

## I-021 - CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL AGRONÔMICO DE LODO PROVENIENTE DE FRIGORÍFICO BOVINO

**Karla Emmanuella Schneider** <sup>(1)</sup>

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal do Mato Grosso, *Campus Sinop*, bolsista PIBIC/CNPq.

**Wesley Pisin** <sup>(2)</sup>

Engenheiro de Produção pela Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Sinop. Mestrando em Ciências Ambientais na Universidade Federal do Mato Grosso, *Campus de Sinop*.

**Leticia Sara Casagrande** <sup>(3)</sup>

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal do Mato Grosso, *Campus de Sinop*.

**Milene Carvalho Bongiovani** <sup>(4)</sup>

Engenheira Química pela Universidade Estadual de Maringá. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutora pela Universidade Estadual de Maringá. Professora efetiva da Universidade Federal do Mato Grosso, *Campus de Sinop*, curso de Engenharia Agrícola e Ambiental.

**Roselene Maria Schneider** <sup>(5)</sup>

Engenheira Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Mestre e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá. Professora efetiva da Universidade Federal do Mato Grosso, *Campus de Sinop*, curso de Engenharia Agrícola e Ambiental.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Av. Alexandre Ferronato, 1200 - St. Industrial, Sinop - MT - CEP: 75550-000 - Brasil - Cel.: (66) 9 9612-9530 - e-mail: [karlaschneider0@gmail.com](mailto:karlaschneider0@gmail.com)

### RESUMO

A produção de gado bovino como fonte de proteína para consumo humano é consolidada há anos no Brasil, mas só há pouco tempo tem se pensado na quantidade de resíduos gerados a partir da indústria frigorífica. Pensando na reutilização de lodo gerado da estação de tratamento de efluentes de frigorífico como adubo orgânico, este trabalho tem por objetivo caracterizar este resíduo com a finalidade de avaliar seu potencial agronômico como auxiliar na recuperação de áreas degradadas, além da redução de custos na compra de fertilizantes para correção de solo, e consequentemente reduzindo o impacto negativo ao meio ambiente. As amostras foram coletadas no leite de secagem de uma indústria frigorífica na cidade de Sinop-MT, e realizados as análises dos parâmetros pH, umidade, sólidos totais, fixos e voláteis, nitrogênio Kjeldahl, carbono orgânico total, fósforo total, relação C/N, além de coliformes fecais e totais no Laboratório de Tratamento de Resíduos da UFMT-Sinop. Conclui-se que apesar de não terem sido realizados testes comparativos com lodo de ETE's, pode-se perceber que os resultados deste trabalho apresentaram boas características agronômicas, apresentando grande potencial para aplicação em solos agricultáveis.

**PALAVRAS CHAVE:** Carne bovina, agroindústria, tratamento, resíduo sólido, fertilidade.

### INTRODUÇÃO

O relatório da USDA - United States Department of Agriculture - publicado em fevereiro de 2018, relata que a produtividade do setor bovino continua expandindo, e prevê que o Brasil terá uma produção de carne bovina próxima a 9,9 milhões de toneladas no ano de 2018 (Servise, 2018). No ano de 2016, o rebanho bovino era de aproximadamente 218,23 milhões de cabeças, com uma concentração de 34,4 % do rebanho bovino no Centro-Oeste, sendo o estado de Mato Grosso responsável por 13,9 % do total brasileiro (IBGE, 2016).

A alta produção de carne bovina tem como consequência a elevada geração de resíduos, que podem ser extremamente prejudiciais ao homem, aos animais e as plantas, se não destinados adequadamente. Vilhena et al. (2018) citam que os resíduos sólidos são originados das atividades dos diversos ramos da indústria, como alimentícia, química, petroquímica, papelaria, etc., podendo ser representados por cinzas, lodos, óleos, plásticos, fibras, borrachas, metais, escórias, cerâmicas, dentre outros.

Como consequência desta expansão, aumenta-se também a quantidade de resíduos gerados por esse avanço do setor agropecuário. Dentro das atividades desempenhadas em diversos setores como indústrias e setores agrícolas, são realizados processos que promovem a geração de resíduos líquidos e sólidos, incluindo os lodos, que não podem ser lançados de forma *in natura* nos esgotos e no meio ambiente de acordo com Normativa Brasileira - NBR 10.004 (ABNT, 2004). A geração de resíduos advindos de frigoríficos tem se tornado motivo de grandes preocupações no cenário ambiental nacional e mundial com relação ao seu descarte na natureza, tendo como um dos principais destinos os córregos que abastecem os municípios.

O descarte inadequado gera grandes problemas ambientais, e de saúde humana, e diante disso, um dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010) é a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”, além do zelo pela saúde pública e qualidade ambiental.

Nesse contexto, devem ser realizados tratamentos capazes de remover resíduos do efluente que são desagradáveis ao meio ambiente, sejam estes processos feitos aerobiamente, por sistema de lagoas anaeróbias, lodos ativados, entre outros.

Se tratando singularmente da indústria frigorífica, são etapas como a depilação e a lavagem das fibras que geram os resíduos do abate como conteúdo estomacal, intestinal, resíduos do tanque de purificação de gorduras, etc., bem como o esterco retido no curral de espera (Scarassati, 2003). Vale evidenciar que este lodo pode, e deve servir de subproduto para aplicações dentro e fora da indústria. Além de minimizar os impactos negativos, o aproveitamento destes subprodutos é de grande interesse para as indústrias, uma vez que se trata de produtos ricos do ponto de vista nutricional (Jonhs, 1995) e pode ser usado como forma econômica e viável de realizar a adubação agrônômica.

A legislação brasileira que define critérios e procedimentos para a distribuição deste lodo em solos, principalmente agricultáveis, é a Resolução CONAMA nº 375<sup>130</sup>, de 29 de agosto de 2006, resolução a qual são estabelecidos critérios e procedimentos para o uso, em áreas agrícolas, de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto (ETE) sanitário e seus produtos derivados. Ressalta-se que o lodo gerado a partir de efluente bovino assemelha-se ao lodo gerado por ETE's, e pela falta de uma legislação específica ao lodo industrial, faz-se o uso da mesma.

## OBJETIVO

Neste presente estudo, o objetivo foi avaliar quimicamente o potencial agrônômico do lodo armazenado no leito de secagem para disposição sobre o solo agrícola como forma de adubo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O material do presente estudo foi coletado no leito de secagem da estação de tratamento de efluentes de um Frigorífico bovino localizado na cidade de Sinop-MT. A formação do lodo se dá pela retirada do lodo das lagoas biológicas do sistema de tratamento e também do rúmen do curral de espera, sendo acondicionado em uma caixa de polietileno. Após a coleta, o material foi encaminhado para o Laboratório de Tratamento de Resíduos da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus Sinop*, para realização da caracterização e avaliação do potencial agrônômico.

O processo de tratamento do frigorífico baseia-se em sistemas de tratamento físico-químico e biológico (Figura 01). O resíduo sai da linha de produção em duas formas: linha vermelha e linha verde. A primeira refere-se a resíduos de processos que envolvem sangue, e a segunda, processos que não envolvem sangue. Separadamente, cada uma inicia seu processo de tratamento pela remoção dos sólidos e gorduras (tratamento preliminar), neste caso, fazendo uso de grades e peneiras, além da caixa de gordura para a remoção de óleos e graxas. Posteriormente, a linha vermelha passa pelo tratamento primário para remoção de sólidos e matéria orgânica suspensa através da coagulação/floculação. Já a linha verde segue para o decantador primário, que recebe a linha vermelha após tratamento primário e, em seguida, a mistura das duas linhas é encaminhada para o tratamento secundário, constituído por lagoas de estabilização do tipo sistema australiano, ou seja, lagoas

anaeróbias seguidas por lagoas facultativas, que são responsáveis por remover material orgânico e nutrientes do efluente (Cardoso, 2015; Schneider, 2018).

Os mesmos autores também definem que no tratamento terciário, que neste caso é realizado pela lagoa de maturação, é promovido um polimento no efluente, complementando a remoção de poluentes não retirados no tratamento secundário. Finalmente, o efluente sai tratado e é descartado no curso d'água, e o lodo que foi retirado da superfície e do fundo das lagoas vai para o leito de secagem, em conjunto com o rúmen do curral de espera, se tornando um único material para futura estabilização (Figura 02).



**Figura 01 – Lodo no leito de secagem**

As análises de parâmetros químicos como pH, umidade, sólidos totais, fixos e voláteis, carbono orgânico total e nitrogênio total, seguiram as metodologias usadas por Matos (2008), enquanto que a análise de fósforo foi realizada de acordo com Alcarde (2009) e as análises microbiológicas como coliformes termotolerantes e totais foram realizadas seguindo a metodologia de Silva (1997). Esses parâmetros foram avaliados para a verificação da possibilidade de enquadramento do lodo analisado dentro das classes de lodos A ou B conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 375/06. O interesse pela avaliação deste lodo é em razão da grande quantidade acumulada e a constante preocupação com a disposição final deste resíduo.



**Figura 02 - Curral de espera e arranjo do sistema de tratamento da indústria. (1) Curral de espera; (2) leito de secagem; (3) lagoa anaeróbia; (4) lagoa anaeróbia; (5) lagoa anaeróbia; (6) lagoa facultativa; (7) lagoa de polimento.**

## pH

Os valores de pH foram analisados na relação 1:10 com pH em água, realizando a mensuração em triplicata logo após a coleta do lodo, utilizando um pHmetro.

## Sólidos Totais, Fixos e Voláteis e Umidade

Para as determinações de sólidos e umidade, foram utilizados cadinhos secos em mufla, a 550 °C, por 30 min, e após determinada sua massa, adicionado 30 g de resíduo que foram levados a estufa a 65 °C por 48 h e posteriormente em mufla a 550 °C por 3 h e armazenado em dessecador para a determinação da concentração de sólidos totais. Após esse processo, o material retornou a mufla, que permaneceu entreaberta desde o aquecimento inicial, até a estabilidade da mufla por 1h na temperatura de 550 °C, e ao final deste período, a massa seca estava em condição de cinza. Para ser aferida sua massa, as amostras voltaram ao dessecador até resfriarem a temperatura ambiente, e por fim, medidas suas massas para realizar o cálculo de concentração de sólidos fixos e voláteis, além da equação recomendada pelo autor para a quantificação de umidade (base úmida).

## Carbono Orgânico Total

O valor de sólidos voláteis totais foi dividido pelo fator de Waskman que é de aproximadamente 1,724 para obtenção do valor aproximado da concentração de carbono orgânico total na amostra.

## Nitrogênio Kjeldahl

Para este teste foram usados 0,5 g de resíduo bruto em cada amostra. Com a solução pronta, as amostras permaneceram na capela no bloco digestor a 350 °C em torno de 5 h, quando atingiu quase totalmente a transparência. Com a solução em temperatura ambiente, os tubos Kjeldahl foram resfriados no próprio tubo, sendo armazenados tampados com papel filme e suspensos em água.

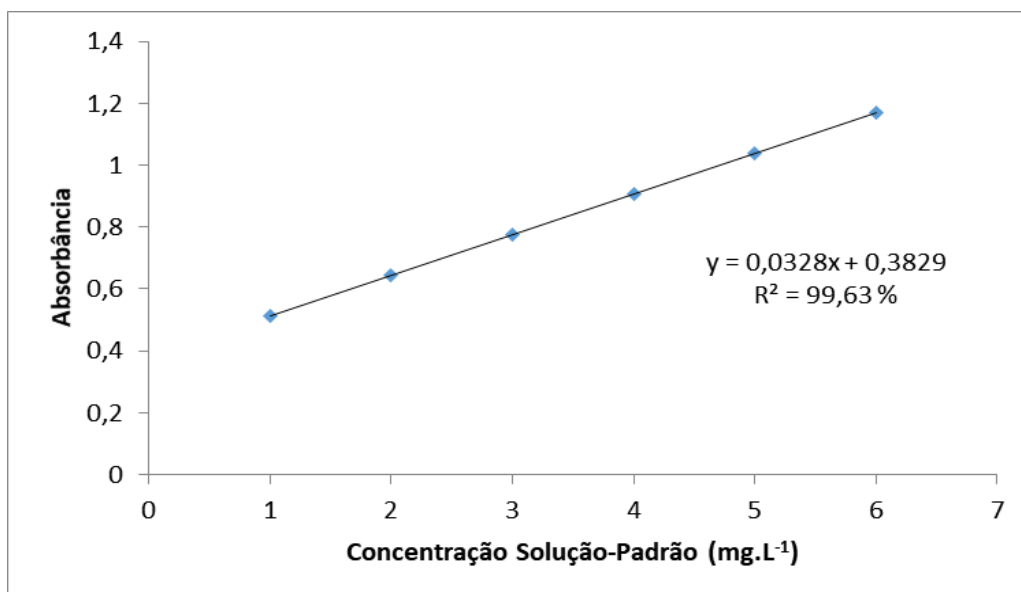
No dia seguinte, o conteúdo de cada tubo foi transferido para um balão volumétrico (50 mL), com o volume completo com água destilada. Posteriormente, esta solução foi transferida para um Erlenmeyer e adicionada a solução de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2,0 %, para que as amostras retornassem aos tubos e fossem levadas ao destilador de Nitrogênio Kjeldahl. Por fim, foi realizada a titulação com ácido sulfúrico para que retornasse a cor púrpura-avermelhado, e os valores relacionados através da equação 1:

$$N = (V_{ga} - V_{gb}) * N * F * 14 * \left(\frac{1}{m}\right) * (1 + U) \quad (1)$$

## Fósforo Total

A curva de fósforo total foi realizada em 06 (seis) amostras variando as concentrações de solução-padrão em: 4,0; 8,0; 12,0; 16,0; 20,0 e 24,0 mg.L<sup>-1</sup> em função da absorbância. A leitura de absorbância das soluções foi procedida em espectrofotômetro a 400 nanômetros contra a prova em branco.

A equação de absorbância de fósforo obteve significância em modelo linear de médias estimadas por não se ajustar a análise de regressão. Os dados foram analisados no Software SISVAR® (Ferreira, 2011), e a curva padrão está descrita na Figura 03.



**Figura 03 - Curva Padrão Fósforo**

A porcentagem de  $P_2O_5$  total na amostra natural foi obtida pela expressão 2, descrita a seguir:

$$\%P_2O_5 = \frac{a}{10 * G} * \frac{(100 - U_{65^\circ C})}{100} \quad (2)$$

## RESULTADOS

A caracterização do lodo em termos dos parâmetros pH, sólidos totais, sólidos voláteis totais, sólidos fixos totais, umidade (base úmida), coliformes totais e fecais, carbono orgânico total, nitrogênio Kjeldahl (total), relação C/N, e fósforo total está apresentada na Tabela 01.

**Tabela 01 - Caracterização do lodo bovino**

Parâmetro	Valor
pH	8,09
Umidade (%)	79,094
ST (g.kg <sup>-1</sup> )	200,905
SVT (%)	55,17
SFT (%)	44,831
Coliformes Totais (NPM.g <sup>-1</sup> )	≥ 2400
Coliformes Termotolerantes (NPM.g <sup>-1</sup> )	28
COT (g.kg <sup>-1</sup> )	320,006
N Total (g.kg <sup>-1</sup> )	18,436
C/N	17,358
P Total (%)	0,8302

ST: sólidos totais; SVT: sólidos voláteis totais; SFT: sólidos fixos totais; COT: carbono orgânico total; N Total: nitrogênio total; C/N: carbono/nitrogênio; P Total: fósforo total.

A umidade é um parâmetro extremamente importante em se tratando de adubos. O valor de quase 80 % pode ser considerado um fator negativo se for disposto diretamente no solo, uma vez que a composição típica de um adubo orgânico consoante a Neto (2011) possui umidade média de 54,76 %. A alta concentração de água pode ocasionar atração de vetores, lixiviação e mau cheiro. Porém, essa umidade pode ser vantajosa em períodos não chuvosos, tendo o bom manejo e preparo adequados em cada caso, notoriamente.

As análises mostram que a relação C/N é considerada inferiores ao que é considerado ideal para Penteados (2007), que classifica a relação ideal entre 20/1 até 50/1. A justificativa sobre a classificação do que é ideal está na rápida decomposição que pode proporcionar um aumento de temperatura indesejável, e em alguns casos, pode haver perda de N por volatilização na forma amoniacal. Apesar disso, de acordo com o Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009), esse material pode ser comercializado, já que a relação C/N deve ser de no máximo 20/1 em fertilizantes orgânicos mistos e compostos. Neto (2011) indica a utilização de fertilizantes orgânicos em fruticultura, horticultura, reflorestamento, cobertura de aterros e produção de grãos, entre outros usos, diferindo as taxas de aplicações de acordo com as características do produto final.

O pH obtido está dentro da faixa de 4,5 a 9,5 que pode ser considerada ideal para utilização como fertilizante, já que em caso de valores extremos, os microrganismos através da degradação são capazes de regular o meio (Neto, 2011). Entretanto, a avaliação do pH está relacionada diretamente com o solo a qual se objetiva fazer a disposição do lodo, pois em relação a aplicação, o cálculo da taxa de aplicação máxima anual, de acordo com a Resolução CONAMA 375/06 deve seguir de acordo com os resultados obtidos nos ensaios de elevação de pH provocado pelo lodo de esgoto no solo predominante, garantindo que o pH da mistura solo-lodo de esgoto não ultrapasse o limite de 7,0, isto é, não pode ter caráter básico.

A relação entre sólidos voláteis e sólidos totais é de aproximadamente 0,55, o que pode ser considerada estável, baseado na Resolução CONAMA 375/06, que diz: “*Para fins de utilização agrícola, o lodo de esgoto ou produto derivado será considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70.*” É possível que a concentração de sólidos voláteis seja relativamente baixa, porque de acordo com Piveli (2001), nas estações de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais predominantemente orgânicos, verifica-se reduções nessas concentrações em efluentes que são tratados por processos biológicos.

A Instrução Normativa SDA/MAPA nº 25, de 23 de julho de 2009 indica que: “*fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria [...], resultando em produto de utilização segura na agricultura;*” são classificados como Classe “B”. Com essa categorização, pode-se dizer que a quantidade de coliformes termotolerantes não é um empecilho na utilização do lodo bovino, visto que a Resolução CONAMA 375/06 permite uma concentração de patógenos de coliformes termotolerantes  $< 10^6$  NMP.g<sup>-1</sup> de ST, sendo o resultado analisado em teste de 28 NPM.g<sup>-1</sup>, ou seja, extremamente menor que o máximo permitido.

Analogamente a quantificação, outro fator é o de fósforo total, com valor de 0,83 % no lodo, que juntamente com N e K podem ser uma forma de substituir a adubação convencional de NPK, ou apenas complementar a adubação convencional numa possível redução de custos. A taxa de aplicação não pode exceder a relação da quantidade de N demandada pela cultura e o teor de N disponível do lodo de esgoto ou produto derivado. (BRASIL, 2006). Desta forma, o estudo do solo receptor juntamente com a cultura escolhida são fatores primordiais para o bom uso, bem como quantidade ideal de aplicação deste lodo sobre o solo.

## CONCLUSÕES

Os valores dos parâmetros analisados quimicamente atendem a Resolução CONAMA 375/06, e por isso este lodo pode ser usado como adubo orgânico para disposição em solo agricultável, porém deve ser analisado juntamente com o solo receptor do mesmo, para correta taxa de aplicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: resíduos sólidos: classificação. 2004.
2. ALCARDE, J. C. Manual de análise de fertilizantes. Esalq/USP. Piracicaba, FEALQ. 2009. 259p.
3. BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, ago. 2010.
4. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília, DF. 28, jul. 2009.

5. BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução N°. 375, De 29 De Agosto De 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006.
6. CARDOSO, A. P. Tratamento de efluentes de abatedouros de bovinos para produção biogás: Uma abordagem para sustentabilidade. Escola de Engenharia de Lorena –USP. Lorena, 2015. 52 p.
7. FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
8. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/16992-pecuaria-municipal-2016-centro-oeste-concentra-34-4-do-rebanho-bovino-do-pais.html>>. Acesso em mai. 2018.
9. JONHS, M.R. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review. Bioresource Technology 54, p. 203-216. 1995.
10. MATOS, A.T. Práticas de tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos. UFV: EAGRI/DEA. Série Caderno Didático 48, 2008.
11. NETO, J. T. P. Manual da Compostagem: processo de baixo custo. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2007. 81p.
12. PENTEADO, S. R. Adubação Orgânica – Compostos Orgânicos e Biofertilizantes. Campinas-SP. Edição do Autor. 2ª edição. – 2007. 160p.
13. PIVELI, R. P. Curso: “qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos”. Notas de aula, EEUSP, 2001.
14. SCARASSATI, Deivid et al. Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos. III Fórum de Estudos Contábeis, 2003.
15. SCHNEIDER, R. Utilização de lagoas para o tratamento de águas residuárias. 2018. Aula ministrada no Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental na UFMT-CUS. Sinop, 2018.
16. SERVICE, USDA-Foreign Agricultural. Livestock and products semi-annual-Brazil. Global Agricultural Information Network. N. BR, v. 1804, 2018. Disponível em: <<http://www.usdabrazil.org.br/pt-br/reports/livestock-and-products-semi-annual-5.pdf>>. Acesso em jun., 2018.
17. SILVA, N., JUNQUEIRA, V. C. A., SILVEIRA, N. F. A., Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos. Livraria Varela – São Paulo, 1997.
18. VILHENA, André et al. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado / Coordenação geral André Vilhena. – 4. ed. – São Paulo (SP): CEMPRE, 2018. 316 p.: il.; Publicação CEMPRE – Versão eletrônica. Disponível em: <[http://cempre.org.br/upload/Lixo\\_Municipal\\_2018.pdf](http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf)>. Acesso em 18 jul. 2018.
19. VIRMOND, E. et al. Aproveitamento do lodo de tratamento primário de efluentes de um frigorífico como fonte de energia. 2007.