



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – DCSA
COLEGIADO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS – CCE**

ALEXANDRE SANTOS DE MENESES

**O POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA VIA
PRODUÇÃO DE BIOGAS DERIVADO DE RESÍDUOS BOVINOS
ENTRE 1993 E 2012**

**VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
2016**

ALEXANDRE SANTOS DE MENESES

**O POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA VIA
PRODUÇÃO DE BIOGAS DERIVADO DE RESÍDUOS BOVINOS
ENTRE 1993 E 2012**

Trabalho monográfico apresentado ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como requisito para a aprovação na disciplina monografia II e obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

ORIENTADOR: Gildásio Santana Junior

**VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
2016**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Lia, ser humano capaz de colher em mim meus melhores sentimentos e pensamentos, presença fundamental no curso de minha evolução humana e acadêmica.

Agradeço a amizade de Mônica Paixão, seu incentivo contínuo e suas sugestões gramaticais oferecidas ao presente trabalho.

A todos aqueles que são de fato nesta instituição de ensino professores no ato de ensinar e transferir conhecimento de forma imparcial e destituída de viés ideológico.

“Nada é permanente, exceto a mudança”.

Heráclito

RESUMO

Este trabalho avalia o potencial dos resíduos bovinos para a geração de energia elétrica. Brevemente apresenta os efeitos sócio-econômicos gerados a partir da viabilidade de uso do petróleo como fonte de geração de energia, enfatizando o trabalho realizado e as inovações científicas promovidas neste setor. O capítulo I, adentra no processo histórico brasileiro de instalação de sua infra-estrutura econômica de produção de energia elétrica, aproveitando-se das fontes hidráulicas, mediante a construção de hidroelétricas. A formação deste sistema, iniciado sob o aporte privado, passaria ao comando central do Estado na década de trinta, de forma que, um conjunto de instrumentos institucionais, políticos e econômicos fossem manuseados de forma a permitir a alavancagem de recursos financeiros necessários para tais investimentos. O contínuo processo de expansão desta infra-estrutura, a limitação dos recursos de fontes internas e o endividamento do setor elétrico junto a fontes externas, seria um traço do processo de formação do setor elétrico nacional a partir da década de sessenta. A limitação de crédito na década de oitenta, a fuga de investimentos externos e a recessão econômica, culminaria com o desequilíbrio no balanço de pagamentos, comprometendo a expansão e manutenção de todo o sistema elétrico brasileiro. O fim da estatização do setor levaria a um processo de privatizações a partir de 1995, sob a égide de um modelo administrado de forma ineficiente, evidenciado pelo episódio chamado “Apagão” em 2001. A partir do governo Lula em 2002, seria realizada uma nova reforma, que daria origem a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), promulgadora em 2012 da resolução normativa nr. 482, que estabelece as condições gerais para a exploração por empresas privadas de unidades de minigeração e microgeração de energia elétrica, inclusive mediante fontes renováveis de energia. O capítulo II passa em revista, as principais fontes renováveis exploradas no país, como a hidráulica, a Eólica, a energia solar e as fontes de Biomassa. O capítulo III explana o potencial de produção de energia elétrica a partir do biogás produzido pelos resíduos bovinos, tendo por base o contingente bovino brasileiro entre 1993 e 2012, a definição de biogás, o modelo de biodigestor de uso contínuo, custos de implantação, volume de biogás produzido, energia elétrica potencial em QuiloWatts-hora (KWh), o custo estimado por quilowatts e a análise de viabilidade econômica desta fonte de geração de energia.

Palavras-Chave: Setor Elétrico, Energia Elétrica, inovações tecnológicas, biogás, resíduos bovinos.

ABSTRACT

This paper evaluates the potential of bovine waste for power generation. Briefly presents the socio-economic effects generated from the feasibility of use of oil as a source of power generation, emphasizing work and scientific innovations promoted in this sector. Chapter I, enters in the historical process of installation of its economic infrastructure of electric power production, taking advantage of the hydraulic sources, by the construction of hydroelectric power plants. The formation of this system, initiated under the private contribution would pass to the central command of the State in the thirties, so that a set of institutional, political and economic instruments were handled in such a way as to enable the necessary financial resources to leverage such investments. The continuous process of expansion of this infrastructure, limiting the resources of internal sources and the electricity sector debt with external sources, would be a trace of the process of formation of the national electric sector from the 60. The credit limit in the 80, the flight of foreign investments and the economic recession, would culminate with the imbalance in the balance of payments, undermining the expansion and maintenance of the entire electrical system. The end of the nationalization of the sector would lead to a privatization process starting in 1995, under the auspices of a model administered inefficiently, evidenced by the episode called "Blackout" in 2001. From Lula's Government in 2002, would be held a new reform, which would give rise to national electric Energy Agency (ANEEL), formulators in 2012 of the normative resolution nr. 482, which lays down the General conditions for exploration by private companies of minigeração units and grid connection of electric energy, including through renewable energy sources. Chapter II reviews the main renewable sources exploited in the country, such as hydraulic, wind, solar and Biomass sources. Chapter III explains the potential of electric energy production from biogas produced by bovine waste, based on the Brazilian beef quota between 1993 and 2012, the definition of biogas digester model of continuous use, deployment costs, volume of biogas, electricity potential in kilowatt-hours (KWh), the estimated cost per kW and the analysis of economic viability of this source of power generation.

Keywords: Electric, electric power Sector, technological innovations, biogas, waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	O POTENCIAL HIDROELETRICO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	34
Figura 2	A CAPACIDADE ELÉTRICA INSTALADA ENTRE 1904 E 1945	35
Figura 3	A CAPACIDADE ELÉTRICA INSTALADA ENTRE 1945 E 1969	36
Figura 4	A CAPACIDADE ELÉTRICA INSTALADA ENTRE 1969 E 1986	37
Figura 5	A CAPACIDADE ELÉTRICA INSTALADA ENTRE 1986 E 1999	38
Figura 6	O POTENCIAL BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO CINÉTICA DE MASSA DE AR	41
Figura 7	O POTENCIAL BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR	44
Figura 8	O MODELO DE BIODIGESTOR DA MARINHA DO BRASIL	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	O ENDIVIDAMENTO DO SETOR ELÉTRICO – 1974 A 1980	24
Quadro 2	LEILÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – HIDROELÉTRICAS EXISTENTES – DEZ/2004	28
Quadro 3	CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA EM MW – 2002 A 2005	29
Quadro 4	PAPEL DAS FONTES RENOVÁVEIS (%) NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	31
Quadro 5	POTENCIAL HIDROELETRICO BRASILEIRO POR BACIA HIDROGRÁFICA	33
Quadro 6	ORDENAMENTO POR CLASSE DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA - 2003	40
Quadro 7	CLASSES DE ENERGIA POR VELOCIDADE DOS VENTOS	40
Quadro 8	TABELA DE FONTES DE RESÍDUOS	49
Quadro 9	COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES FONTES ENERGÉTICAS E BIOGÁS	49
Quadro 10	EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA DO BIOGÁS (M ³) COMPARADA OUTRAS FONTES	50
Quadro 11	CONTINGENTE BOVINO NO BRASIL (1993-2012)	56
Quadro 12	PRODUÇÃO DIÁRIA DE RESÍDUOS (ESTERCO) NA BOVINOCULTURA	56
Quadro 13	SUBSTRATOS PARA BIODIGESTORES E A CONVERSÃO EM BIOGÁS	57
Quadro 14	PREÇOS MÉDIOS MATERIAIS PARA BIODIGESTOR	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	PREÇO (US\$) DO BARRIL DE PETRÓLEO IMPORTADO PELOS EUA	14
Gráfico 2	COMPARATIVO DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA ELÉTRICA – 1973 E 2012	30
Gráfico 3	MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA DE FONTES DE BIOMASSA (2012)	46

LISTA DE SIGLAS

WTI	West Texas Intermediate
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
Amforp	American Foreign & Power Co
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
PIB	Produto Interno Bruto
Chesf	Companhia Hidreletrica do São Francisco
BNDE	Banco Nacional de Desenvolvimento
Cemig	Centrais Elétricas de Minas Gerais
Uselpa	Usinas Elétricas do Paranapanema
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
MW	MegaWatts
PED	Programa Estratégico de Desenvolvimento
PAEG	Programa de Ação Econômica do Governo
II PND	II Plano Nacional de Desenvolvimento
kWh	Quilowatts-hora
ENENORDE	Comitê de Estudos Energéticos da Região Nordeste
Seplan	Secretaria do Planejamento
GCOI	Grupo Coordenador da Operação Interligada
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
PRS	Planos de Recuperação Setorial
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
BACEN	Banco Central do Brasil
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ONS	Operador Nacional do Sistema
MAE	Mercado Atacadista de Energia
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
FMI	Fundo Monetário Internacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Social
CCEAR	Contratos de Comercialização de Energia em Ambiente Regular
EPE	Empresa de Pesquisa Elétrica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
TW	Terawatts
GW	Gigawatts
CCOI	Comitê Coordenador da Operação Interligada
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio S. Brito
MME	Ministério de Minas e Energia
PROINFA	Programa de Incentivos as Fontes Alternativas de Energia Elétrica
IPQM	Instituto de Pesquisa da Marinha do Brasil
PVC	Policloreto de Vinila
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

1. O Conceito de Potencial e a Inovação Energética Promovida pelo Petróleo	10
1.1 O Predomínio Privado sobre o Setor Elétrico Brasileiro (1891 até 1950).....	15
1.2 Planejamento Estatal, seu esgotamento e Endividamento (1951 até 1991)	19
1.3 Privatizações, Apagão e a “Reforma da Reforma” (1991 até 2012).....	25

2. A OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA NACIONAL E AS FONTES RENOVÁVEIS

2.1 A Oferta Interna de Energia Elétrica.....	30
2.2 Fontes Renováveis de Energia – Hidroelétricas.....	32
2.2.1 O potencial Hidroelétrico Brasileiro	33
2.2.2 O custo da energia hidroelétrica.....	39
2.3 Fontes de Energia Renováveis – Eólica.....	39
2.3.1 O potencial Eólico Brasileiro.....	40
2.3.2 O custo da Energia Eólica	42
2.4 Fontes Renováveis de Energia – Energia Solar.....	42
2.4.1 O Potencial da Energia Solar no Brasil.....	43
2.4.2 O custo da Energia Solar no Brasil.....	44
2.5 Fontes Renováveis de Energia – Biomassa.....	45
2.5.1 O Potencial da Energia Elétrica gerada pela Biomassa no Brasil.....	46

3. BIOGÁS

3.1 Definição de Biogás	48
3.2 Equivalência Energética do Biogás.....	49
3.3 O Potencial de Produção de Biogás pelo Contingente Bovino.....	50
3.4 Biodigestor	51
3.4.1 Definição de Biodigestor.....	52
3.4.2 Funcionamento do Biodigestor.....	53
3.5 Estimativa da Quantidade de Resíduos Bovinos.....	54
3.5.1 Metodologia.....	54
3.5.2 O Contingente Bovino no Brasil (1993-2012).....	56
3.5.3 Estimativa da Quantidade de Resíduos.....	56
3.5.4 Estimativa da Quantidade Bruta de Biogás Produzido.....	58
3.5.5 Estimativa de Conversão de Biogás Bruto em Energia Elétrica.....	59
3.5.6 Dimensionamento do Biodigestor Anaeróbico.....	61
3.5.7 Estimativa de Equipamentos para Geração de Energia Elétrica.....	63

3.6 Externalidades no Uso do Biogás.....	64
3.6.1 Externalidades Positivas no Uso do Biogás.....	64
3.6.2 Externalidades Negativas no Uso do Biogás.....	65
4. Considerações Finais.....	65
REFERÊNCIAS.....	66

INTRODUÇÃO

A principal fonte para a geração de energia elétrica no Brasil é a fonte hidráulica. Essa fonte de energia limpa e renovável, porém, depende dos níveis de pluviosidade e das reservas hídricas, que não estão imunes ao risco de escassez, como demonstrado durante a crise do “Apagão” em 2001 e a recente crise hídrica em 2014-2015.

A impotência das autoridades públicas frente aos baixos níveis de pluviosidade de um sistema essencialmente abastecido pelas chuvas expôs um risco eminente, abrindo o questionamento sobre o potencial de outras fontes renováveis na produção de energia elétrica e seus respectivos custos.

Seria possível remodelar um sistema elétrico formado ao longo de mais de um século? Em que as fontes alternativas seriam mais eficientes que as fontes atuais na produção de energia elétrica? O custo da energia elétrica produzida a partir do biogás extraído dos resíduos bovinos seria inferior ao da fonte hidráulica?

Essas são algumas questões que direcionam este estudo, ancorado na publicação em 2012, da resolução ANEEL 482. Analisando assim, o potencial de produção de energia elétrica via biogás extraído de resíduos bovinos (esterco), do contingente bovino nacional, entre 1993 e 2012 e adotando a inovação técnica do biodigestor anaeróbio de uso contínuo.

A tendência cíclica de novas crises hídricas torna o tema relevante, sendo a condição terra-intensiva e trabalho-intensiva de produção no país, leia-se, expansão da agropecuária, uma fonte de produção de matéria-prima energética em crescimento, estando em função tanto da demanda interna quanto externa da carne bovina e seus derivados.

Partindo da hipótese de aproveitamento via coleta da matéria orgânica energética produzida pelo contingente bovino nacional, tanto em sistema de criação convencional como de confinamento e da instalação de um biodigestor de modelo contínuo em cada uma das unidades criadoras, processando grandes volumes de resíduos e gerando o biogás a ser utilizado como gás combustível no acionamento de um motor Otto e de gerador conectado a rede elétrica.

São objetivos gerais, promover uma maior visibilidade sobre o potencial de outras fontes renováveis de energia elétrica, estimular a produção de novas inovações tecnológicas capazes de elevar a eficiência das fontes alternativas na produção de energia elétrica, provocar nas unidades acadêmicas o interesse pelo tema e ampliar os estudos para um futuro em consonância com o meio ambiente e as restrições energéticas.

O objetivo específico deste estudo é avaliar a viabilidade econômica na produção de energia elétrica mediante o biogás obtido no volume de resíduos bovinos produzidos pelo gado de corte e de leite entre 1993 e 2012.

Adotando o método dedutivo, explora-se um conjunto de dados secundários passando em revista a bibliografia sobre o tema. O Primeiro capítulo expõe a importância dos avanços científicos na viabilidade energética do petróleo e seus derivados, o efeito dessas inovações tecnológicas no cerne econômico pelo prisma schumpeteriano, a formação histórica do sistema elétrico brasileiro, sua alternância entre o público e o privado, os fenômenos econômicos e a distribuição das fontes renováveis na matriz brasileira.

O Segundo capítulo discorre sobre o potencial de geração de energia elétrica por via das fontes renováveis como a fonte hidráulica, historicamente utilizada. A fonte eólica, segundo estudos recentes que demonstram geograficamente as localidades com o maior potencial de produção de ventos e sua conversão em movimento cinético. A fonte solar e as áreas de maior incidência no território nacional. Por fim, as fontes de biomassa, assim como sua margem potencial de geração de energia.

O Terceiro capítulo permeia a definição de biogás, sua equivalência energética, o modelo e funcionamento do biodigestor contínuo, o contingente bovino nacional, a estimativa da produção de resíduos, a estimativa da quantidade bruta de gás produzido, a estimativa de conversão do biogás em energia elétrica, a estimativa do dimensionamento do biodigestor anaeróbio segundo os limites impostos pela instrução 482/2012 da ANEEL, para modelos de minigeração e microgeração de energia elétrica, por fim a estimativa dos equipamentos necessários para a produção de energia.