

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM AQUECEDOR PARA AVES ADAPTADO PARA UTILIZAR BIOGÁS COMO COMBUSTÍVEL

TÂNIA M. B. SANTOS¹, JORGE DE LUCAS JÚNIOR², FÁBIO M. DA SILVA³

RESUMO: Desenvolveu-se ensaio para avaliar a adaptação (diâmetro do injetor) e o desempenho (consumo e eficiência de aquecimento) de um aquecedor tipo campânula, adaptado para queimar biogás. Foi testado um aquecedor comum que, queimando gás liquefeito de petróleo (GLP), opera à baixa pressão (28 cm.c.a.), com capacidade calorífica de 5.024 kJ h⁻¹ e recomendado para 500 aves. O aquecedor foi avaliado com o combustível original (GLP), sem qualquer modificação no injetor de gás, e após adaptação para o funcionamento a biogás. Na adaptação, foi mantida a mesma grelha do queimador principal, aumentando-se a perfuração do injetor para permitir o funcionamento e a avaliação. Foram avaliados cinco injetores com perfurações de 1,0053; 1,5080; 1,5708; 1,7672 e 1,980 mm². Também se variaram as pressões do biogás na entrada do aquecedor de 10; 12; 15; 17 e 20 cm de coluna d'água (cm.c.a.). Os resultados indicaram que as expressões de cálculo teórico e parâmetros propostos na bibliografia podem ser utilizados com segurança na adaptação de aquecedores do tipo campânula utilizados em aviários; que a adaptação é de simples execução, indicando a viabilidade da utilização dos aquecedores já existentes em granjas e no mercado, e que as temperaturas do ar foram semelhantes às obtidas com o combustível original (GLP).

PALAVRAS-CHAVE: aquecimento de ar, aquecedores, frangos de corte.

BIRDS HEATER ADAPTATION AND PERFORMANCE USING BIOGAS AS FUEL

ABSTRACT: It was carried out a trial to evaluate the adaptation (injector diameter) and performance (biogas consumption and heating efficiency) of a heating adapted to burn biogas. It was tried a common heater, burning liquefied petroleum gas (LPG), operating with low gas pressure (28 cm water column), with calorific capacity of 5024 kJ/h and recommended for 500 birds. The heater was evaluated with the original fuel (LPG) without any modification in the gas injector and after adapting to biogas burning. Five injectors were evaluated with drillings of 1,0053; 1,5080; 1,5708; 1,7672 and 1,980 mm². It also was varied the biogas pressures in the heater entrance of 10, 12, 15, 17 and 20 cm of water column. Results showed that expressions for theoretical calculation and proposed parameters in the literature can be used for aviaries heaters adaptation. The adaptation is simple, indicating the viability for utilization of existing heaters in farms and in the market. Air temperatures were similar to the obtained with the original fuel (LPG).

KEYWORDS: broiler, equipment, heating efficiency.

INTRODUÇÃO

Segundo a UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA (2007), em 2006, a produção de frangos nas Américas cresceu 2,3%, atingindo 34,6 milhões de toneladas, com quase 80% do comércio mundial de frangos. Os Estados Unidos foram os maiores produtores, com total de 16,162 milhões de toneladas. O Brasil ficou em segundo lugar, com 9,336 milhões de toneladas.

As granjas usam energia elétrica e fóssil, e esses insumos são os mais caros no processo produtivo (SANTOS, 2001), justificando estudos sobre a viabilidade do uso de energia alternativa nesse segmento. Atualmente, existem no mercado vários tipos de aquecedores, a gás liquefeito de

¹ Zootecnista, Prof. Adjunto, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de Aquidauana, Rod. Aquidauana-Cera km 12, Aquidauana - MS, tania@uems.com.br

² Eng^o Agrônomo, Prof. Titular, UNESP, Departamento de Engenharia Rural, Jaboticabal - SP, jlucas@fcav.unesp.br

³ Eng^o Agrícola, Prof. Adjunto, UFLA, Departamento de Engenharia, Lavras - MG, famsilva@ufla.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 7-10-2006

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 29-10-2007

petróleo (GLP) e eletricidade, além da utilização da lenha em locais com disponibilidade a preços competitivos e com exploração legalizada.

Segundo MARQUES (1994), aquecedores a carvão ou lenha queimam de maneira irregular e muito raramente se consegue mantê-los com a mesma quantidade de calor por período maior que três ou quatro horas, enquanto aquecedores a GLP e elétricos têm, quando bem regulados, produção constante de calor.

De acordo com SILVA et al. (2005), o biogás normalmente é armazenado a baixa pressão e pode ser utilizado em equipamentos para geração de calor, como fogões, fornalhas, campânulas de aquecimento, etc. Boa parte dos equipamentos em operação com biogás ainda está empiricamente adaptado, porém, com o aumento no número de biodigestores, fomentados por projetos relacionados ao mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), espera-se rápida evolução na qualidade dos queimadores e motores ofertados no mercado.

As limitações em se converterem equipamentos originalmente a GLP para biogás, segundo AMESTOY & FERREYRA (1987), podem ser contornadas se, no redimensionamento, se levar em consideração o menor poder calorífico do biogás, a baixa pressão de serviço dos biodigestores e a baixa velocidade de combustão.

ROSS et al. (1996) citam que o metano puro, nas condições normais de temperatura e pressão, possui poder calorífico de aproximadamente 33.980 kJ m^{-3} . O biogás, com 65% de metano, tem poder calorífico de aproximadamente 22.353 kJ m^{-3} , pois apenas o metano irá queimar. PALMER (1981), citado por ROSS et al. (1996), indica que 1 m^3 de biogás, com 65% de metano, equivale a $0,6 \text{ m}^3$ de gás natural; 0,882 litros de propano; 0,789 litros de butano; 0,628 litros de gasolina; 0,575 litros de óleo combustível; 0,455 kg de carvão betuminoso ou 1,602 kg de lenha seca.

Ao se analisarem combustíveis gasosos, particularmente aqueles como o biogás, com baixos conteúdos de energia devido à diluição com vários gases não-combustíveis, ROSS et al. (1996) consideram importante que se avaliem a velocidade de chama durante a combustão, o limite de inflamabilidade e a temperatura da chama.

A velocidade da chama é importante para a alimentação de combustível e de ar, e na colocação do avanço de faísca para motores de combustão interna.

O limite de inflamabilidade indica as percentagens máximas e mínimas do combustível em uma mistura para que ocorra queima. Os limites de inflamabilidade do metano estão entre 5 e 15% em volume na mistura com o ar.

A temperatura teórica da chama do metano em uma mistura estequiométrica com ar, incluindo a dissociação, é $1.918 \text{ }^\circ\text{C}$ (NORTH AMERICAN MANUFACTURING, 1978, citado por ROSS et al., 1996). Porém, a temperatura teórica de chama decresce quando a concentração de não-combustíveis cresce, conseqüentemente a temperatura da chama é função do conteúdo de vapor d'água e de metano (SALISBURY, 1950), podendo passar de $1.871 \text{ }^\circ\text{C}$ (biogás com 60% de metano) para $1.816 \text{ }^\circ\text{C}$ (biogás com 40% de metano).

Considerando a racionalização do uso de energia, neste trabalho, avaliaram-se a adaptação (diâmetro do injetor) e o desempenho (consumo de biogás e aquecimento do ar) de aquecedor utilizado em aviários, adaptado para queimar biogás, e comparado com o combustível original - gás liquefeito de petróleo (GLP) - e com metodologia para dimensionamento disponível na literatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Biodigestão Anaeróbia, do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal/UNESP, em uma sala fechada com $5,5 \text{ m} \times 7,0 \text{ m}$, com pé-direito de 3 m .

Foi testado um aquecedor comum, fabricado por IRMÃOS CIRELLI LTDA.[®] - Indústria de Implementos Avícolas, Agrícolas e Artefatos de Metal, que, segundo o fabricante, opera com GLP a baixa pressão (28 mm.c.a.), com capacidade calorífica de 5.024 kJ h⁻¹ e recomendado para 500 pintos.

O aquecedor foi avaliado com o combustível original (GLP), sem qualquer modificação no injetor (com perfuração de 0,65 mm de diâmetro e área de 0,3318 mm²) e, após essa avaliação, o aquecedor foi adaptado para o funcionamento a biogás.

Na adaptação, foi mantida a mesma grelha do queimador principal, aumentando-se a perfuração do injetor para permitir o funcionamento e a avaliação do aquecedor com o biogás. O aquecedor foi instalado à distância de 0,6 m entre o queimador e o piso, altura normalmente utilizada nas granjas.

Foram avaliados cinco injetores, que apresentam perfurações com áreas de 1,0053; 1,5080; 1,5708; 1,7672 e 1,980 mm², variando-se a pressão do biogás na entrada do aquecedor de 10; 12; 15; 17 e 20 cm de coluna d'água.

O biogás utilizado foi obtido em biodigestor modelo indiano, não foi purificado e apresentava em sua composição volumétrica 56,21% de CH₄ e 42,01% de CO₂, em média, teores próximos aos que se obtêm com a biodigestão da cama de frangos.

Os consumos de biogás foram registrados em medidor de vazão de gás modelo MG-2, fabricado pelo Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo, no qual o aquecedor foi acoplado por meio de mangueiras apropriadas para condução de GLP e normalizadas pela ABNT (1999). A temperatura do biogás foi mensurada com termômetro de mercúrio e vidro na entrada do medidor. O consumo de GLP foi realizado por meio de pesagens do botijão a cada 15 minutos de ensaio.

Em cada condição de operação do aquecedor, tanto com o combustível original como com biogás, foram utilizadas, no mínimo, duas horas de ensaio, com quatro repetições, determinando-se o consumo do gás na entrada do aquecedor e a temperatura nos seguintes pontos:

Ponto 1: sensor no nível do piso, no plano horizontal, e no centro do aquecedor, no plano vertical;

Ponto 2: sensor a 10 cm do piso, no plano horizontal, e 50 cm do centro queimador, no plano vertical;

Ponto 3: sensor a 10 cm do piso, no plano horizontal, e a 42,5 cm do centro do aquecedor, no plano vertical (borda do aquecedor), e

Ponto 4: sensor a 10 cm do piso, no plano horizontal, e a 85,0 cm do centro do aquecedor, no plano vertical.

Para o cálculo do poder calorífico do biogás e da massa específica do metano, utilizaram-se as eqs.(1) e (2) citadas por MITZLAFF (1988):

$$H_B = \% CH_4 \rho_{CH_4} H_{CH_4} \quad (1)$$

em que,

H_B - poder calorífico do biogás, kJ m⁻³;
 ρ_{CH_4} - massa específica do metano, kg m⁻³, e
 H_{CH_4} - poder calorífico do metano, kJ kg⁻¹.

$$\rho_{B,n} = \frac{0,72 (\% CH_4) + 1,96 (\% CO_2)}{100} \quad (2)$$

em que,

$\rho_{B,n}$ - massa específica normal do biogás, kg m⁻³.

Em relação às condições ambientais locais, as massas específicas do metano e do biogás foram corrigidas, conforme eq.(3):

$$\rho = \rho_{,n} \frac{p_a}{101,33} \frac{273,15}{273,15 + t} \quad (3)$$

em que,

- ρ - massa específica real do gás, kg m^{-3} ;
- $\rho_{,n}$ - massa específica normal do gás, kg Nm^{-3} ;
- p_a - pressão ambiente local, kPa, e
- t - temperatura ambiente local, $^{\circ}\text{C}$.

Para o cálculo da potência calorífica, utilizou-se da expressão apresentada por AMESTOY & FERREYRA (1987), a qual permite o cálculo do consumo de biogás para atender à potência calorífica desejada do aquecedor em kJ h^{-1} .

$$P_c = H_s Q \quad (4)$$

em que,

- P_c - potência calorífica, kJ h^{-1} ;
- H_s - poder calorífico superior do gás, kJ m^{-3} , e
- Q - consumo volumétrico de gás, $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$.

Para o cálculo da vazão de biogás no injetor, pode-se utilizar a expressão simplificada citada por SANTOS (1990), indicada para o dimensionamento de injetores de indução atmosférica para pressão de serviço de até 500 mm.c.a.

$$Q_n = 0,182 C d^2 \sqrt{\frac{h}{\delta(273 + t_g)}} \quad (5)$$

em que,

- Q_n - débito volumétrico normal de gás, $\text{Nm}^3 \text{h}^{-1}$;
- C - coeficiente de descarga do injetor;
- d - diâmetro do orifício do injetor, mm;
- h - pressão de serviço do gás, mm.c.a.;
- δ - densidade relativa do gás ao ar, $\rho_{\text{gás}} \rho_{\text{ar}}^{-1}$, e
- t_g - temperatura do gás, $^{\circ}\text{C}$.

Para a comparação dos resultados de consumo nas diferentes situações estudadas (pressão de serviço do biogás e abertura de injetor), utilizou-se do delineamento experimental inteiramente casualizado, adotando-se esquema fatorial 5 x 5, ou seja, cinco áreas na abertura dos injetores e cinco pressões de serviço do biogás, com quatro repetições. Para a comparação de médias, aplicou-se o teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a observação do desempenho do aquecedor adaptado a biogás, tomou-se como base o desempenho do mesmo aquecedor funcionando com o GLP. Assim, nas Tabelas 1 e 2, são apresentados os resultados de consumo de biogás e temperaturas nos pontos 2 e 3. Apesar de ter sido mensurada a temperatura em outros pontos, optou-se em apresentar apenas os dados obtidos nos pontos 2 e 3 por serem os mais importantes, uma vez que se localizaram no centro geométrico da projeção horizontal e na borda do aquecedor, respectivamente, locais onde as aves se concentram em busca de calor. Observa-se que o consumo de GLP ($89,66 \text{ g h}^{-1}$) foi obtido com o aquecedor funcionando da forma como foi fabricado. Considerando-se o poder calorífico do GLP igual a $46.473 \text{ kJ kg}^{-1}$, obtém-se um total de 4.167 kJ h^{-1} , valor abaixo do especificado pelo fabricante (5.024 kJ h^{-1}).

Quanto aos consumos de biogás, foram obtidos valores que variaram desde 0,1249 m³ h⁻¹ (abertura do injetor = 1,0053 mm² e 10 cm.c.a. de pressão do biogás) a 0,2795 m³ h⁻¹ (abertura do injetor = 1,9793 mm² e 20 cm.c.a. de pressão do biogás), porém o funcionamento do aquecedor ocorreu de forma satisfatória e sem dificuldades de queima com aumentos na abertura do injetor iguais ou maiores que 1,0053 mm², com pressão igual a 20 cm.c.a., conforme destacado com fundo cinza na Tabela 1.

Correlacionando-se o consumo do aquecedor (Tabela 1) com a sua eficiência de aquecimento (Tabela 2), observa-se que, para o aquecedor utilizado, os melhores desempenhos (comparado à eficiência de aquecimento do aquecedor acionado a GLP) apresentaram-se nas seguintes aberturas do injetor e respectivas pressões de serviço: 1,5080 mm² (= 20 cm.c.a.), 1,5708 mm² (=20 cm.c.a.), 1,7672 mm² (≥15 cm.c.a.) e 1,9793 mm² (≥12 cm.c.a.), ou seja, com o aumento na abertura do injetor e com pressões menores, foram observados consumos semelhantes aos obtidos quando se trabalha com menores aberturas do injetor e maiores pressões de serviço do biogás. Ressalta-se, porém, que, em todas as situações estudadas (pressão de serviço e abertura de injetor), as temperaturas alcançadas foram superiores à temperatura média recomendada para frangos de corte na fase inicial (32 a 36 °C, segundo MORO, 1995 e ABREU & ABREU, 2003).

TABELA 1. Consumo de biogás pelo aquecedor (m³ h⁻¹).

Abertura do Injetor (mm ²)	Pressão do Biogás (cm.c.a)					Consumo de GLP (g h ⁻¹) com o aquecedor funcionando com o injetor e combustível originais
	10	12	15	17	20	
1,0053	0,1249 q	0,1345 p	0,1548 o	0,1691 lm	0,1955 ij	89,66
1,5080	0,1569 no	0,1704 klm	0,1875 j	0,2040 gh	0,2181 f	
1,5708	0,1639 mn	0,1770 kl	0,1967 hi	0,2076 g	0,2280 de	
1,7672	0,1778 k	0,1935 j	0,2178 f	0,2310 d	0,2488 c	
1,9793	0,2002 ghi	0,2228 ef	0,2460 c	0,2599 b	0,2795 a	
F consumo	642,52**					
C.V. %:	1,53					

Médias seguidas de letra minúscula comum não diferem, pelo teste de Tukey ,a 5%; ^{NS}: não significativo a 5% de probabilidade; *: P<0,05 significativo a 5% de probabilidade; **: P<0,01 significativo a 1% de probabilidade.

cm.c.a: centímetros de coluna d'água

 condições operacionais em que não se obtiveram dificuldades no funcionamento

TABELA 2. Temperatura média (°C) obtida do aquecedor funcionando com biogás.

Abertura do Injetor (mm ²)	Pressão do Biogás (cm.c.a)								Temperaturas médias obtidas com o aquecedor acionado com o injetor original e funcionando com GLP		
	10		12		15		17				20
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	
1,0053	41,3	38,6	40,4	36,4	41,9	40,0	41,3	35,6	42,0	36,1	Temperaturas próximas às obtidas com o GLP.
1,5080	41,6	37,4	45,3	39,1	46,0	39,8	47,5	42,0	48,8	42,6	
1,5708	42,5	37,8	44,8	39,8	47,3	40,5	47,3	40,9	49,3	42,6	
1,7672	45,1	38,1	46,3	39,5	49,8	41,9	50,9	43,4	51,4	41,9	
1,9793	45,0	38,8	48,5	40,6	50,5	42,5	53,1	43,6	52,3	42,5	
									2	3	
									50,6	43,8	

2 - sensor situado num plano horizontal a 10,0 cm de altura do piso e 50,0 cm do queimador, no centro do aquecedor, no plano vertical.

3 - sensor a 10,0 cm do piso no plano horizontal e a 42,5 cm do centro do aquecedor, no plano vertical (borda do aquecedor).

cm.c.a: centímetros de coluna d'água

 Temperaturas próximas às obtidas com o GLP.

Para a comparação dos resultados obtidos com as equações de dimensionamento propostas por AMESTOY & FERREYRA (1987), foram adotados dados relativos à pressão de 15 cm.c.a. e

injetor com abertura de $1,7672 \text{ mm}^2$ (condições médias neste trabalho e temperaturas aceitáveis se comparadas ao GLP), apresentados na Tabela 1.

Considerando-se o biogás com composição teórica de 56,12% de CH_4 e 42,01% de CO_2 e o metano, segundo ARROYO (1984) e MITZLAFF (1988), apresentando os seguintes parâmetros termodinâmicos para as condições normais de pressão e temperatura: $\rho = 0,72 \text{ kg m}^{-3}$; $H_i = 50000 \text{ kJ kg}^{-1}$ e $H_s = 55545 \text{ kJ kg}^{-1}$ e aplicando-se esses valores de referência às eqs.(1) ($H_B = \% \text{CH}_4 \cdot \rho_{\text{CH}_4} \cdot H_{\text{CH}_4}$) e (2) $\rho_{B,n} = (0,72 (\% \text{CH}_4) + 1,96 (\% \text{CO}_2))/100$), foram obtidos os seguintes parâmetros para o biogás utilizado no ensaio:

$$H_{Bs} = 0,5612 \cdot 0,72 \cdot 55.545 = 22.444 \text{ kJ}$$

$$H_{Bi} = 0,5612 \cdot 0,72 \cdot 50.000 = 20.204 \text{ kJ}$$

$$H_{Bs} = \text{poder calorífico superior do biogás utilizado} = 22.444 \text{ kJ m}^{-3}$$

$$H_{Bi} = \text{poder calorífico inferior do biogás utilizado} = 20.204 \text{ kJ m}^{-3}$$

$$\rho_{B,n} = \frac{0,72 (56,12) + 1,96 (42,01)}{100} = 1,227 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\rho_{B,n} = \text{massa específica normal do biogás} = 1,227 \text{ kg m}^{-3}$$

A eq.(4) ($P_c = H_s \cdot Q$) permite calcular o consumo de biogás para atender à potência calorífica de 5.023 kJ h^{-1} do aquecedor, como segue:

$$Q_{B,N} = \frac{P_c}{H_{s, B}} = \frac{5023 \text{ kJ/h}}{22444 \text{ kJ/N m}^3} \therefore Q_{B,N} = 0,224 \text{ Nm}^3 \text{ h}^{-1}$$

$$Q_{Bn} = 0,224 \text{ Nm}^3 \text{ h}^{-1}$$

Utilizando-se da eq.(5) ($Q_n = 0,182 C d^2 \sqrt{h / (\delta (273 + tg))}$), indicada para o dimensionamento de injetores de indução atmosférica para pressão de serviço de até 500 mm.c.a. e adotando-se pressão de serviço de 15 cm.c.a. e 35°C de temperatura do biogás, obtém-se diâmetro do injetor igual a:

$$0,244 = 0,182 \cdot 0,8 d^2 \sqrt{\frac{150}{1,227(273 + 35)}} \therefore d = 1,557 \text{ mm}$$

d = diâmetro do injetor igual a 1,557 mm (área igual a $1,9028 \text{ mm}^2$).

Observa-se que o cálculo teórico recomenda abertura superior à utilizada no ensaio ($1,7672 \text{ mm}^2$ com 15 cm.c.a. de pressão) e que permitiu desempenho próximo ao obtido com o GLP, para o qual o aquecedor foi fabricado. Efetuando-se os cálculos de maneira inversa e utilizando-se da abertura de $1,7672 \text{ mm}^2$ com pressão de 15 cm.c.a., obtém-se consumo teórico de $0,208 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, valor inferior ao obtido experimentalmente no ensaio ($0,2178 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, Tabela 1), com potência calorífica de 4.668 kJ h^{-1} , ou seja, abaixo da especificação do fabricante para o GLP, porém acima do obtido no ensaio a GLP (4.167 kJ h^{-1}). Os resultados indicam que, para o aquecedor utilizado, as expressões de cálculo teórico e de parâmetros propostos por ARROYO (1984), AMESTOY & FERREIRA (1987), MITZLAFF (1988) e SANTOS (1990) podem ser utilizadas com segurança para o aquecedor em questão, visto que permitiram valores de abertura de injetor pouco maior do que o injetor que apresentou bom desempenho no ensaio e utilizado como exemplo nos cálculos anteriores ($1,7672 \text{ mm}^2$ com pressão de 15 cm.c.a.).

CONCLUSÕES

Os resultados da adaptação e desempenho de aquecedores a biogás mostraram que as equações de cálculo teórico e os parâmetros propostos na bibliografia podem ser utilizados com segurança e que a adaptação é simples, indicando a viabilidade da utilização dos aquecedores já

existentes em granjas e no mercado, com eficiências no aquecimento semelhantes às obtidas com o combustível original (GLP).

O funcionamento do aquecedor ocorreu de forma satisfatória e sem dificuldades de queima, quando se utilizaram aumentos na abertura do injetor a partir de 1,5080 mm², com pressão igual a 20 cm.c.a, demonstrando que o equipamento adaptado pode operar com baixa pressão.

Para o equipamento utilizado, a pressão de serviço mínima do biogás deve ser de 12 cm.c.a., desde que a abertura mínima do injetor seja igual a 1,9793 mm².

AGRADECIMENTOS

À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR-8613 EB 1502: Mangueiras de PVC plastificado para instalações domésticas de gás liquefeito de petróleo (GLP)*. Rio de Janeiro, set/1999, não pag.
- ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. Comportamento de aves em relação à regulação das campânulas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. *Anais...* Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. 1 CD-ROM.
- AMESTOY, E.A.; FERREYRA, R.D. Utilización del biogas. In: FAO SEMINARIO INTERNACIONAL DE BIODIGESTION ANAEROBIA, 1987. Montevideo. *Anais...* Comisión de Agroenergia, 1987. 63 p.
- ARROYO, N.A.R. O kit metano-diesel - atual estágio da pesquisa. In: ENCONTRO DE BIOGÁS AUTOMOTIVO PARA O MEIO RURAL, 1., 1984, Brasília. *Anais...* Brasília: EMATER, 1984. p.29-36.
- MARQUES, D. Desempenho de diferentes equipamentos. In: PINHEIRO, M.R. (org). *Manejo de frangos*. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1994. p.59-70.
- MITZLAFF, K. Von. *Engines for biogas: theory, modification, economic operation*. Braunschweig: Vieweg (GATE/GTZ), 1988. 133 p.
- MORO, D. Sistemas de aquecimento em instalações avícolas na fase inicial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1., 1995, Campinas. *Anais...* Campinas: FACTA, 1995. p.139.
- ROSS, C.C.; DRAKE, T.J.; WALSH, J.L. *Handbook of biogas utilization*. 2nd. ed. Atlanta: U.S. Department of Energy, 1996. pag. irreg.
- SALISBURY, J.K. *Kent's mechanical engineers handbook: power volume*. New York: John Wiley & Sons, 1950. 279 p.
- SANTOS, A.M. *Queimadores de gás com ar induzido - teoria e projeto*. São Carlos: EESC/USP, 1990. 29 p.
- SANTOS, T.M.B. *Balanço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte*. 2001. 167 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- SILVA, F.M.; LUCAS JÚNIOR, J.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, E. Desempenho de um aquecedor de água a biogás. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.608-14, 2005.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. *Relatório anual 2006/2007*. 2007. 80 p. Disponível em: <http://www.uba.org.br>. Acesso em: 10 maio 2007.