

GASEIFICAÇÃO DE PELETES DE CAMA DE AVIÁRIO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.

Guilherme Neitzke, guilhermeneitzke@yahoo.com.br¹
Carlos Alberto Gurgel Veras, Gurgel.ca@gmail.com²
Diego Raphael Cambraia de Alencar, diego10drc@gmail.com³

¹ Universidade de Brasília – UnB. Avenida Perimetral Norte 10.999 condomínio Mirante do Sol Apartamento 102 Bloco 8A Cep 74665 510. Goiânia - GO.

² Universidade de Brasília – UnB. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica. Bloco G. Laboratório de Energia e Combustão CEP 70910 900. Brasília – DF.

³ Universidade de Brasília – UnB. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica. Bloco G. Laboratório De energia e combustão CEP 70 910 900. Brasília – DF.

Resumo: *O presente trabalho apresenta a utilização da cama de frango, resíduo produzido ao longo do manejo da criação de frangos destinados ao abate, em um sistema de gaseificação. Esta atividade visa substituir a aplicação da cama de frango, como fertilizante ou ração animal, pela geração de energia elétrica por meio da gaseificação. Descreve-se o sistema de produção de pellets de cama de frango, e definem-se alguns parâmetros de avaliação da qualidade do combustível após densificação. O combustível desenvolvido foi empregado numa planta de gaseificação com reator do tipo co-corrente estratificado. O gás de síntese produzido foi introduzido num motor diesel operando no modo duplo-combustível com débito limitado. Este estudo preliminar comprova a viabilidade econômica do emprego de cama de frango na geração local (distribuída) de eletricidade.*

Palavras-chave: *Cama de aviário, gaseificação, peletização.*

1. INTRODUÇÃO

A energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna e está em todos os setores da sociedade. A grande exploração da energia através de fontes não-renováveis causa danos irreversíveis ao meio ambiente e após as crises energéticas dos anos 1970 e a preocupação com o meio ambiente o estudo de fontes alternativas de energia ganhou um grande destaque.

O petróleo é caracterizado pela tendência a alta cotações (superou os US\$ 100,00 por barril em 2008), o que estimulou a procura por outras fontes de energia com o desafio de reduzir o impacto ambiental e suportar o crescimento econômico (ANEEL, 2008).

O nível de produção de resíduos tem aumentado principalmente pelo crescimento do setor industrial. Uma importante justificativa para o emprego de fontes energéticas renováveis é a possível utilização dos resíduos minimizando sua produção, bem como sua eliminação de forma mais adequada evitando danos ao meio ambiente. O uso de resíduos sólidos para a geração de energia elétrica resolve dois problemas simultaneamente, um de ordem ambiental e outro de natureza energética.

Reduzir a dependência de combustíveis fósseis é uma medida estratégica importante para a garantia do suprimento de energia. Desta maneira não se fica tão vulnerável às oscilações dos preços do petróleo e às instabilidades políticas dos países produtores diversificando a matriz energética (Coelho, 2005).

A produção de energia elétrica e de biocombustíveis em larga escala está relacionada à biomassa agrícola e à utilização de tecnologias eficientes. A geração de resíduos agrícolas no Brasil é grande, em função da presença de uma agroindústria forte e de grandes plantações no país. A biomassa é obtida pelo processamento dos resíduos das culturas e das atividades agroindustriais.

A cama de aviário (Figura 1) é um material polidisperso e sua compactação é necessária para a gaseificação, sendo a peletização uma das soluções para compactação. A peletização é um processo de densificação energética da biomassa que transforma resíduo em combustível sólido. Existem inúmeras vantagens na densificação, entre elas, a facilidade de transporte e armazenagem, ausência de poeira e uniformidade no material o que permite melhor controle da combustão.



Figura 1 - Cama de aviário *in natura*. Fonte : Autor

Com a escassez de energia e o seu custo futuro, a gaseificação é uma alternativa para o uso do rejeito. A partir da geração de 1,3 kg de cama de aviário por ave, estimativas que indicam um poder calorífico de 13,5 MJ/kg (base seca) e assumindo-se um ciclo termodinâmico com 30% de eficiência, o montante de energia elétrica anual que poderia ser gerada é de 913 MW.

2. FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICO / TECNOLÓGICA

Energia, meio ambiente, desenvolvimento econômico e produção agroindustrial estão forte e intimamente conectados. O consumo global de energia aumentou 25% nas duas últimas décadas principalmente em países menos desenvolvidos. Com esse crescimento observou-se o declínio da qualidade do ar urbano e a séria e intensa degradação do solo e águas. O crescimento econômico sustentável juntamente com o incremento da qualidade de vida de todos os habitantes do planeta pode ser possível com o uso bem planejado e eficiente dos limitados recursos energéticos e o desenvolvimento de novas tecnologias de energia (Hinrichs & Kleinbach, 2003).

Segundo Karekesi *et al.*, (2005) a biomassa pode ser classificada em 3 categorias de acordo com a tecnologia empregada na sua utilização energética. São elas:

- Tecnologias tradicionais de uso da biomassa (ou biomassa tradicional): combustão direta de madeira, lenha, carvão vegetal, resíduos agrícolas, resíduos de animais e urbanos, para cocção, secagem e produção de carvão;
- Tecnologias “aperfeiçoadas” de uso da biomassa (ou biomassa “aperfeiçoada”): tecnologias aperfeiçoadas e mais eficientes de combustão direta de biomassa, tais como fogões e fornos;
- Tecnologias modernas de uso da biomassa (ou biomassa moderna): tecnologias avançadas de conversão de biomassa em eletricidade e o uso de biocombustíveis.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008 a biomassa foi responsável pela oferta de 18 TWh (terawatts-hora) em 2007 conforme apresentado na Figura 2.

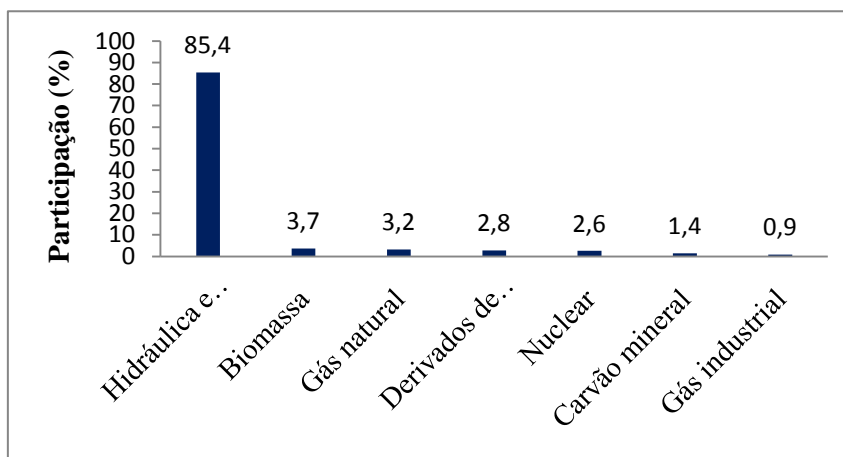


Figura 2 - Matriz de oferta de energia elétrica no Brasil em 2007. Fonte: MME, 2008.

A biomassa teve uma participação de 3,7% da oferta total de energia elétrica e corresponde à segunda posição na matriz da eletricidade nacional e só foi superada pela hidroeletricidade.

O Brasil por ser o maior exportador mundial de carne de frangos, possui umas das aviculturas mais desenvolvidas e com tecnologia do mundo, o que evidencia o manejo utilizado na avicultura brasileira e em regiões de grande concentração de produtores de frango. Isto gera um excedente de camas usadas para disposição no meio ambiente, provocando excesso de nutrientes no solo. (Ávila, 2007).

A cama de aviário constitui o principal resíduo da avicultura de corte, o que leva a produção avícola busque alternativas de uso, manejo e destino deste material, respeitando os princípios da produção sustentável, no contexto dos aspectos sanitários, econômicos e ambientais (Silva, 2008).

Com a publicação no Diário Oficial da União da Instrução Normativa nº 41, de 8 de outubro de 2009, o Ministério da Agricultura aprovou novos procedimentos a serem adotados na fiscalização de alimentos de ruminantes em estabelecimentos de criação e na destinação dos ruminantes que tiverem acesso a alimentos compostos por subprodutos de origem animal proibidos na sua alimentação. Está incluso, entre os subprodutos da avicultura, a cama de frango, farinhas de vísceras e/ou de penas e farinhas de resíduos de abatedouros avícolas, cujo uso é proibido desde 2001. Embora se concentre na fiscalização dos alimentos servidos a ruminantes oriundos de fazenda, a instrução normativa estabelece a interdição dos animais passíveis de acesso ao alimento suspeito até a emissão dos resultados finais de análise. Se o resultado for positivo à presença de subprodutos de origem animal proibidos no alimento analisado, ocorrerá a eliminação dos ruminantes em abatedouros fiscalizados ou na propriedade, no prazo máximo de 30 dias (Asgav, 2009).

Por apresentar grandes desafios a sua reutilização, pelo risco de transmissão do “mal da vaca louca” para o gado, custo das avaliações de balanço de nutrientes do solo, a análise química da cama tornando o custo de produção maior para o produtor e a recente instrução normativa do MAPA, a gaseificação da cama de aviário surge como uma excelente oportunidade para o avicultor com agregação de valor ao seu produto, minimizando os impactos ambientais e produzindo a sua própria energia. Na figura 3 é apresentado o ciclo da produção de energia a partir de cama de frango.

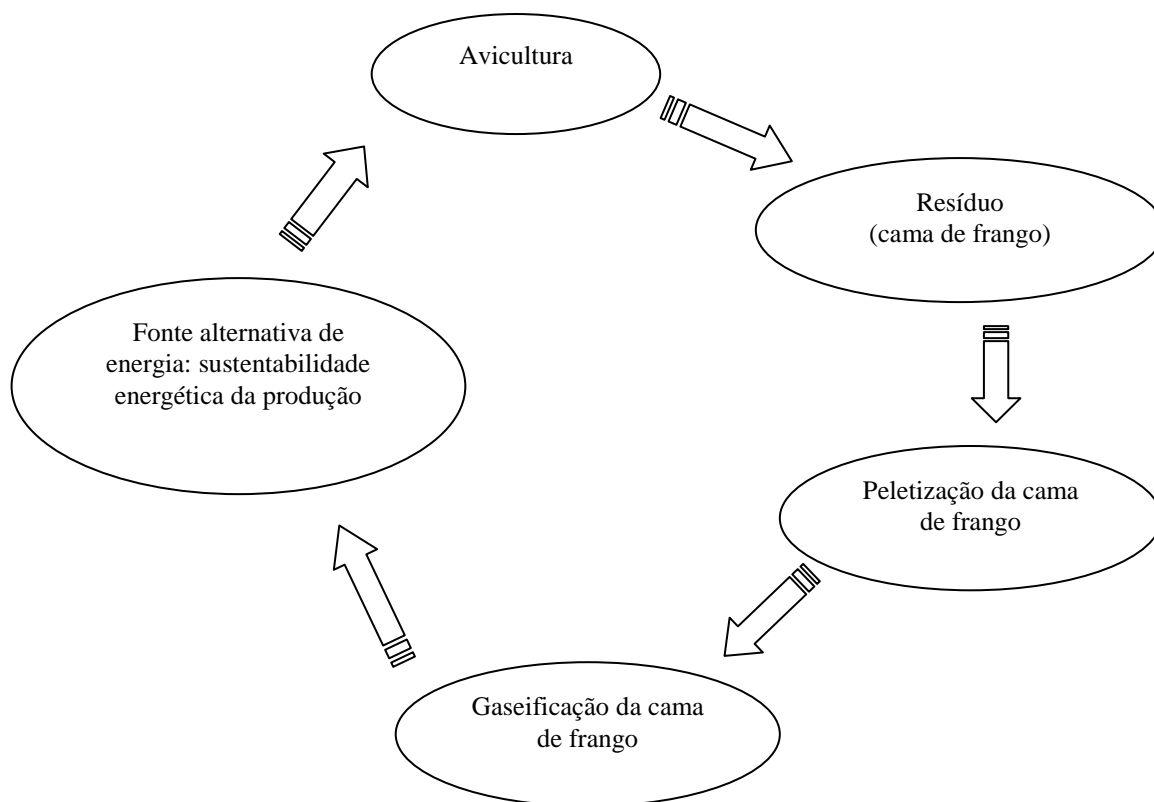


Figura 3 - Ciclo de produção de energia a partir da cama de frango.

2.1. Uso de Cama de Aviário para Geração de Energia Elétrica

A avicultura tem vivenciado nos últimos anos um período de franca expansão em virtude de vários fatores, dentre os quais se destacam a evolução genética e os avanços em relação ao manejo e à nutrição. Uma das maiores preocupações dos diferentes órgãos nacionais e internacionais ligados à saúde e ao bem estar está relacionada ao adequado destino dos resíduos produzidos por essa prática agropecuária.

O Brasil vai corresponder por 40% do mercado mundial de frango (Figura 4), fornecendo carne de aves para mais de 160 países. Os Estados Unidos participarão com 34%. Os 26% restantes correspondem a União Europeia com 8,63%, a Tailândia 5,04% a China com 3,05% e a Argentina com 2,45% do total. Novos mercados são incorporados a cada ano, como Congo e Paquistão (Avisite, 2009).

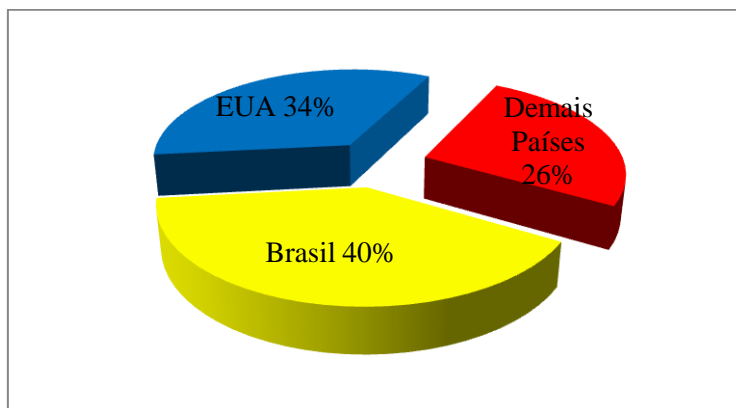


Figura 4 - Previsão da distribuição de carne de frango em 2010. Fonte : USDA

Um estudo do balanço energético da criação comercial de frangos demonstrou que a atividade possui alto consumo energético, apresentando eficiência energética igual a 28%. Da energia direta que entra no sistema, 10,2% corresponde à maravalha, 0,3% às aves, 86,5% à ração, 0,8% à eletricidade e 2,1% ao GLP. A energia que sai do sistema, 46,7% poderia retornar na forma de biogás, através da biodigestão anaeróbia da cama. A análise econômica evidenciou oportunidades favoráveis à implantação de biodigestor (Santos, 2001).

Luczynski e Avellar (2002) estudaram a inserção de biogás no meio rural em substituição ao Diesel. A introdução da geração de energia elétrica com biogás em regiões rurais e isoladas do Brasil, num primeiro instante, deve superar as barreiras existentes quanto à utilização do biogás. Ainda existe a idéia generalizada de que o biogás é um gás pobre e de baixa capacidade calorífica. Outra barreira mencionada pelos autores é a estrutura de dependência que foi criada em relação ao óleo Diesel, baseada na centralização da distribuição e na venda em pequenas quantidades.

Sordi *et al.* (2004) realizou um estudo do potencial energético teórico da cama de aviário produzida na região Oeste do Paraná e foi estimado um valor do potencial energético de 49,2 MW, referente ao ano 2001. O autor concluiu que a cama de aviário apresenta-se como uma alternativa energética.

Os estudos realizados no Brasil sobre a geração de energia elétrica a partir da cama de aviário são por biodigestão. Não foi encontrado nada relacionado à gaseificação de cama de aviário para geração de energia elétrica. A partir dessa premissa o estudo tem como principal objetivo a utilização do material orgânico na forma de peletes para geração de eletricidade.

2.2. Gaseificação de Resíduos Agrícolas

A gaseificação é definida como a conversão da biomassa ou de qualquer combustível sólido, em um gás combustível, através da oxidação parcial a temperaturas elevadas. Tecnologias como a gaseificação, que permite a utilização de biomassa como combustível para tais máquinas com um mínimo de preparação, são de particular importância (FAO, 1986). Um sistema de gaseificação com características bastante interessantes é o do tipo *downdraft* estratificado onde o ar e a biomassa entram pela parte superior do reator e o gás de síntese sai pela parte inferior do mesmo (Figura 5). Este sistema opera gerando um gás relativamente limpo no que tange às concentrações de alcatrão.

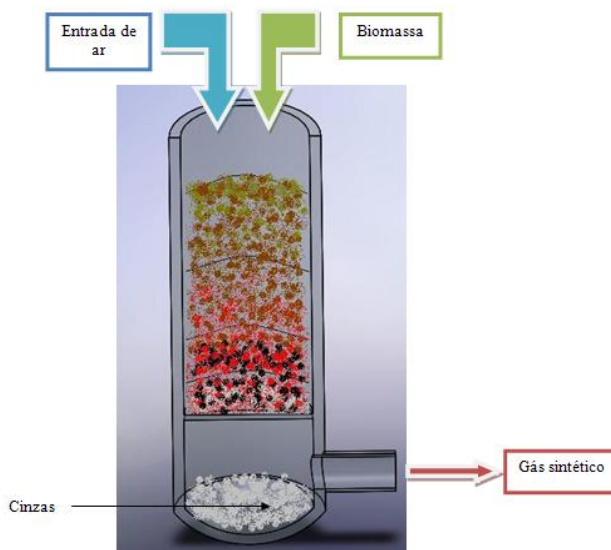


Figura 5 - Esquema de um gaseificador tipo downdraft. Rodrigues, 2008

A gaseificação constitui uma excelente tecnologia de conversão termoquímica para a biomassa com a possibilidade de utilização dos gases obtidos, como combustível, e assegurar seu aproveitamento energético em instalações de fornos (para geração direta de calor), motores de combustão interna e turbinas a gás (para a geração de potência mecânica e energia elétrica). O gás combustível obtido deve ser livre de alcatrão e particulados sólidos (Gómez, 1996).

Comprovou-se através de estudos realizados que a gaseificação da biomassa do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) é uma alternativa sustentável para geração de energia com baixa emissão de poluentes. Utilizou-se um grupo moto-gerador Diesel operando em regime híbrido alcançando uma substituição de 70% do óleo diesel pelo gás de biomassa. Estimou-se, em valores da época, um custo de 0,16 a 0,23 R\$/kWh, o que, em termos econômicos, confirma a viabilidade para o projeto de eletrificação rural (Cortes & Sanchez, 2000).

Algumas pesquisas relacionadas com gaseificação de cama de aviário foram realizadas. Resultados experimentais sobre os efeitos da temperatura do leito e composição do gás e recuperação de energia de biomassa são apresentados na gaseificação, usando ar e ar-vapor, como oxidantes. O resultado indicou que a gaseificação da cama de aviário em comparação a dois tipos de carvão (Wyoming sub-betuminoso e Texas carvão Lignite) nas mesmas condições de operação produziram uma maior quantidade de hidrogênio (Gordillo *et al.*, 2009).

Um projeto federal nos Estados Unidos demonstrou a viabilidade técnica e econômica em relação ao uso de carvão, na gaseificação da biomassa (cama de aviário) e co-incineração em uma caldeira operada pela Western Kentucky Energy Corporation. O foco principal é o uso de cama de frango como combustível para o processo de gaseificação. A planta Reid será capaz de reduzir o seu consumo de combustíveis fósseis de 8 à 10% e pode reivindicar a redução das emissões dos gases de efeito estufa (CO₂) de suas caldeiras (Patel *et al.*, 2001).

Uma grande limitação do uso da tecnologia de gaseificação e motores de combustão interna é o processo de limpeza do gás principalmente na remoção do alcatrão e de particulados muito finos. Experiências mostraram que motores acionados a gás de biomassa indicaram que substâncias contaminantes como o alcatrão, a poeira, a fuligem e as cinzas são responsáveis pelo desgaste do motor (Stassen e Koele, 1997; Bühler, 1997).

2.3. Peletização da Cama de Aviário

Peletização e briquetagem são processos de densificação energética da biomassa, transformando resíduo em combustível adensado. Existem inúmeras vantagens na densificação, entre elas, a facilidade do transporte e estocagem do combustível, o material é uniforme permitindo melhor controle da combustão e possuem densidade energética elevada (Quirino, 2007).

Os principais fatores que influenciam a peletização são o correto condicionamento com vapor, a textura, a granulometria e o tamanho das partículas. Segundo Bezzon (1994), a compactação de descartes de madeira produz combustíveis sólidos de excelente qualidade.

Cada país ou região explora os seus recursos mais abundantes e mais disponíveis. Os Estados Unidos procuram otimizar as reservas de petróleo junto aos países árabes, seja por meio de acordos comerciais, bilaterais ou ações bélicas. Os europeus voltam-se mais para as energias renováveis, entre eles países como Suécia e Finlândia ricos em biomassa de turfa e de coníferas, com uma cobertura nativa de coníferas com mais de 60% do território (Alakangas, 2002; Zakrisson, 2002; Hirsmark, 2002).

Alakangas (2002) mostra que o diferencial de mercado do pelete e do briquete na Finlândia além do menor preço é a sua condição ecológica. Yagy (2006) afirma que os benefícios dos peletes são a indução à redução do aquecimento global e mitiga a dependência dos combustíveis fósseis.

Os países nórdicos, principalmente Suécia e Finlândia que não tem hidroelétricas, são os que reúnem maior *know how* de produção e comércio em peletes e briquetes tanto de madeira como de carvão entre outros biocombustíveis sólidos. Nestes países em função do frio intenso, com menos radiação solar e lentidão de geração de biomassa em relação ao Brasil, existem em funcionamento plantas de co-geração elétrica movidas a combustíveis sólidos biomássicos como briquete e pelete (Bridgwater, 2007; Hirsmark, 2002; European pellet centre, 2007; Vapo, 2006).

Hoje o processo de peletização é muito utilizado dentro das fábricas de ração animal balanceada de todo o mundo por apresentar benefícios físicos, econômicos e nutricionais e é sem dúvidas, o processo de maior demanda de energia e capital dentro da cadeia de suprimentos e alimentação animal. A peletização também é utilizada para sementes pequenas de alto valor para incorporação de materiais benéficos como fungicidas, inseticidas dentre outros. Para a gaseificação foi necessário a peletização da cama de aviário.

3. METODOLOGIA

O sistema de gaseificação utilizado para o presente estudo é de leito fixo do tipo co-corrente estratificado (topo aberto) e sistemas auxiliares (Figura 6).



Figura 6 - Sistema de gaseificação (Lea – UnB).

1 – Reator; 2 – Ciclone; 3 – Trocador de calor; 4 – Filtro de limpeza; 5 – Motogerador.

Basicamente, o processo pode ser dividido em três etapas: a geração de gás ou a gaseificação propriamente dita, a limpeza do gás e, por fim, a queima deste. Após o reator tem-se o sistema de limpeza de material particulado. Na fase seguinte o gás é resfriado em um trocador de calor. O trocador de calor possui um tanque para armazenar os condensáveis e o acesso aos tubos é facilitado para permitir manutenção sistemática do equipamento. Por fim tem-se um elemento filtrante, cujo interior é carregado com a biomassa disponível, cujo tamanho de partícula deve ser apropriado para esta fase. Após algum tempo esta biomassa deve ser substituída. A biomassa utilizada pode ser consumida no próprio reator de gaseificação.

O grupo motogerador onde foram realizados os ensaios utiliza um motor Diesel Kirloskar modelo DM-20, de fabricação indiana com as seguintes características:

- Cilindros/disposição: 2 cilindros em linha;
- Válvulas: 2 por cilindro, no cabeçote;
- Comando de válvulas: lateral no bloco;
- Diâmetro x curso: 100 mm x 120 mm;
- Cilindrada total: 1.884 cm³;
- Taxa de compressão: 17.0:1;
- Potência: 23,0 cv (16,9 kW) a 1.800 rpm;
- Refrigeração: a água, circuito fechado, bomba centrífuga;
- Lubrificação: óleo, com bomba tipo diafragma;
- Admissão: aspiração natural;
- Injeção de combustível: bomba injetora mecânica de controle automático de rotação.

O gerador elétrico (Heimer do Brasil LTDA) acoplado ao motor Kirloskar possui as seguintes características:

- Modelo: GEHK-18;
- Tensão e Frequência de saída: 220 V (corrente alternada) e 60Hz;
- Rotação de trabalho: 1.800 rpm;
- Potência máxima fornecida: 12,5 kW.

Para efetuar os testes de simulação de carga foi utilizado um grupo moto gerador, com um banco de resistências e entre o gerador elétrico e o banco de resistências foi instalado um medidor de potência.

O consumo de óleo combustível foi medido por uma balança de precisão e o consumo médio de biomassa por meio do controle da coluna de biomassa no reator de gaseificação (co-corrente, topo aberto) e uma balança eletrônica de precisão. Uma sonda do analisador de gases foi colocado no cano de descarga para analisar os gases resultantes do processo..

Na emissão, os gases analisados foram o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO₂), o oxigênio (O₂), os hidrocarbonetos (HC) e o óxido nítrico (NO_x) com o motor funcionando somente com óleo Diesel e com o gás da cama de aviário juntamente com óleo Diesel.

O poder calorífico é definido como a quantidade de energia liberada na forma de calor durante a combustão completa da unidade de massa do combustível. Foi utilizada no experimento uma bomba calorimétrica. Para o cálculo do calor de combustão da amostra (H) foi usada a seguinte equação:

$$H = \frac{C\Delta T - e}{m} \quad (1)$$

Onde; C é o calor de combustão da cama de aviário, em calorias por grama, m é a massa da amostra de cama de aviário, ΔT é a variação da temperatura medida entre o início e o final da queima da amostra, e fator de correção para o calor de combustão do fio de platina em calorias. Essa correção é necessária, pois o fio também é queimado durante a combustão e libera calor.

Foi realizada uma análise microbiológica da cama de aviário *in natura* e das cinzas resultantes da geseificação, para determinação qualitativa de diversas colônias de bactérias, leveduras e fungos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cama de aviário por ser um material polidisperso possui composição variada, é porosa e sua estrutura é fina (Figura 7). Com esta estrutura sua densidade energética é baixa, foi necessário efetuar a peletização (densificação) do resíduo a fim de aumentar sua densidade energética. Os peletes foram produzidos em uma máquina peletizadora.



Figura 7 - Cama de aviário *in natura* e peletizada.

Os peletes se caracterizam por possuir um comprimento de 22 mm e um diâmetro de 8 mm. Após o processo de peletização foi realizado o cálculo da densidade a granel, a densidade do pelete e a densidade da cama de aviário *in natura* apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Densidade da cama de aviário *in natura* e peletizada.

Material	Densidade (kg/m ³)
Cama de frango <i>in natura</i>	287,07
Pelete cama de aviário a granel	523,1
Pelete cama de aviário	1143

A densidade da cama de aviário *in natura* foi da ordem de 287,07 kg/m³, um valor 1,82 vezes inferior ao encontrado com a cama de frango peletizada a granel que foi da ordem de 523,1 kg/m³. Essa densidade a granel da cama de aviário peletizada apresenta um valor superior ao encontrado quando comparado ao caroço do açaí (240 kg/m³) e à fibra de coco (282 kg/m³) (Netto et al, 2006).

O alto valor da densidade do granel dos peletes da cama de aviário pode ser explicado pelo tamanho e formato dessas partículas, que promovem melhor arranjo e compactação no recipiente. A densidade do pelete foi da ordem de 1143 kg/m³, um valor semelhante ao do endocarpo da macaúba 1161 kg/m³ e do endocarpo do babaçu 1085 kg/m³.

Os valores do poder calorífico superior foi de 13,5 MJ/kg. O resultado é comparável aos encontrados por Dagnall *et al.*, (2000) para cama de aviário (9 a 13 MJ/kg). Segundo esse autor, o valor do poder calorífico deste resíduo depende da composição da cama de aviário.

Para baixas potências o reator do tipo co-corrente é bastante indicado pelo alto poder de quebra dos hidrocarbonetos condensáveis (alcatrão). Para operar a contento o reator precisa ser muito bem dimensionado e alguns meios devem ser providenciados para que o leito se mantenha homogêneo.

É recomendado que o teor de umidade do material a ser gaseificado esteja no intervalo de 8 e 20 %. Provavelmente é o fator mais importante a ser levado em consideração quando se estuda a viabilidade do aproveitamento do resíduo. As amostras foram secas em estufa a $105 \pm 2^\circ \text{C}$, até que a massa permanecesse constante. O teor de umidade encontrado foi de 17%, que está no intervalo recomendado.

Foi realizado um ensaio de longa duração e os parâmetros observados foram o consumo de Diesel com e sem o gás de síntese proveniente da cama de aviário peletizada e o consumo da cama de aviário peletizada para as cargas de 2, 4, 6 e 8 kW. Os resultados se encontram na Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo de Diesel e da cama de aviário peletizada no processo de gaseificação.

Parâmetros	Potência			
	2 kW	4 kW	6 kW	8 kW
Consumo de Diesel (l/h)	2,13	2,34	2,9	3,5
Consumo de Diesel com gás (l/h)	1,34	1,48	1,85	2,28
Consumo de biomassa (kg/h)	3,45	7,22	11,3	17,55

Com base nos dados da Tabela 2 foi confeccionado uma figura comparando o sistema funcionando com óleo Diesel e com gás de síntese da cama de aviário.

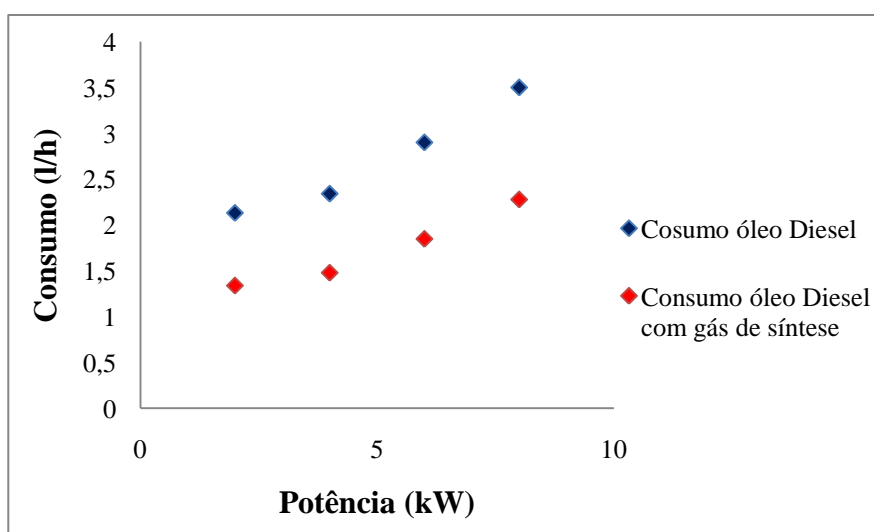


Figura 8 - Consumo (l/h) versus Potência (kW).

A economia no consumo de óleo Diesel foi da ordem de 36,22 % com o motor funcionando com gás proveniente da cama de aviário. O valor foi inferior ao encontrado para aos testes realizados com o endocarpo da macaúba e babaçu que foram da ordem de 70,34 % e 74,6% respectivamente. O consumo da cama de aviário peletizada foi da ordem de 1,90 kg/h para cada kW de energia gerado, um valor superior ao encontrado para o endocarpo da macaúba e do babaçu que foram da ordem de 1,33 kg/h e 1,20 kg/h respectivamente.

Uma possível causa dos resultados encontrados para a cama de aviário em relação à economia no consumo de combustível ser menor e o consumo de biomassa ser maior, quando comparados aos resultados da macaúba e babaçu, é que o seu menor poder calorífico é menor e o teor de cinzas é maior.

Foram observadas as emissões de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), Oxigênio (O₂), Hidrocarbonetos (HC) e Óxido Nitroso (NO_x) com o motor funcionando somente com óleo Diesel e com o gás da cama de aviário juntamente com óleo Diesel. Os resultados indicaram que o teor de emissão de monóxido de carbono e dos hidrocarbonetos é maior com o gás da cama de aviário. Entretanto o teor de emissão de óxido nitroso e dióxido de carbono foram menores. O teor de oxigênio foi semelhante para os dois casos observados.

5. CONCLUSÕES

O estudo mostrou que os peletes produzidos foram de excelente qualidade. Para o uso da cama de aviário na gaseificação é necessária a peletização do material. A análise dos resultados obtidos neste trabalho permite afirmar que a utilização do gás de síntese, produzido por gaseificadores do tipo “downdraft” estratificado, torna atrativa a operação de grupos geradores Diesel destinados a geração de energia elétrica pelos avicultores. Como importante vantagem destaca-se a possibilidade de substituição parcial do Diesel, em 36%, sem importantes modificações operacionais na unidade, destinação adequada de um rejeito da atividade avícola e uma oportunidade de formulação de um fertilizante de alta qualidade agregando valor ao seu produto.

Conforme Silva (2008), quando um lote de aves passa por algum tipo de doença a reutilização da cama não é possível. Com a gaseificação o material chega a uma temperatura de até 1050°C e uma análise microbiológica não identificou formação de carga microbiana nas cinzas, diferente do resultado encontrado para a cama de aviário *in natura*, que tinha uma alta carga microbiana (Salmonella). A cama de aviário por possuir uma grande quantidade de cinzas, deve ter um sistema de remoção bem dimensionado.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

7. REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2008) “Atlas da Energia Elétrica no Brasil” 3º Edição, Brasília, 236 p.
- Alakankas, E. Wood pellets in Finland – Technology, economy and market. OPET 5. VTT – Technical Research Centre of Finland. Jyväskylä. 2002.
- Associação Gaucha de Avicultura – Asgav. MAPA aperta cerco contra produtos de origem animal na alimentação de ruminantes. Disponível em <http://www.asgav.com.br/main.php?page=noticia&n=2270&>. Acesso em outubro, 2009.
- Avila, V. S., Abreu, V. M. N., Élsio Antônio Pereira de Figueiredo, Brum, P. A. R., Ubirajara de Oliveira. Valor Agrônomo da Cama de Frangos após Reutilização por Vários Lotes Consecutivos. Comunicado Técnico N°466. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 4p.
- Avisite. Em 2010, Brasil responderá por 40% do comércio mundial de frango. Disponível em <http://www.avisite.com.br/noticias/noticias.asp?codnoticia=10554>. Acesso em outubro, 2009.
- Balanço Energético Nacional – BEN (2008) Ano Base 2007, Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro : EPE 2008. 234p.
- Bridgwater, A. V. Biomass fast Pyrolysis. Bioenergy Research Group. Aston University. Birmingham. United Kingdom. 2007.
- Bühler, R. “Fixed bed gasification for electricity generation application in Europe”, in M. Kaltschmitt e A.V. Bridgwater (eds.), Biomass gasification & pyrolysis – State of the art and future prospects. Newbury: CPL Press, 1997, pp. 117-28.
- Coelho, S.T. Resultados do workshop STAP/GEF, Delhi, 2005. Comunicação pessoal. Setembro, 2005.
- Cortes, M., & Sanchez, C. (2000). Projeto gaseificação de gramínea (*pennisetum purpureum*). Encontro de Energia no Meio Rural. Campinas - SP: UNICAMP.
- Dagnall, S. *et al.* Resource mapping and analysis of farm livestock manures – assessing the opportunities for biomass-to-energy schemes. Bioresour. Technol., Essex, v. 71, p. 225-234, 2000.
- European pellet centre. Disponível em <http://www.pelletcentre.info/cms/site.aspx?p=878>. Acesso em setembro, 2009.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1986). Wood gas as engine fuel. Rome, Italy: FAO.
- Gómez, E. O. (1996), “Projeto, Construção e Avaliação Preliminar de um Reator de Leito Fluidizado para Gaseificação de Bagaço de Cana-de-açúcar”, dissertação de mestrado Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo.
- Gordillo G, *et al.* Adiabatic fixed-bed gasification of coal, dairy biomass, and feedlot biomass using an air–steam mixture as an oxidizing., Renewable Energy (2009).
- Hinrichs, R.A., Kleinbach, M. Energia e meio ambiente – Tradução da 3º edição norte americana. São Paulo, 2003.
- Hirsmark, J. Densified biomass fuels in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences. Master of Science Thesis. Examensarbeten nr 3. Uppsala. 2002.
- Karekesi *et al.* Status of Biomass Energy in Developing Countries and Prospects for International Collaboration. In GFSE-5 Enhancing International Cooperation on Biomass. Background Paper. Áustria, Maio 2005.
- Luczynski, E., Avellar, L. Abordagem Qualitativa da Inserção do Biogás x Diesel para o Meio Rural. In: AGRENER, 2002, Campinas. AGRENER/2002. Campinas : Unicamp, 2002.
- Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional – BEM. Brasília: MME, 2008. Disponível em: <http://www.mme.gov.br> Acesso em setembro de 2009.
- Netto, G. B. F., Oliveira, A. G. de P., Coutinho, H. W. M., Nogueira M. F. M., Rendeiro, G., 2006, “Caracterização Energética de Biomassas Amazônicas”, AGRENER 2006, Campinas.

- Patel *et al*, K. McQuigg, R. Toerne. Integration of poultry litter gasification with conventional pulverized coal fired power plant, 2001.
- Quirino, W. F. Densificação de Resíduos da Biomassa. Workshop – Madeira Energética: Principais questões envolvidas na organização e no aperfeiçoamento do uso energético da lenha. Rio de Janeiro. 2007.
- Santos, T. M. B. Balanço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte. Doutorado em Zootecnia (Producao Animal). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. 2001.
- Silva, V.S., Manejo Adequado para Reutilização de Cama de Aviário. Conferência Apinco 2008 de Ciência e Tecnologia Avícolas. Santos – SP.p311-322.
- Sordi *et al*. Souza, S.N.M., Oliveira, F.H. Distribuição geográfica do potencial energético dos resíduos da avicultura de corte na região Oeste do Paraná. 4º Encontro de Energia no Meio Rural. Campinas-SP. 2002.
- Stassen, H.E., Koele, H.J. “The use of LCV-gas from biomass gasifiers in internal combustion engines”, in M.Kaltschmitt e A.V. Bridgwater (eds.), Biomass gasification & pyrolysis – State of the art and future prospects. Newbury: CPL Pres, 1997, pp.269-81.
- Vapo. Disponível em <http://briquetes.com.br/index.php?pg=utilização>. Acesso em setembro, 2009.
- Yagy, K. Economics and a policy option of Wood pellet fuel in Japan. Journal of the Japan Institute of Energy. V 85, n 6, p 451 – 460. 2006.
- Zakrisson, M. A comparision of international pellet production costs. Swedish University of Agricultural Sciencies. Examensarbeten nr 39, Uppsala. 2002.

8 - RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

GASIFICATION OF POULTRY LITTER PELLETS FOR ELECTRICITY GENERATION

Guilherme Neitzke, guilhermeneitzke@yahoo.com.br¹
Carlos Alberto Gurgel Veras, Gurgel.ca@gmail.com²
Diego Raphael Cambraia de Alencar, diego10drc@gmail.com³

Abstract – *This work presents a study on the use of poultly litter as a feedstock for small gasification units. The synthesis gas was consumed in an internal combustion engine operating in dual fueling mode (diesel cycle). This is an important alternative in substitution of the manure as a direct land fertilizer. The paper characterizes the feedstock, presents the densificatiion process, and introduces some performance parameters for the produced pellets. The fuel feeded a small gasification reactor based on stratified downdraft technolgy. The synthesis gas passed then through a cleaning and cooling process before entered the internal combustion engine. The producer gas was mixed with air before intake and simultaneously burned with a limited amount of injected diesel, for pilot flame and power demand variation control. An economic preliminary study also indicated the feasibilibility of the use of poultry litter as a feedstock for distributed electricity generation .*