

41

**Circular
Técnica***Concórdia, SC
Dezembro, 2004***Autor****Julio César Pascale Palhares**
Zootec., D.Sc.
palhares@cnpsa.embrapa.br

Uso da Cama de Frango na Produção de Biogás

1. Introdução

Durante o último século e início deste, o mundo se fez dependente e tem utilizado, em grande escala, os combustíveis oriundos do petróleo, que além de não serem uma fonte renovável, tiveram por várias vezes seus fornecimentos comprometidos e preços supervalorizados 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. Considerando, a elevação crescente dos preços dos insumos energéticos, o que torna extremamente cara a utilização de combustíveis de natureza fóssil; a vocação rural do Brasil e suas condições climáticas, verifica-se que a geração de biogás é uma importante alternativa para fornecer energia às propriedades rurais, podendo torná-las auto-suficientes neste insumo.

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.



As "Plantas de Biogás", em diversas configurações e escalas, já são amplamente utilizadas nos países desenvolvidos há mais de 30 anos, sendo este sistema considerado como uma forma eficaz e eficiente de tratar resíduos orgânicos de origem doméstica, industrial ou rural, ao mesmo tempo que promove o uso racional de seu potencial energético e alto teor de nutrientes. A Europa é o continente que maior uso faz dessa tecnologia, possuindo inúmeras plantas em escala comercial operando. Nos Estados Unidos, embora as perspectivas sejam bastante otimistas, as plantas existentes são em escala piloto. Nos continentes africano e asiático e em várias regiões da América Latina, em países como Nepal, Índia, China, Tanzânia, Vietnã, Tunísia, Java, Quênia, Costa do Marfim, Belize, Colômbia, Bolívia, Chile e outros, a tecnologia do biogás tem exercido uma função social inquestionável, ao ser utilizada no meio rural, em comunidades isoladas e de baixa renda, como uma forma de assegurar o fornecimento de energia elétrica a estas populações, além da natural importância que detém em relação ao saneamento público.

Observa-se uma diminuição do uso de fontes renováveis de energia na zona rural brasileira, pois analisando-se o comportamento do consumo energético do setor agropecuário entre os anos de 1988 a 1998, verifica-se que o setor caminha para um uso mais intensivo das fontes não renováveis de energia, afastando-se assim dos preceitos de sustentabilidade.

A cama de aviário está sendo produzida em grande quantidade, devido ao crescente aumento da avicultura de corte nos últimos anos; em um comparativo entre a produção brasileira de carne de frango em 2003 e a estimada para 2004, calcula-se um crescimento médio de 8,6%. Este crescimento da produção tem como uma de suas bases a alta tecnificação dos galpões, o que significa maior dependência energética e econômica destes sistemas. Em pesquisas de campo realizadas pela Embrapa Suínos e Aves no ano de 2002 para se estimar o custo de implantação de um aviário em sistema manual e automático, o gasto com equipamentos representou 25% do custo total no sistema manual e 47,7% no sistema automático.

Outro fato importante foi 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) impossibilitando que os avicultores vendessem este resíduo como insumo nutricional para pecuaristas. Consequentemente, os produtores tiveram que buscar outros meios de aproveitamento e/ou tratamento para a cama.

Analisando os dois fatos citados acima, percebe-se que o tratamento deste resíduo deve ser

considerado como uma ação intrínseca à produção de frangos, devendo o custo deste tratamento ser inserido no custo de produção da atividade, a fim de proporcionar sustentabilidade a esta cadeia produtiva.

Este novo custo causou um desconforto aos avicultores, pois o que no passado era considerado como receita, através da venda da cama para alimentação, no presente, representa custo para o seu devido aproveitamento e/ou tratamento. Como consequência deste desconforto, inúmeras reuniões técnicas foram realizadas durante 2003 e 2004 entre os profissionais do ministério, órgãos representativos dos avicultores de corte e representantes de instituições de pesquisa e ensino a fim de buscar-se outras alternativas para a cama de aviário que não a alimentação. A escolha desta(s) alternativa(s) teve como referencial constituir-se em um processo que, além de solucionar o problema ambiental do avicultor, pudesse gerar renda. Cabe destacar que este desconforto também ocorreu, principalmente, entre os bovinocultores de corte, pois se viram impossibilitados de adquirir um insumo nutricional de baixo custo e considerável valor nutricional.

Entre as alternativas proporcionadas, a biodigestão ou digestão anaeróbia se mostrou como uma das mais vantajosas. Este é o processo pelo qual bactérias anaeróbias, através de fermentação ocorrida em biodigestores, degradam a matéria orgânica, tendo como subprodutos o biogás (gás inflamável) e o biofertilizante (líquido organo-mineral estabilizado). Estes dois subprodutos possuem alto valor como fontes energéticas e nutricionais para as plantas, respectivamente, podendo ser substitutos de insumos adquiridos pelo avicultor. A partir desta substituição, o produtor poderia ter desde uma diminuição do seu custo de produção até a geração de uma renda extra, como ocorria na venda da cama como insumo nutricional.

A grande importância do processo de biodigestão não está somente no fato de se poder obter energia alternativa a partir de resíduos orgânicos, mas também, de saneamento rural, através da redução da carga orgânica poluente dos resíduos; de se obter um efluente apropriado para fertilização do solo. Além de, ao contrário dos sistemas centralizados de produção de energia como o petróleo e o carvão mineral, o biodigestor é um sistema descentralizado e portanto com reduzidos custos de distribuição da energia para o produtor rural.

O biogás produzido a partir da biodigestão da cama de frango, pode ser utilizado para o 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 (lâmpadas), no aquecimento da água (para esterilização de equipamentos, lavagem das instalações, chuveiros, etc.), em fogões, na moagem de grãos, etc.

Vários autores concluem que a energia renovável para substituir os combustíveis fósseis deverá ter como características principais a compatibilidade ambiental, o alto coeficiente energético, o baixo custo, a fácil estocagem e transporte e, ainda, ser de uso conveniente e socialmente compatível. Estas características estão presentes no biogás.

Fica evidente que a biodigestão da cama de frango é de máxima importância, pois pode produzir calor para o aquecimento dos animais e energia para outros usos, propiciando um ótimo manejo ambiental da propriedade, onde o resíduo produzido é manipulado, de tal forma, que o produto desta manipulação retorna a atividade geradora do próprio resíduo.

A Fig. 1 mostra o ciclo da produção de biogás, a partir da cama de frango, evidenciando a importância econômica, social e ambiental deste processo para avicultura.

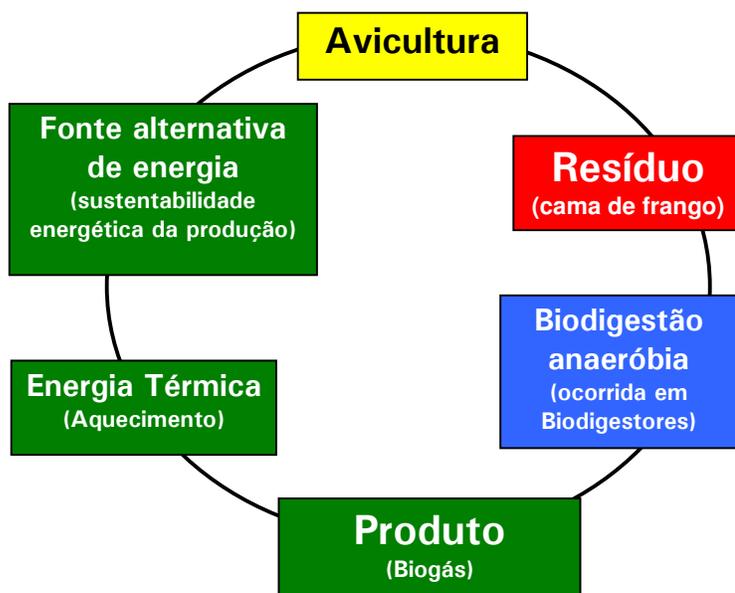


Fig. 1 – Ciclo da produção de biogás, a partir da cama de frango.

2. Tópicos relacionados a biodigestão anaeróbia

2.1. Características desejáveis e manejo da cama de frango

A cama de frango é mais utilizada na criação de aves de corte, pois estas são criadas sobre piso dentro de galpões. No caso de aves de postura, estas são criadas, geralmente, em gaiolas não havendo desta forma o resíduo cama, mas sim fezes, urina, entre outros.

Como a criação de aves de corte tem um ciclo de produção, em média de 42 dias, e durante estes os animais ficam confinados no galpão, se torna necessário um material que possa absorver a umidade (proveniente das fezes, urina e água de bebedouros mal regulados e/ou vazamentos no sistema hidráulico), restos de ração e orgânicos (penas). Assim, a finalidade da cama é de proporcionar um ambiente sanitariamente seguro ao plantel, onde este não tenha contato com umidade e microorganismos que possam comprometer sua saúde.

O objetivo do uso da cama de aviário é evitar o contato direto da ave com o piso, servir de substrato para absorção de água e urina, incorporação das fezes e penas e contribuir para redução das oscilações de temperatura no galpão.

Considerando esta finalidade, a cama deve ter as seguintes características: alto poder de absorção, ser livre de contaminação (bactérias, fungos e materiais estranhos), de fácil disponibilidade, ser um material não tóxico aos animais, com baixo custo e não deve ter um alto teor de umidade, máximo de 20%.

Existem vários materiais que podem servir como cama, a escolha de qual utilizar irá depender principalmente da disponibilidade deste na região de criação. A cama de maravalha ou raspa de madeira é a mais utilizada pelos criadores, por atender todas as características de uma boa cama tendo como ressalva a possibilidade desta estar contaminada com pesticidas usados na conservação da madeira, ou por não ser disponível na região. Outros resíduos que podem servir como cama são: sabugo de milho triturado; casca de amendoim; resto de cultura de soja; bagaço de cana; feno de gramínea triturado; etc.

O manejo da cama consiste em mantê-la sempre seca e uma vez por semana revolver toda cama do galinheiro, o emplastamento pode causar problemas de fungos e bactérias, calo no peito dos animais e erosão das patas. A altura inicial da cama é de 5 a

10 cm aumentando durante o ciclo de produção do lote, para manter a umidade baixa, na superfície.

Em certos casos, pode ocorrer uma reutilização da cama. Neste caso, não pode ter ocorrido nenhuma doença no lote. A reutilização deve se dar por no máximo 5 a 6 lotes. No pinteiro deve colocar-se uma cama nova por cima da velha. Na reutilização deve-se considerar:

1. retirar todos os equipamentos para limpeza e desinfecção;
2. realizar a queima das penas, revolver a cama e queimá-las novamente;
3. remover a cama do galpão e amontoá-la em vários montes para que sofra fermentação em outra instalação. Quando não for possível a transferência da cama velha para outra instalação deve-se amontoá-la no próprio galpão;
4. umedecer a cama para que atinja 30 a 40% de umidade e revolvê-la até a umidade atingir de 20 a 25%;
5. na devolução da cama ao galpão, utilizar um desinfetante, que auxilie na secagem, como a cal.

O ideal é que a cama permaneça amontoadas aproximadamente por 21 dias, permitindo uma boa fermentação e um bom vazio sanitário.

Observações da literatura sobre o uso de camas para frangos de corte demonstram não haver diferenças significativas, entre camas novas e reutilizadas, nas características de desempenho das aves (conversão alimentar, ganho de peso e índice de performance). O amontoamento da cama do aviário no período de vazio sanitário e uma das estratégias para reduzir a contaminação com oocistos que se desenvolvem com a sua reutilização. O ideal é que, num vazio sanitário de 14 dias, a cama passe por dois períodos de amontoamento de seis dias.

A quantidade de cama usada depende da idade das aves como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de cama de frango utilizada em um galpão, em função da idade das aves.

Idade em semanas	1 a 4	5 a 8	9 a 12
m ² de superfície/ 100 aves	5m ²	10m ²	15 m ²

2.2. O resíduo cama de frango

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. Na Tabela 2, verifica-se a quantidade média que pode ser produzida de cama por mil cabeças de frango.

Tabela 2 - Quantidade de cama produzida por mil cabeças de frango.

	Umidade (%)	Idade (dias)	Produção de cama por mil cabeças (tonelada)
Frango de corte ¹	20	42-49	2,0

¹Seis lotes por ano sobre cama de Pinus ou casca de amendoim.

A influência na produção de cama, considerando a densidade de animais e o número de reutilizações, pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3 - Produção de cama: matéria natural (kg) matéria seca (kg e %) e umidade (%) nas diferentes densidades, após os dois lotes de criação.

Lote	Densidade (aves/m ²)	NM (kg)	Umidade (%)	MS		MS/ave (kg)	DA (kg MS)
				(kg)	(%)		
1°	10	107,825	28,84 c	76,556 c	71,16 a	1,727 ax	0,949 bx
	16	137,363	33,2 b	91,366 b	66,74 b	1,349 bx	0,839 bx
	22	170,525	39,03 a	103,511 a	60,97 c	1,124 cx	1,124 ax
		138,571	33,72 A	90,478 B	66,29 B	1,400 A	0,970 A
2°	10	132,500	21,33 c	104,062 c	78,56 a	1,205 ay	1,023 ax
	16	164,313	28,12 b	118,094 b	71,88 b	0,992 by	0,874 bx
	22	199,838	38,24 a	123,211 a	61,76 c	0,774 cy	0,689 cy
		165,550	29,26 B	115,123 A	70,73 A	0,990 B	0,862 B

Em cada coluna, médias seguidas de letra minúscula (maiúscula) comum, não diferem pelo teste de Tukey a 5%;

NS: não significativo no nível de 5% de probabilidade; *: P<0,05 (significativo no nível de 5% de probabilidade);

** : P,0,01 (significativo no nível de 1% de probabilidade). MN: matéria natural; MS: matéria seca;

DA: Detritos acrescentados pelas aves.

Estas variações irão conferir diferentes concentrações de minerais nas camas o que tem influência no processo de biodigestão anaeróbia e na qualidade do biogás e do biofertilizante. Desta forma, o ideal seria uma análise físico-química da cama para avaliar o potencial de produção de biogás. Como esta análise envolve: a realização de uma amostragem que represente o resíduo a ser digerido, técnica que não é dominada pelos produtores e alguns técnicos e; a proximidade a um laboratório que realize a análise, a fim de viabilizar os custos de transporte. Pode-se utilizar de tabelas com concentrações médias de minerais, disponíveis na literatura. A Tabela 4, mostra uma composição provável de camas de aviário.

Tabela 4 - Composição da cama de aviário, em porcentagem da matéria seca.

Nutrientes (MS)	Cama de aviário ¹		Excreta ²
	Média	Amplitude	Média
Umidade, %	21,9	10,1 - 43,4	7,7
NDT, %	50,0	36 - 64	-
Proteína Bruta, %	27,9	15,0 - 41,5	25,3
Proteína indisponível, %	4,1	1,4 - 13,2	-
Proteína pura	-	-	12,6
N não protéico (N*6,25)	-	-	12,7
Ácido úrico	-	-	6,4
Extrato etéreo	-	-	2,8
Fibra Bruta, %	23,6	11 - 52	12,7
Alumínio, ppm	3957	684 - 9919	-
Cinzas, %	30,4	14,4 - 69,2	29,7
Cálcio, %	3,0	1,1 - 8,1	7,0
Cobre, ppm	557	52 - 1306	60
Ferro, ppm	2377	529 - 12604	1465
Magnésio, %	0,6	0,27 - 1,75	0,5
Manganês, ppm	348	125 - 667	1670
Fósforo, %	2,1	1,0 - 5,3	2,2
Potássio, %	3,0	1,0 - 4,7	1,9
Sódio, ppm	8200	3278 - 14344	-
Enxofre, %	0,5	0,22 - 0,83	-
Zinco, ppm	484	160 - 1422	485

¹ Com base em 192 amostras dos EUA.

² Excreta = esterco mais urina das aves; são médias para excretas desidratadas de aves oriundas de amostras do Canadá, EUA, Reino Unido e Países Baixos.

A influência da reutilização da cama de aviário por vários lotes na concentração de alguns macrominerais pode ser observada na Tabela 5. Observa-se, para os três elementos analisados, que quanto maior o grau de reutilização maior a concentração de minerais, demonstrando um processo acumulativo. Como a concentração destes minerais irá influenciar no desenvolvimento da biodigestão anaeróbia, demonstra-se a importância de conhecê-la para melhor manejar o biodigestor.

Tabela 5 - Concentração média de Nitrogênio (N), Fósforo (P₂O₅) e Potássio (K₂O) e teor de Matéria Seca (MS) em camas com vários níveis de reutilização.

Resíduo	Nitrogênio (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potássio (K ₂ O)	Matéria Seca (MS %)
	% (m/m)			
Cama de Aves (1 lote)	3,0	3,0	2,0	70
Cama de Aves (3 lotes)	3,2	3,5	2,5	70
Cama de Aves (6 lotes)	3,5	4,0	3,0	70

2.3. Aquecimento de frangos

O aquecimento de pintos é fundamental, pois a não manutenção de temperaturas ideais nos galpões, pode causar elevada mortalidade no início de vida destes. Este aquecimento é importante, principalmente para que as aves tenham um ótimo desenvolvimento, proporcionado por um ambiente ideal. Mas a manutenção deste ambiente ideal tem um custo elevado. Pesquisas realizadas no segundo semestre de 2002 pela Embrapa Suínos e Aves demonstraram que os gastos com os equipamentos para aquecimento (campânulas e botijões de gás), representaram 9,6% do custo total de construção de um aviário para um galpão com manejo manual e 7,5% para o galpão automático. A energia para aquecimento (gás e lenha) tiveram uma participação de 2,9% no custo de produção do quilograma de frango no sistema manual e 3,8% no sistema automático.

No verão o aquecimento é feito nas duas primeiras semanas, após a chegada dos animais na criação, e no inverno o aquecimento se prolonga até a terceira semana. Dependendo da temperatura interna do galpão, o aquecimento pode ser feito durante o dia ou somente a noite, quando há um decréscimo da temperatura. O mais comum é o aquecimento durante a noite, pois de dia, geralmente, a temperatura é agradável aos animais. É válido lembrar que o manejo térmico ideal irá depender das características climáticas de cada região.

Ao chegar nas instalações, os pintinhos são colocados em círculos de proteção, que podem ser de duratex, zinco, alumínio, etc. e são utilizados pois: facilitam o manejo de forma geral; evitam a dispersão das aves pelo galpão, devido ao tamanho reduzido dos animais, possibilita a concentração de animais nos círculos e; mantêm os animais próximos a fonte de calor. Utiliza-se, no início, 100 pintos/m² e o círculo deve ser colocado a 1,00-1,20 m da campânula. A posição dos animais dentro dos círculos é um bom indicativo das condições ambientais a que estes estão submetidos, demonstrando um estado de conforto ou desconforto térmico.

Se os animais estiverem espalhados por todo o círculo indica que a temperatura está ideal, se concentrarem-se embaixo das campânulas, significa que estão com frio, uma concentração de aves em um canto do círculo indica a existência de uma corrente de ar e quando os animais estão localizados na periferia, ao redor, do círculo a temperatura, proporcionada pelo aquecedor, está muito elevada. Assim podemos controlar a temperatura das campânulas de forma ideal. Como em uma instalação são colocados vários círculos, após um período estes vão sendo abertos e formando círculos

maiores, no verão isto ocorre no 3^o, 5^o e 10^o dias e no inverno no 5^o, 9^o e 15^o dias até o momento de soltar as aves por todo galpão.

As formas de controle da temperatura, podem ser feitas por campânulas e cortinas internas e na transversal do galpão. As cortinas devem permanecer fechadas até os 21 dias, sendo abertas depois deste período. No geral as campânulas são reguladas para proporcionar uma temperatura de 32°C na primeira semana e a partir da segunda semana são reguladas para uma temperatura de 29°C mas tudo vai depender da região em questão.

Existem vários tipos de campânulas assim, como outras formas de aquecer os animais por exemplo:

- a- lâmpadas infravermelhas - tem como desvantagens o alto custo do equipamento, possíveis falhas no sistema de energia elétrica e ter como consequência do aquecimento, um ar muito seco para os animais;
- b- campânulas aquecidas com resistência elétrica - tem como desvantagens o alto custo do equipamento e possíveis falhas no sistema de energia elétrica;
- c- campânulas aquecidas a carvão - expõem gás (CO₂) tóxicos aos pintinhos, devem ser evitadas;
- d- campânulas a gás - são as mais difundidas no meio avícola e as de maior eficiência. O gás utilizado é o de cozinha (gás butano), ou seja de fácil aquisição pelo produtor e a um custo, comparado aos outros tipos de aquecimento, relativamente baixo. A regulação do calor, proporcionado pela campânula, é feito erguendo-se ou abaixando-se esta. Podem ser manuais, o produtor ascende uma por uma ou automáticas. Existem campânulas de diferentes tamanhos com capacidade de aquecimento para 500, 700 e 1.000 pintos.

3. Biodigestão anaeróbia

3.1. Conceitos e princípios

A coleta de um gás combustível obtido em um processo biológico foi primeiramente documentado na Inglaterra em 1895 em um sistema de tratamento de esgoto municipal. O processo de biodigestão anaeróbia de estrume de bovinos e outros resíduos do meio rural em pequenos biodigestores foi estudado na Índia em 1941 e, desde então, o processo tem sido aplicado no tratamento de uma série de resíduos de origem industrial, agropecuária e municipal.

Na biodigestão anaeróbia ocorre a degradação do material orgânico em meio com ausência de oxigênio. O processo pode ser dividido em três

estágios com três distintos grupos de microrganismos. O primeiro estágio envolve bactérias fermentativas, compreendendo microrganismos anaeróbios e facultativos. Neste estágio materiais orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) são hidrolizados e fermentados em ácidos graxos, álcool, dióxido de carbono, hidrogênio, amônia e sulfetos. As bactérias acetogênicas participam do segundo estágio, consumindo os produtos primários e produzindo hidrogênio, dióxido de carbono e ácido acético. Dois grupos distintos de bactérias metanogênicas participam do terceiro estágio, o primeiro grupo reduz o dióxido de carbono a metano e o segundo descarboxiliza o ácido acético produzindo metano e dióxido de carbono.

No processo de biodigestão anaeróbia, a matéria orgânica presente nos efluentes é transformada pela ação dos microorganismos em aproximadamente 78% de biogás, sendo este constituído de uma mistura de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), 20% de material orgânico que continua em dissolução, e entre 1 a 2% de novos microorganismos.

Para que o processo possa funcionar eficientemente, é fundamental o estabelecimento de condições propícias à atividade vital dos microorganismos presentes. Dentre elas destaca-se:

- pH deve ser mantido próximo a 7,0 principalmente entre 6,8 e 7,2;
- existem duas faixas de temperatura, as das bactérias mesófilas, com valor ótimo entre 35° e 40°, e a das termófilas com valor ótimo entre 55° e 60°, a maioria dos biodigestores opera na faixa das mesófilas;
- o processo pode ser adaptado a diversas concentrações de sólidos que variam desde 0,05% a 20%;
- a ação dos microorganismos sobre o substrato pode ser dificultada se o resíduo for composto de partículas de grandes dimensões, assim, torna-se necessário um pré-tratamento como por exemplo a moagem, para facilitar tanto essa ação como o próprio bombeamento do material, resíduos lignocelulósicos podem necessitar não só uma moagem, mas eventualmente outro tipo de pré-tratamento para liberar a celulose e hemicelulose da lignina;
- para que o carbono presente na matéria orgânica possa ser transformado em metano é necessário que haja nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, em quantidades apropriadas, recomenda-se uma relação em massa de aproximadamente 30 C:1 N e 150 C:1 P.

A fermentação anaeróbia oferece as seguintes vantagens:

- 1- produz um gás combustível que pode ser utilizado para fins domésticos, rurais ou industriais;
- 2- dispensa o uso de equipamentos sofisticados, uma vez que o processo se realiza à pressão atmosférica e temperatura ambiente nos climas tropicais;
- 3- reduz a carga poluidora da matéria orgânica através da diminuição da demanda bioquímica de oxigênio;
- 4- dispensa insumos energéticos.

Além destas, outras vantagens podem ser citadas como: contribui para a mitigação das emissões de gases estufa como o CH₄ e o CO₂; promove a conservação de áreas destinadas a aterro de resíduos; disponibiliza força de trabalho pela melhoria das condições de higiene e saúde; altera as relações familiares e sociais nas camadas de baixa renda em função do fornecimento de energia de baixo custo e todas as benéficas conseqüências; minimiza o tempo despendido no meio rural com atividades relativas ao gerenciamento de resíduos animais e agrícolas; afeta a balança comercial do país pela substituição de combustíveis fósseis e redução dos conseqüentes impostos; minora distorções de mercado referentes a práticas monopolistas do setor energético em função da auto-suficiência que propicia; atua como um mecanismo de segurança para o sistema regional ou local de geração e distribuição de energia e gera empregos.

Por outro lado deve-se salientar as seguintes desvantagens:

- 1- o biogás contém cerca de 40% de dióxido de carbono, que não é combustível, além de traços de sulfeto de hidrogênio, o qual é corrosivo;
- 2- o biogás necessita de sistemas de estocagem com maiores volumes devido a sua baixa densidade comparada com a dos líquidos, a redução desses volumes requer o uso adicional de compressores.

3.2. O biodigestor para a cama de frango

Para um desenvolvimento econômico atrativo a partir da digestão da biomassa de resíduos animais, é necessário que haja uma compatibilidade das propriedades físicas e químicas do resíduo com o projeto de biodigestor considerado. A escolha do adequado biodigestor, para um particular resíduo, é a chave para um desenvolvimento e processo apropriados. Assim, se faz importante entender os princípios de operação da maioria dos biodigestores para ajudar na seleção e planejamento de um modelo de tratamento a partir da biodigestão anaeróbia. A importância de se ter este conhecimento está relacionado a elevada produção de metano e as taxas de produção de biogás, que são dependentes

da relativa contribuição do resíduo e custo do biodigestor para o custo final do biogás.

Para estabelecer-se relações entre os principais tipos de biodigestores e suas características microbiológicas, se torna fundamental o conhecimento de três parâmetros básicos que influem no modo de operação destes e em suas eficiências na produção de biogás.

Estes parâmetros são: Tempo de Retenção de Microorganismos (TRM), Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) e Tempo de Retenção de Sólidos (TRS). O TRH é entendido como o intervalo de tempo necessário para que ocorra o processo de biodigestão de maneira completa. Os TRM e TRS são os tempos de permanência dos microorganismos e dos sólidos no interior dos biodigestores, esses tempos são expressos em dias. De forma resumida pode-se dizer que altas produções de metano são conseguidas, satisfatoriamente, com longos TRM e TRS.

Sendo a cama de frango um resíduo produzido em intervalos de tempo, ou seja, a disponibilidade não é contínua devido ao modo de produção e considerando suas características físicas e químicas

como alto teor de sólidos, baixa umidade e tamanho das partículas, o tipo de biodigestor ideal, pelas suas características de desenho e performance, para uma perfeita digestão anaeróbia da biomassa é o biodigestor batelada, podendo este ser manejado em forma de bateria ou sequencialmente. A desvantagem do manejo em forma de bateria, está relacionada a velocidade de fermentação da cama, que é lenta, dificultando o aproveitamento do biogás. No manejo sequencial, deve-se utilizar inóculos para que este seja viabilizado.

3.2.1. Biodigestores modelo batelada

Em biodigestores batelada manejados em bateria, constituem-se basicamente de um corpo cilíndrico, um gasômetro flutuante e uma estrutura para guia do gasômetro, Fig. 2. No manejo sequencial, o biodigestor é comprido, horizontal e em seção transversal trapezoidal, a partir da escavação do solo e revestimento de fundo com manta de PVC, constrói-se na superfície uma canaleta de concreto, que atua como sêlo de água, em torno do biodigestor, e para fixação da manta plástica que serve como gasômetro, Figura 2.

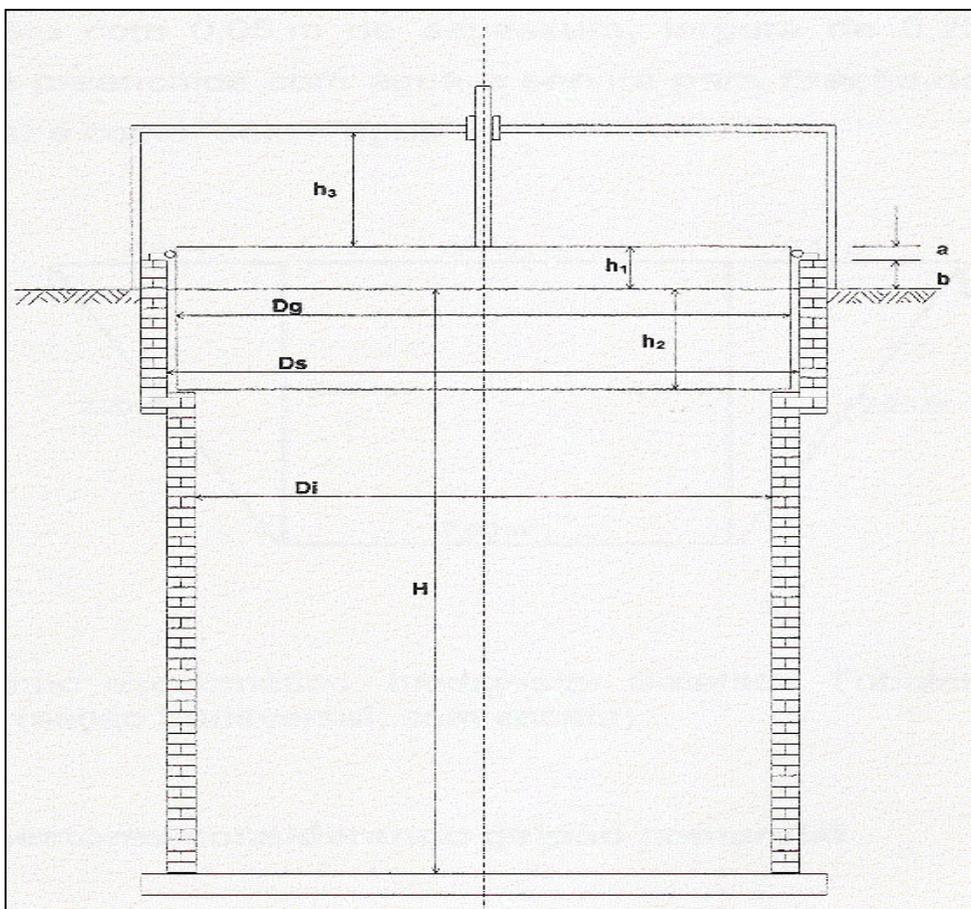


Fig. 2 - Biodigestor modelo batelada para manejo em bateria (sem escala).

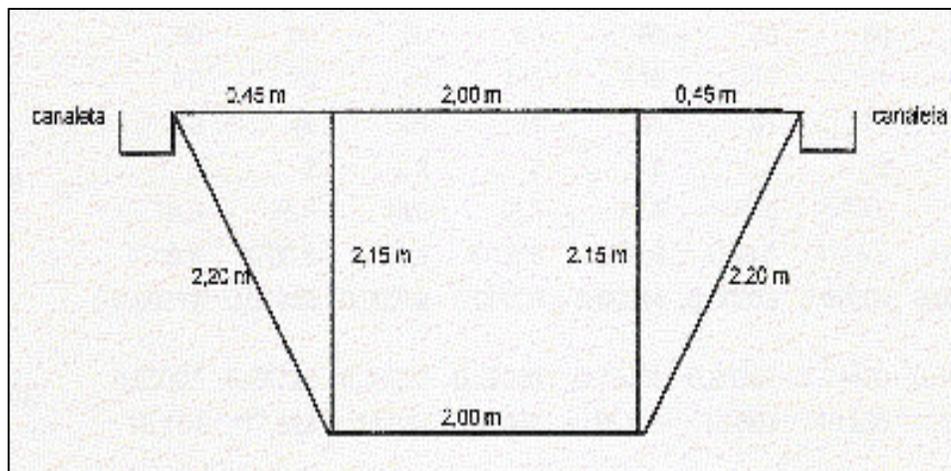


Fig. 3 - Biodigestor modelo batelada para manejo sequencial (sem escala, as dimensões que aparecem são figurativas, não representando nenhuma indicação).

Pode ser necessário que a cama tenha que sofrer um pré-tratamento antes de ser adicionada ao biodigestor, o mais indicado seria uma moagem pois as partículas de maravalha são muito grandes e isso pode diminuir a eficiência das atividades dos microorganismos. Observando-se o teor de umidade da cama se faz necessário a adição de água nesta para uma diminuição do teor de sólidos e diluição do conteúdo. Sendo estes muito altos, demandará um longo TRH dificultando uma perfeita consorciação produção de biogás/avicultura.

Para reduzir o TRH, que pode ser de semanas ou meses, pode-se utilizar de sistemas de agitação, aquecimento e, principalmente, adição de inóculo.

Quanto ao inóculo, este tem a função de acelerar o processo, principalmente em decorrência dos altos teores de celulose e lignina que são materiais difíceis de serem digeridos e estão presentes na cama. Este inóculo poderá ser um esterco já biofertilizado de bovinos, aves, suínos, etc. que contém uma grande flora microbiana de bactérias acidogênicas e metanogênicas fundamentais na digestão.

A localização dos biodigestores deve ser feita de maneira a facilitar a distribuição do biogás pelos galpões, diminuindo os custos com transporte e armazenamento do gás. Um modo de disposição consiste em instalá-los atrás de cada galpão, desta forma o gás pode ser conduzido diretamente dos gasômetros dos biodigestores até as campânulas de aquecimento e o manejo para o transporte da cama será reduzido.

Qualquer uma das localizações utilizadas deve levar em conta a facilidade de distribuição do biogás e ter um perfeito cronograma de uso dos galpões, camas e gás, compatibilizando necessidade de calor com

disponibilidade de biogás, para tal a propriedade deve ser muito bem manejada.

A distribuição, para que não eleve o custo do gás, poderá ser feita utilizando-se tubos de PVC ou metal ligados diretamente aos gasômetros dos biodigestores, estes conduzem o gás até um determinado galpão, neste ponto se faz uma rede de distribuição com mangueiras plásticas, iguais as de uso doméstico, que levarão o biogás a cada campânula da instalação, fornecendo calor. O gás também pode ser armazenado em bujões de 13kg ou mais, só que isto demandará equipamentos aumentando o custo, este tipo de acondicionamento é recomendado quando o biogás não for somente utilizado para geração de calor nas campânulas, ou seja, para usos domésticos e outros. É necessário a manutenção da rede de distribuição periodicamente evitando-se vazamentos, entupimentos e outros problemas que possam causar a paralisação do fornecimento.

4. Composição e utilização do biogás

A conversão biológica da cama de frango em biogás vai depender de vários fatores, tais como: tipo de ração, estação do ano, densidade de alojamento das aves, tipo de substrato de cama, nível de reutilização da cama e características dos excretas das aves.

O biogás, na forma como é produzido nos biodigestores é constituído basicamente de 60 a 70% de metano (CH_4) e 30 a 40% de dióxido de carbono (CO_2), além de traços de O_2 , N_2 , H_2S , etc., isto para resíduos orgânicos. Na biodigestão de gorduras o gás pode conter 75% de metano.

O metano é o componente do biogás que apresenta propriedades combustíveis, servindo, por exemplo, ao funcionamento de motores, onde o desempenho obtido é bastante semelhante ao do gás natural ou dos combustíveis líquidos. A diferença está no campo econômico e ambiental, pois o biogás é um dos subprodutos do tratamento de resíduos orgânicos, produzindo menos resíduos sólidos a base de enxofre.

A composição do biogás irá depender do resíduo que alimenta o biodigestor e também das condições que o mesmo é operado, fatores como a temperatura, pH e pressão, no interior do biodigestor, podem alterar a composição do gás levemente.

O biogás pode ser armazenado nos próprios gasômetros dos biodigestores ou em bujões de gás de cozinha em pressões levemente superiores à atmosfera cerca de 10 a 20 cm de coluna d'água, em pressões médias de 10 atm ou em pressões elevadas de 200 atm.

O metano tem um poder calorífico de 9.100 kcal/m³ a 15,5°C e 1 atm, sua inflamabilidade ocorre em misturas de 5 a 15% com o ar. Já o biogás, devido a presença de outros gases que não o metano, possui um poder calorífico que varia de 4.800 a 6.900 kcal/m³. Em termos de equivalente energético, 1,33 a 1,87 e 1,5 a 2,1m³ de biogás são equivalentes a 1L de gasolina e óleo diesel respectivamente. Comparando, o gás natural possui 88% de metano.

O biogás pode ser utilizado em fogões, lampiões, campânulas para aquecimento de leitões e pintos, para produção de vapor, para produção de energia elétrica, na indústria química, conjuntos moto-bomba

e conjuntos geradores, entre outros. Em motores estacionários pode-se utilizar diretamente o biogás produzido nos biodigestores, porém em motores de unidades móveis é aconselhável utilizar o metano obtido da purificação do biogás, isto por questões de armazenamento do combustível junto a estas unidades e pelo fato de que com a retirada dos outros gases sobra mais espaço no reservatório de combustível, a exemplo do CO₂ e retira gases prejudiciais ao motor como o H₂S que é corrosivo.

Em todos os casos porém, recomenda-se a sua utilização, sempre que possível, no local onde foi produzido ou perto desse local, bem como seu uso direto para evitar armazenamento e transporte do biogás, pois, ao contrário do GLP que liquefaz-se a temperaturas ambientes e a pressões moderadas. O biogás requer altas pressões e/ou baixas temperaturas para se liquefazer, o que torna necessário grandes volumes para seu armazenamento devido a sua baixa densidade.

Na Tabela 6, verifica-se o potencial de produção de biogás, e seu equivalente em GLP e kWh, quando se faz a biodigestão de diferentes substratos de cama em um e dois ciclos de produção. Comparando-se todos os substratos, observa-se que o capim Napier foi o que apresentou os melhores resultados entre os substratos para a produção de biogás. Analisando-se a influência dos substratos e os ciclos de reutilização, a cama de maravalha foi a única em que a produção de biogás no segundo ciclo foi maior que no primeiro. Conclui-se que a reutilização da cama de maravalha, além de ser benéfica em relação ao meio ambiente, pois menor quantidade de substrato será consumida e menor quantidade de resíduo será gerada, também é vantajosa quando objetiva-se a produção de energia.

Tabela 6 - Produção de biogás com base em três tipos de cama de frangos, e equivalente GLP e kWh (1.000 aves).

Ciclo	Cama	Prod. Biogás (m ³ /kg ST)	Prod. Cama (kg MS)	Prod. de biogás (m ³)	GLP botijões (13 kg)	Equivalente (kWh)
1°	N	0,2496	1420	354	11,8	230,06
	NM	0,2092	1420	297	9,9	193,01
	M	0,1712	1420	243	8,1	157,92
	Média	0,2100	1420	300	9,9	194,96
2°	N	0,2710	1197	324	10,8	210,56
	NM	0,2462	1197	295	9,8	191,71
	M	0,2299	1197	275	9,2	178,72
	Média	0,2490	1197	298	9,9	193,66

N- cama de capim Napier, NM- cama de capim Napier e maravalha, M- cama de maravalha.

Como a proposição é disponibilizar um sistema de tratamento que tenha como principal vantagem a auto-suficiência energética da criação, o conhecimento do consumo energético desta criação é fundamental para o bom planejamento do sistema de tratamento, detectando se este alcançará a auto-

suficiência ou simplesmente contribuirá para a diminuição do consumo de energia externa. A Tabela 7, demonstra resultados dos consumos energéticos em oito lotes de frangos, fornecendo um referencial para o planejamento do aproveitamento do biogás.

5. Conclusões

Como tudo na natureza funciona em ciclos, é indispensável, nas atividades humanas, que esta regra seja respeitada. Desta forma, quando se tem a oportunidade de, dentro da própria atividade, se criar um ciclo isto é economicamente, socialmente e ambientalmente correto. No caso da avicultura de corte, este ciclo pode ser criado a partir do tratamento de seu principal resíduo, com o aproveitamento dos subprodutos deste tratamento. Portanto proporciona-se uma sustentabilidade energética à criação a partir de uma fonte renovável.

Considerando-se que o Brasil tem sua matriz energética baseada na energia hidráulica, que os investimentos para geração e manutenção desta são altos no país e ainda que este modo de geração tem recebido constantes críticas relacionadas aos seus passivos sociais e ambientais, pode-se inferir que há uma tendência desta energia tornar-se mais cara, conseqüentemente, aumentando o custo de produção dos avicultores. Isso teria vários reflexos, sendo um deles a diminuição da competitividade internacional deste produto, o qual atualmente apresenta um dos menores custos de produção do mundo.

Analisando-se a bibliografia especializada, conclui-se que a viabilidade técnica da biodigestão anaeróbia da cama de frango é um fato, mas esta validação não tem sido observada em atitudes práticas, ou seja, a utilização deste processo de tratamento pelos avicultores. Assim, os motivos para não utilização do processo devem estar relacionados a fatores econômicos, políticos e culturais.

A partir desta consideração, propõe-se as seguintes diretrizes, objetivando a utilização de biodigestores pelos avicultores:

1. desenvolvimento de políticas e programas pelas esferas federais, estaduais e municipais que contemplem a geração de energia a partir da biomassa, incluindo nestes linhas de financiamento para adequação ambiental de pequenas e médias propriedades que desejem se tornar auto-sustentáveis energeticamente;
2. estudo, desenvolvimento e implementação de um programa de co-geração de energia a partir da biomassa de resíduos animais;
3. internalização do custo ambiental no custo de produção do frango de corte, com isto, a intervenção tecnológica através do biodigestor, poderá ser amortizada em um tempo menor por fazer parte do relacionamento comercial da propriedade;
4. desenvolvimento e manutenção, a longo prazo, de um programa de assistência técnica aos avicultores que optarem pela tecnologia para que a falta de conhecimento do produtor não se torne um limitante ao manejo do biodigestor e utilização do biogás;
5. estabelecimento de políticas e programas de incentivo a empresas que queiram comercializar equipamentos adaptados a utilização do biogás, facilitando a aquisição da tecnologia pelos avicultores.

Acredita-se que com a execução destas diretrizes, a geração de biogás a partir da cama de frango não mais se constituirá em casos esporádicos no sistema de produção avícola, pelo contrário, será um fato comum que proporcionará a saúde ambiental das produções, aumento da qualidade de vida dos avicultores e valorização e agregação de valor aos produtos.

Tabela 7- Consumo de energia elétrica total por fase de criação; consumo médio diário por fase de criação; consumo por ave durante todo o período de criação e consumo total por lote estudado, valores em kWh.

	Lote 1	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9	média
Consumo total por fase de criação, kWh									
Pré-inicial	66,7	86,8	41,3	41,1	43,3	35,0	73,5	39,5	53,4
Inicial	596,5	307,8	535,8	727,1	701,9	660,2	390,0	288,8	526,0
Engorda	881,3	739,8	1121,9	1934,4	2108,7	1984,3	940,3	1471,5	1397,8
Final	744,2	222,5	494,5	702,0	1621,1	497,6	548,2	531,8	670,2
Consumo médio diário por fase de criação, kWh/dia									
Pré-inicial	9,5	12,4	5,9	5,9	6,2	5,0	10,5	5,6	7,6
Inicial	35,1	18,1	31,5	42,8	41,3	38,8	22,9	17,0	30,9
Engorda	49,0	41,1	62,3	107,5	117,2	110,2	52,2	81,8	77,7
Final	74,4	44,5	98,9	140,4	202,6	165,9	78,3	106,4	113,9
Consumo total por lote, kWh									
	2288,7	1357,0	2193,5	3404,6	4475,00	3177,0	1952,0	2331,6	2743,8
Consumo médio por ave, kWh/ave									
	0,13	0,10	0,15	0,21	0,29	0,22	0,12	0,16	0,18
Consumo médio por kg de frango produzido (PV), kWh/kg de frango									
	0,06	0,04	0,06	0,09	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07

Duração média de cada fase de criação (dias): pré-inicial: 7; inicial: 17; engorda: 18; final: 3 a 10.

6. Referências bibliográficas

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).

BELLAVER, C.; PALHARES, J.C.P. Aproveitando o potencial da CA. **Suinocultura Industrial**, p.10-13, 2002.

BERNY, M.D.; BAJAY, S.V. Geração de energia e a digestão anaeróbia no tratamento de efluentes: estudo de caso na indústria de papel. In: AGRENER'2000 - ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas, **Trabalhos...**Campinas: UNICAMP / SBEA, 2000. 1 CD-ROM.

BIEGAL, M. Frango: Brasil deve elevar produção no segundo semestre. **AveWorld**, n. 11 p.44-45, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 15, de 17 de julho de 2001**. Dispõe sobre o uso da cama de aviário para alimentação de ruminantes. Disponível em: <<http://www.mapa.gov.br>>. Acesso em: 01 out. 2004

CHIUMENTI, R.; GUERCINI, S. First trial results from the anaerobic digestion of turkey litter using a pilot batch reactor. **Rivista di Ingegneria Agraria**, v.17, p.210-16, 1986.

COELHO, S.T.; VARKULYA JR., A.; PALETTA, C.E.M.; SILVA, O.C. **A importância e o potencial brasileiro da cogeração de energia a partir da biomassa**. Disponível em: <<http://www.cenbio.org.br>>. Acesso em: 20 jan. 2003.

COSTA, C.A.F.; ÁVILA, V.S. **Efeito da idade das aves e da reutilização e manejo da cama de aviário sobre a coccidiose em frangos de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 3p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 327).

FIELD, J.A.; KANT, B.; SMITH, N.M.; JONSON, A. Utilization of anaerobically digested poultry manure effluent nitrogen as fertilizer. **American Society of Agricultural Engineers**, v.29, p.223-28, 1986.

BELLAVER, C.; COSTA, C.F.; FIGUEIREDO, E.A.; JAENISCH, F.R.F.; FÁVERO, J.A.; PALHARES, J.C.P.; FIORENTIN, L.; DE BRUM, P.A.R.; DE ABREU, P.G.; DE ÁVILA, V.S. **Sistema de produção de frangos de corte**. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 22 nov. 2004.

GIOTTO, A. F.; ÁVILA, V. S. **Cama de aviário: análise econômica de materiais alternativos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 4p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 326).

INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA. **Curso de avicultura**. 4ª ed. Campinas, 1990. 330p.

KIRB, F.F.; BILJETINA, R. Reactor designs. In: CHYNOWETH, D. P., ISAACSON, R. **Anaerobic digestion of biomass**. London: Elsevier, 1987. cap.9, p. 141-171.

MAZUNDAR, A. **Biogas handbook**. Bombay: TATA Energy Institute, 1982. 247p.

METCALF, M; EDDY, J. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse**. 2ª ed. New York: McGraw-Hill, 1979. 920p.

MITCHELL JUNIOR, C.C. The value and use of poultry waste as a fertilizer. In: **POULTRY by-product management handbook**. Alabama: Auburn University, Cooperative Extensive Service, 1991. (Circular ANR-244)

MORENG, R.E.; AVENS, J.S. **Ciência e produção de aves**. São Paulo: Roca, 1990. 380p.

ORTOLANI, A.F.; BENINCASA, M.; LUCAS JR, J. Biodigestores rurais modelos indiano, chinês e batelada. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 35p.

PAYNE, V. W. E; DONALD, J. O. **Poultry waste management and environmental protection manual**. Alabama: Auburn University, Cooperative Extensive Service, 1991. 50p.

REZENDE, A. P.; PRADO, N. J. S.; SANTOS, E. P. A energia renovável e o meio ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Trabalhos publicados...**Poços de Caldas: [s.n.], 1998. p.1-17.

SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J. **Balço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frango de corte**. 2001. 166p. Tese (Doutorado em Zootecnia - Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SANTOS, T.M.B. **Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frango de corte**. 1997. 95p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SHINNAWI, M.; SOUT, B.; TERENCE, C.G.; HILL, L.K. Changes of organic constituents of crop residues and poultry wastes during fermentation for biogas production. **Annals of Agricultural Science Cairo**, v.33, p.857-880, 1988.

SILVA, F.M.; LUCAS JUNIOR, J. **Biogás: produção e utilização**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 1992. 7p. Mimeografado.

STREB, C.; SILVA, F.U.; FURLAN, R.M.; COSTA, O.B.C. Energia no meio rural: uma análise na perspectiva da sustentabilidade. In: AGRENER'2000 - ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas, SP. **Trabalhos...** Campinas: UNICAMP /SBEA, 2000. 1 CD-ROM.

WEBB, A.R.; HAWKES, F.R. Laboratory scale anaerobic digestion of poultry litter: gas yield-loading rate relationships. **Agricultural Wastes**, v.13, p.31-49, 1985.

Circular Técnica, 41

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves
Endereço: Br 153, Km 110,
Vila Tamanduá, Caixa postal 21,
89700-000, Concórdia, SC
Fone: 49 4428555
Fax: 49 4428559
E-mail: sac@cnpsa.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2004): tiragem: 1.000

Comitê de Publicações

Presidente: Jerônimo Antônio Fávero
Membros: Claudio Bellaver, Cícero Juliano Monticelli, Gerson Neudi Scheuermann, Airton Kunz, Valéria Maria Nascimento Abreu.
Suplente: Arlei Coldebella

Revisores Técnicos

Cícero Juliano Monticelli e Martha H. Higarashi.

Expediente

Tratamento editorial: Tânia Maria Biavatti Celant
Normalização bibliográfica: Irene Z. P. Camera

Foto da Capa: Valdir Silveira de Avila