750, 2006. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n3/v10n3a30.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2007.
4. ÁVILA, V.S.; MAZZUCO, H.; FIGUEREIDO, E.A.P. **Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1992. 32p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 16).
5. FLORENTINO, F.S., SOBRINHO, P.M., Silveira, J.L. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos aplicado à avicultura de corte**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Guaratinguetá – SP, Brasil. DEN – Departamento de Energia. Disponível em: <www.seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/CLAGTEE2003/Papers/TEIRCS%20B-077.PDF>. Acesso em: 17 dez. 2007.
6. MARQUES, Humberto Luis. **Fronteira avícola do Norte**. Avicultura Industrial, Tocantinópolis, n.6, p.34-41, jul. 2007. Acesso em: 14 dez. 2007
7. MAURA S. T. Esperancini et al. **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. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n1/04.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2007.
8. PALHARES, Júlio César Pascale. **Uso da cama de frango na produção do biogás**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 12p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 41). Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/down.php?tipo=artigos&cod_artigo=233>. Acesso em: 15 dez. 2007.
9. PALHARES, Júlio César Pascale. **Uso de biodigestores para o tratamento da cama de frango: conceitos importantes para a produção de biogás**. 7 p. Disponível em: <www.cnpa.embrapa.br/down.php?tipo=artigos&cod_artigo=219>. Acesso em: 15 dez. 2007.
10. SANTOS, Tânia M. B.; JÚNIOR, Jorge de Lucas. **Balanco energético em galpão de frangos de corte**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.1, p.25-36, jan./abr. 2004. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/eagri/v24n1/v24n01a04.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2007.