



Encontro Internacional sobre Gestão  
Empresarial e Meio Ambiente

ISSN: 2359-1048  
Dezembro 2016

## **DISPONIBILIDADE POTENCIAL DE ESTERCO DA BOVINOCULTURA LEITEIRA PARA ENERGIA EM COOPERATIVA**

**CYMARA REGINA OSHIRO**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
cymara\_regina@yahoo.com.br

**DIMAS AGOSTINHO DA SILVA**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
dimass@ufpr.br

**ROBERTO TUYOSHI HOSKAWA**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
rth@onda.com.br

**JOÃO CARLOS GARZEL LEODORO DA SILVA**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
garzel@ufpr.br

**NELSON YOSHIHIRO NAKAJIMA**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
nelson.nakajima@ufpr.br

# **DISPONIBILIDADE POTENCIAL DE ESTERCO DA BOVINOCULTURA LEITEIRA PARA ENERGIA EM COOPERATIVA**

## **RESUMO**

A necessária inserção tecnológica para aumentar a produtividade do rebanho leiteiro tem como consequência a alta produção de esterco e outros resíduos, normalmente utilizados como fertilizante para lavouras e pastagens. Porém, as pesquisas têm demonstrado que em determinadas condições geográficas a aplicação do esterco torna indisponível os nutrientes para as plantas, impermeabiliza o solo ou contamina cursos d'água. Esta pesquisa foi realizada junto a produtores de leite da Cooperativa Agroindustrial de Arapoti no Estado do Paraná. A produtividade de leite dos cooperados é alta devido ao aprimoramento genético, uso de tecnologia no manejo do rebanho, sistema de ordenha e produção agrícola, tendo como consequência a ocorrência de solos saturados que impedem o uso de todo o esterco resultante da atividade leiteira. A cooperativa utiliza lenha como fonte de energia em sua fábrica de ração e o esterco excedente poderia ser utilizado como fonte alternativa. O trabalho teve por objetivo verificar a disponibilidade potencial do esterco para uso energético em cooperativa, cujos resultados apontaram que mesmo considerando a proporção relativa utilizada como fertilizante, a cooperativa poderia se apropriar do excedente de esterco como biomassa para energia.

**Palavras-chave:** biomassa energética, esterco bovino para energia.

## **POTENTIAL AVAILABILITY FOR ENERGY FROM DAIRY CATTLE MANURE**

### **ABSTRACT**

To increase productivity of dairy cattle, technological integration is needed and as result there is a high production of manure and other waste, that is commonly used as fertilizer for crops and pastures. However, research has shown that under certain geographical conditions the applications of manure becomes unavailable nutrients for plants, waterproofs the soil or contaminate waterways. This research was realized with the dairy farmers at Cooperativa Agroindustrial of Arapoti in the state of Paraná. The milk productivity of cooperative members is high due to genetic improvement, technology use in the management of the herd, milking and agricultural production system. As consequence saturated soils that prevent the use of all the resulting manure of dairy farming. The cooperative uses wood as an energy source in their feed mill and the surplus manure could be used as an alternative source. The study aimed to verify the potential availability of manure for energy use in cooperative, whose results showed that even considering the relative proportion used as a fertilizer, the cooperative could take ownership of the manure surplus as biomass for energy.

**Keywords:** biomass energy, manure for energy.

## INTRODUÇÃO

O rebanho bovino nacional foi estimado em 211,76 milhões de cabeças em 2013. A maior parte do efetivo rebanho bovino é composta por gado de corte e 10,8% corresponde a vacas em regime de ordenha com a produção estimada em 2015 de 36 bilhões de litros de leite, equivalente a um Valor Bruto de Produção de R\$ 35 bilhões (CNA, 2015).

A redução da mão de obra rural, com a fuga de jovens do campo para os centros urbanos em busca de melhores condições de vida, promoveu a necessidade de investimentos em tecnologias para o setor primário da economia a fim de melhorar, entre outros, a eficiência da produção agropecuária e de energia para o setor produtivo (BUAINAIN *et al.*, 2014).

Na cadeia produtiva do leite a inserção tecnológica ocorre na eleição do sistema de manejo, no melhoramento animal e nas condições das instalações (estábulo, divisórias, cochos e sala de ordenha) (RODRIGUES F<sup>o</sup> & AZEVEDO, 2005). Em fazendas de alta produção leiteira é comum o manejo dos animais em sistemas intensivos com instalações em modelo “*free stall*”, que busca aliar o conforto animal com a produtividade, através de instalações que permitem o livre acesso ao cocho e movimentação dos animais e áreas de repouso individual em “camas” (areia, serragem ou palhadas) (CAMPOS, 2014; BROOM, 1991).

Como consequência dos sistemas intensivos tem-se a alta concentração de resíduos que, no caso da bovinocultura leiteira, corresponde ao esterco, urina, restos das camas e alimentação, e resíduos da higienização e sanitização das instalações (FERREIRA *et al.*, 2012), que chegam a somar mais de 88,4 kg por animal por dia (POHLMANN, 2000).

O esterco tem seu maior uso como fertilizante orgânico, necessitando de criteriosas recomendações agrônomicas para ajuste de doses, a fim de minimizar os efeitos adversos da aplicação (SILVA *et al.*, 2008; WHALEN *et al.*, 2000). Por outro lado, pequenas comunidades tradicionais coletam o esterco quase seco nos campos para uso como combustível (MLEKU, 2009), o que é impossível em confinamentos onde o esterco acumulado nas esterqueiras têm em média 83% de umidade (KONZEN, 1999). Em muitos casos, nem todo esterco produzido pode ser utilizado como fertilizante e pode causar impactos ambientais severos (SERIO *et al.*, 2002).

Na busca por soluções sustentáveis para o resíduo da bovinocultura leiteira, o presente trabalho teve por objetivo identificar a disponibilidade do esterco bovino proveniente das granjas leiteiras atendidas pela CAPAL Agroindustrial de Arapoti – PR para o uso como fonte de energia e identificar o potencial energético do mesmo, considerando também o uso do esterco como adubo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O alto custo da pecuária leiteira fez crescer o número de cooperativas de produtores, na tentativa de melhorar o rendimento da atividade e a redução do risco nos processos de comercialização (compra de insumos e venda de produtos), o que tem estimulado a continuidade da produção leiteira no Brasil (NORONHA, 1981). Dessa forma, foi eleita uma cooperativa de produtores de leite que permitisse a coleta de dados e disponibilizasse um técnico para o acompanhamento às fazendas.

A pesquisa foi realizada na CAPAL Cooperativa Agroindustrial localizada em Arapoti-PR, fundada em setembro de 1960 por 21 sócios de origem holandesa. Hoje somam 1902 associados e contam com cinco unidades de recebimento e armazenagem de grãos, fábrica de ração, lojas agropecuárias e posto de abastecimento de combustíveis.

Os produtores de leite que entregam o produto pela CAPAL em Arapoti somam 70. Do total, 42 produtores de leite destacam-se pela padronização do rebanho, condições de manejo, alta produção de leite e situadas em até 15 km da sede da cooperativa. A empresa não processa o leite e o mesmo é comercializado com as empresas Batavo, VIGOR e FRISIA.

Para estimar o potencial energético do esterco inicialmente foram realizadas entrevistas estruturadas junto à administração e gerência da empresa para a obtenção de dados referente aos produtores de leite associados à cooperativa, com posterior visita a produtores para entrevistas.

Os dados de caracterização energética do esterco para umidade e poder calorífico inferior (PCI) foram obtidos por Oshiro (2015) e utilizados para este trabalho, em seus valores médios (TABELA 1).

**TABELA 1 UMIDADE EM BASE ÚMIDA (%), PODER CALORÍFICO MÉDIO DAS AMOSTRAS DE ESTERCO EM BASE SECA (kcal/kg) E MASSA ESPECÍFICA EM BASE ÚMIDA**

<b>Propriedades</b>	<b>Esterco</b>
Umidade (%)	86%
PCS (kcal/kg)	3125 kcal/kg
PCI (kcal/kg)	2844 kcal/kg
MEe86%U (kg/m <sup>3</sup> )	933 kg/m <sup>3</sup>

\*DP = Desvio padrão da média; CV = Coeficiente de variação

Fonte: Oshiro (2015)

A produção diária estimada de esterco bovino de todo o rebanho leiteiro em lactação dos cooperados foi calculada conforme sugerido por Santos e Nogueira (2012):

$$mTest = NA \times mEan \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

$mTest$  = Massa total de esterco produzido nas granjas de cooperados da CAPAL em kg/dia;

$NA$  = número de vacas em lactação;

$mEan$  = Massa de esterco produzido por animal em kg/dia.

Para quantificar o esterco em base seca utilizou-se a equação:

$$mTestBS = \frac{[mTest] \times \%ST}{100\%} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

$mTestBS$  = Produção total de esterco em base seca (t/dia)

$mTest$  = massa total de esterco produzido nas granjas associadas da CAPAL (t/dia)

$\%ST$  = % de sólidos totais do esterco

As variações de massa em função da umidade podem ser calculadas por:

$$MEst_{u\%} = \frac{mTestBS}{\frac{ST\%}{100}} \quad \text{Equação 3}$$

Para o cálculo do esterco realmente disponível para energia considerou-se o volume de produção anual de esterco e as recomendações de adubação fornecidas pela equipe técnica da cooperativa.

Segundo informações da equipe agrônômica da CAPAL as fazendas leiteiras têm a média de 100 hectares e a recomendação máxima de adubação com esterco curtido para a

região é de 60m<sup>3</sup>/ha/ano, variando em função de especificidades de solo e da cultura a ser instalada. Afirmam que nas fazendas são utilizados até 60% do esterco produzido em áreas próprias e o excedente é oferecido a outros produtores agrícolas ou florestais. Considerou-se que 40% do esterco produzido nas fazendas cooperadas são disponíveis para uso energético.

O volume do esterco foi calculado através da equação:

$$V = \frac{M}{ME} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

**V** = Volume (m<sup>3</sup>)

**M** = massa (kg)

**ME** = massa específica do esterco a 86% de umidade (kg/m<sup>3</sup>)

No manejo de vacas leiteiras em sistema “free stall” as vacas em lactação permanecem em estábulos confinados, separadas das vacas “secas” (que não estão em lactação). Dependendo do manejo da propriedade as vacas secas podem permanecer em estábulos separados ou em pasto. A contabilização do volume de esterco desta pesquisa considerou apenas as vacas em lactação para estimativa do total de esterco produzido.

O potencial energético foi calculado através da Equação:

$$PEest_{u\%} = (mTest_{bs} \times 40\%) \times PCI_{u\%} \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

**PEest<sub>u%</sub>** = Potencial energético do esterco disponível na umidade requerida (kcal/dia)

**mTest<sub>bs</sub>** = Massa total de esterco em base seca (kg/dia)

**PCI<sub>u%</sub>** = PCI do esterco na mesma umidade (kcal/kg)

Calcularam-se as variações no potencial energético em função de alterações de umidade com base na Equação:

$$PCI_{U\%} = \left[ \frac{PCI_{BS} - (6 \times UBS)}{(100 + UBS)} \right] \times 100 \quad \text{Equação 6}$$

Em que:

**PCI<sub>U%</sub>** = Variação do PCI em função de alteração da umidade (kcal/kg)

**PCI<sub>BS</sub>** = Valor do PCI em base seca (kcal/kg)

**UBS** = Umidade em base seca

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de esterco tem fluxo constante e a variação na produção depende do número de animais em lactação em um determinado período.

Em entrevista ao corpo técnico da cooperativa foi informado que o número médio de animais em lactação dos cooperados da CAPAL é de 6 mil vacas (em 2013) com a produção média diária de 56,25 kg de esterco por animal, podendo chegar a 70 kg/animal/dia.

Os valores relatados pela cooperativa são compatíveis com dados citados em literatura, conforme Pohlmann (2000) que obteve o cálculo de 13,7m<sup>3</sup> esterco/vaca/ano, Van Horn et. al (1994) observaram a produção de matéria seca de excretas diárias de vacas de 88,4 kg/dia na somatória de fezes e urina, e Lucas & Silva (2005) estimaram em 30 kg esterco/animal/dia em regime estabulado. A volumetria dos dejetos bovinos, portanto,

depende das variáveis de manejo, devendo ser mensurados e dimensionados para cada criação.

Utilizando-se a média da produção diária citada pela cooperativa de 56,25 kg/animal/dia, a densidade de 933 kg/m<sup>3</sup> para o esterco a 86% de umidade e o número de animais em lactação (6000), tem-se que diariamente são produzidos aproximadamente 362 m<sup>3</sup> de esterco.

Com base nesses valores o volume produzido anualmente por cada animal estabulado equivale a aproximadamente 22 m<sup>3</sup>, perfazendo um total de 132 mil m<sup>3</sup>/ano o total de esterco produzido nas fazendas.

Os dados demonstram que, segundo as recomendações da CAPAL, o volume de esterco produzido poderia ser aplicado no máximo em 2.200 hectares por ano. Porém, Whalen *et al.* (2000) afirmam que modificações no pH de solos, com adição de esterco bovino, são devidas não só ao tamponamento por carbonatos e bicarbonatos, mas também a outros compostos, como os ácidos orgânicos com grupos carboxil e hidroxil fenólicos, os quais têm importante papel no tamponamento da acidez do solo e na variação do pH de solos ácidos manejados com esterco.

A TABELA 2 demonstra o potencial de biomassa produzida a partir do esterco nas fazendas leiteiras de cooperados da CAPAL, considerando 14% de sólidos totais e 40% de disponibilidade de esterco.

**TABELA 2 – VOLUME ESTIMADO DE BIOMASSA ANIMAL NAS FAZENDAS DE COOPERADOS DA CAPAL.**

Referência	Resultados	Disponibilidade 40%	Potencial energético
Massa de esterco produzido	$mTest_{6000} = 337,5$ ton/dia*	135 ton/dia	
Massa de esterco em base seca	$mTestBS_{6000} = 47,25$ ton/dia	19 ton/dia	54.036.000 kcal

FONTE: Dados fornecidos pela CAPAL (2014); \*Produção total estimada do rebanho leiteiro de associados da CAPAL.

Os resultados demonstram que o potencial de esterco produzido, considerando todo o rebanho em lactação dos cooperados, equivale a 337,5 toneladas por dia à umidade de 86%, ou 47,25 toneladas de esterco seco por dia. Utilizando 60% do esterco curtido para adubação ainda teria uma sobra de 135 toneladas por dia, equivalente a 19 toneladas de esterco seco por dia para outros usos.

O potencial energético em base seca do esterco disponível é de 54.036.000 kcal por dia. Porém, segundo Trugilho e Silva (2001) o poder calorífico é maior quanto menor teor de umidade. Dessa forma, acréscimos na umidade do esterco promove alteração no potencial energético, conforme apresentado na TABELA 3.

**TABELA 3 – POTENCIAL ENERGÉTICO DO ESTERCO BOVINO DISPONÍVEL EM FUNÇÃO DA UMIDADE BS**

Umidade (%)	PCI (kcal/kg)	Potencial energético (kcal/dia)
10	2531	47.835.900
25	2155	40.729.500
50	1696	32.054.400

A biomassa, em umidade maior que 50%, não apresenta viabilidade para o processo de combustão (QUIRINO *et al.*, 2005). A alta umidade do esterco “verde”, coletado das esterqueiras, determina que o aproveitamento energético do mesmo fica condicionado à condições de manejo que permitam a redução da umidade de forma natural ou forçada através da inserção de tecnologia.

## CONCLUSÃO

O rebanho leiteiro pertencente ao grupo de cooperados da CAPAL somam 6.000 vacas em lactação que geram aproximadamente 337,5 toneladas de esterco por dia. Aproximadamente, 74 mil toneladas de esterco são usados anualmente para a reposição de nutrientes do solo das fazendas.

O excedente de resíduos é de 49.275 toneladas/ano de esterco na umidade das esterqueiras, ou seja, quase 7 mil toneladas de esterco seco poderiam ser utilizados como fonte de energia, equivalente a um potencial energético de 19.723.000 Mcal/ano em base seca. Esse potencial se reduz à medida que aumenta o teor de umidade do esterco, variando, portanto, de acordo com o processo utilizado para a secagem.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14984 – Determinação da densidade aparente de cavacos**. Rio de Janeiro, 2003.

BROOM, D.M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of animal Science**, Savoy, v.69, n.10, p. 4167-4175, 1991.

BUAINAIN, A.M.; ALVES, E.A.; SILVEIRA, J.M.; NAVARRO, Z. **O mundo rural no Brasil do século 21 – A formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Editores técnicos. Embrapa. Brasília – DF, 2014.

CAMPOS, Aloísio Torres. Sistemas de baias livres. **Agência de Informação da Embrapa**, Agronegócio do Leite. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br> Acesso em 01/10/2014.

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Valor bruto da produção pecuária brasileira atingirá R\$ 195 bilhões em 2015. Publicado em Notícias CNA – **Canal do Produtor** em 14/10/2015. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br>> Acesso em: 05/11/2015.

FERREIRA, A.M., *et al.* **Gado de leite: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Editores técnicos: Oriel Fajardo de Campos, João Eustáquio Cabral de Miranda. – 3ª ed. Revisada e ampliada. Brasília, DF. Embrapa, 2012.

KONZEN, E. A. Manejo e utilização de esterco de bovinos. EMBRAPA. **Comunicado Técnico** nº14, dezembro/1999. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, Sete Lagoas – MG. Dezembro, 1999.

LUCAS, J.J.; SILVA, F.M. **Biogás, produção e utilização**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2005, 8p.

MLEKU, Dimitrij. The materiality of dung: the manipulation of dung in Neolithic Mediterranean caves. UDK 903.28,14(292.46)"633\634">636. **Documenta Praehistorica XXXVI** (2009). Disponível em: < <http://goo.gl/wGeGS7>> Acesso em: 3/9/2013.

NORONHA, José. F. Projetos agropecuários – **Administração financeira, orçamentação e avaliação econômica**. Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba – SP, 1981.

POHLMANN, Marcelo. **Levantamento de técnicas de manejo de resíduos da bovinocultura leiteira no Estado de São Paulo**. Dissertação. Mestrado em Engenharia Agrícola do PPG Universidade Estadual de Campinas.. Campinas, SP, 2000.

QUIRINO, W.F., *et al.* Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira** nº 89, p.100-106, 2005. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/br/cadastro.php>> Acesso em 18/05/2012.

RODRIGUES Fº, J.A.; AZEVEDO, G.P.C. **Criação de gado leiteiro na zona bragantina**. Embrapa Amazônia Oriental, Sistemas de Produção. Dezembro, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>> Acesso em: 01/10/2014

SANTOS, I. A.; NOGUEIRA, L. A. H.. Estudo energético do esterco bovino: seu valor de substituição e impacto da biodigestão anaeróbia. Revista **Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.4, n.1, p.41-49, abr.2012.

SERIO, M.A; BASSILAKIS, R.; KROO, E.; WÓJTOWICZ, M.A. Pyrolysis processing of animal manure to produce fuel gases. Advanced fuel research, inc. **Fuel Chemistry Division Preprints** 2002, 47(2), 588; USA. On line. Disponível em: <https://goo.gl/3ChkRZ> Acesso em: 29/3/2014

SILVA, J.C.P.M.; MOTTA, A.C.V.; PAULETTI, V.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A.S.; VELOSO, C.M.; COSTA E SILVA, L.F. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um latossolo bruno. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2563-2572, 2008.

TRUGILHO, P.F. e SILVA, D.A. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*Himenea coubaril* L.). **Scientia Agraria**, v.2, n.1 (2001).

VAN HORN, H.H. *et al.* Components of Dairy Manure Management Systems. **Journal of Dairy Science**. Vol 77, nº 7, pg 2008-2030, 1994. Disponível em: <<http://goo.gl/c4ZRV0>> Acesso em 02/04/2013.

WHALEN, J.K.; CHANG, C.; CLAYTON, G.W. & CAREFOOT, J.P. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 64:962-966, 2000.